UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONIA

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

Efecto alelopático del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AGROFORESTAL ACUÍCOLA

Kriss Emelyn Ramirez Castro

YARINACOCHA – PERU

2018

DEDICATORIA

A mis padres Edinson y Augusta quienes fueron un punto clave para alcanzar un logro en mi vida, hoy estoy segura de que cada paso que doy DIOS está a mi lado y pone en mi camino a todas esas personas maravillosas que me permiten ser como soy.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales y la Carrera Profesional de Ingeniería Agroforestal Acuícola, Por acogerme dentro de sus instalaciones, permitir realizar mis estudios, darme la oportunidad de escalar y desarrollarme como tal.

A todos los docentes por haberme impartido sus conocimientos y confianza durante mi formación profesional.

A mi asesora Ing. M Sc. Ena Vilma Velazco Castro por su apoyo, confianza y su capacidad para guiar mis ideas, su orientación y rigurosidad han sido clave del buen trabajo que hemos realizado.

Al Dr. Víctor Erasmo Sotero Solís coasesor de esta tesis, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de esta investigación.

Al Dr. Percy Gutiérrez, por haberme facilitado los medios suficientes para llevar a cabo el trabajo de investigación.

Al Ing. Carlos Abanto por su apoyo, paciencia, disponibilidad y colaboración en la realización de esta investigación.

A los todos los jurados Ing. Luisa Riveros, Ing. Manuel Chuyman, Blgo. Paul Muro, por la capacidad de guiar y corregir benéficamente tanto a nivel académico, técnico y científico el trabajo realizado.

A mis amigos Boris, Anthony, Erik, y en especial a José por su apoyo incondicional, finalmente quiero agradecer a todos los que de manera directa o indirecta colaboraron en la realización de esta investigación.

ÍNDICE

	Pg.
DEDICATORIA……....	2
AGRADECIMIENTOS…….……	3
INDICE GENERAL……..…	4
INDICE DE CUADROS……..…	6
INDICE DE FIGURAS…….……	7
INDICE DE ANEXOS…….….	8
RESUMEN……...	9
ABSTRACT…….…….	10
I. INTRODUCCION…….……	11
1.1. Objetivo general…….……..….	12
1.2. Objetivos específicos……..…….	12
II. REVISION DE LITERATURA……...……...	13
2.1. Antecedentes de la investigación……..………	13
2.2. Concepto y función de la alelopatía……..……..……..….	14
2.3. Vías de liberación de los compuestos alopáticos…….……	16
2.4. Tipos de alelopatía……	17
2.5. Efectos primarios y secundarios……..	17
2.6. Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos……..….....	17
2.6.1. Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción……..…….	17
2.6.2. Modos de acción de los inhibidores……..……..……	18
2.7. Investigaciones para evaluar el efecto alelopático en plantas……..	19
2.8. Plantas con efecto alelopático…….....	20
2.9. Actividad alelopática *in vitro*……...……..	22
2.10. Extractos acuosos……..…….....	22
2.11. Plantas receptoras de agentes alelopáticos……..……	23
2.12. Generalidades del bijao……..……	23
a. Taxonomía……..	23
b. Descripción botánica……...……..….....	24
c. Importancia económica……...	24

III. METODOS……..……..…..… 26
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio……..… 26
a. Fase campo…….……..... 26
b. Fase laboratorio…….…… 27
c. Fase gabinete…….……..… 32
3.2. Variables……..……...…... 33
3.3. Selección de muestra ……..……..… 34
3.4. Tratamiento estadístico…… 34
3.5. Diseño estadístico……. 35
3.6. Tratamiento…… 35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES……...……... 37
4.1. Del Porcentaje de germinación de las semillas de lechuga……..……..… 37
4.2. Efecto alelopático del extracto acuoso de la hoja, tallo y raíz de *Calathea lutea*.. 39
a. Altura de plántula o vástago de *Lactuca sativa*……..… 39
b. Longitud radicular……..… 40
c. Diámetro del tallo de las plántulas de lechuga…….. 42
d. Diámetro radicular…… 43
e. Peso fresco y seco del tallo de las plántulas de lechuga…….. 45
f. Peso fresco y seco de la radícula de las plántulas de lechuga……..... 46
4.3. Órgano de la planta de bijao que presenta mayor concentración de inhibición.. 48
V. CONCLUSIONES……...……..… 50
VI. RECOMENDACIONES……..……..… 51
VII. BIBLIOGRAFIA…….. 59
VIII. ANEXOS……. 60

INDICE DE CUADROS

Pg.

Cuadro 1. Operacionalización de las variables…….. 33
Cuadro 2. Factores y niveles en estudio…..……...……..…… 35
Cuadro 3. Promedio de Inhibición según parte de la planta y concentración del extracto 49

INDICE DE FIGURAS

Pg.

Figura 1. Diagrama de flujo para obtener el extracto acuoso……. 31
Figura 2. Diagrama de flujo para la actividad alelopática……..…….. 32
Figura 3. Croquis de ubicación de los tratamientos…….…….. 36
Figura 4. Del porcentaje de germinación de las semillas de lechuga……..……. 37
Figura 5. Altura de plántula de lechuga……..……..…….. 39
Figura 6. Longitud radicular de las plántulas de lechuga……..…….. 41
Figura 7. Diámetro del tallo de las plántulas de lechuga……..…….. 42
Figura 8. Diámetro radicular de las plántulas de lechuga…… 44
Figura 9. Peso fresco y seco del tallo de las plántulas de lechuga……..…….. 45
Figura 10. Peso fresco y seco de la radícula de las plántulas de lechuga……... 47
Figura 11. Parte u órgano de la planta de bijao que presenta mayor concentración de inhibición……..…… 48

INDICE DE ANEXO

Pg.

Anexo 1. Análisis de varianza de las variables dependientes (%G), (AP), (LR), (DT), (DR)…… 60

Anexo 2. Análisis de varianza de las variables dependientes (PFT), (PST), (PFR) y (PSR)…….....……... 60

Anexo 3. Planta de *Calathea lutea* (bijao)……..…….. 61

Anexo 4. Ubicación del lugar de investigación……..…….…….……. 62

Anexo 5. Georeferenciación del lugar de recolección de las partes u órganos del bijao……..……..…… 63

Anexo 6. Recolección de las partes u órganos del bijao (fase campo)……..……...… 64

Anexo 7.Preparación de los extractos acuosos de *Calathea lutea* (fase laboratorio)……..…...……. 65

Anexo 8. Siembra y evaluación de las variables dependientes……. 67

Anexo 9. Plántulas de lechuga bajo las diferentes concentraciones del extracto acuoso de hoja…….…… 69

Anexo 10. Plántulas de lechuga bajo las diferentes concentraciones del extracto acuoso de tallo y raíz……..…….. 70

Anexo 11. Ficha de evaluación……..……..…….…….. 71

Anexo 12. Plántulas de lechuga aplicados con extracto acuoso de hoja y tallo……... 72

Anexo 13. Plántulas de lechuga aplicados con agua destilada (testigo)…….. 72

RESUMEN

El objetivo del trabajo de investigación fue determinar el efecto alelopático del extracto acuoso del tallo, hojas y raíz de *Calathea lutea* (bijao)*,* sobre la germinación y crecimiento de *Lactuca sativa* (lechuga) variedad White Boston. Se preparó un extracto al 15 por ciento p/v (peso/volumen) con cada parte de la planta (hoja, tallo y raíz), y se dejó reposar por 48 h, seguidamente se obtuvo por dilución de los extractos al 2, 4, 6 por ciento de concentración, y luego se sembró al azar 10 semillas de lechuga, incluyendo al testigo, en 48 placas petri cubriendo previamente el fondo con doble capa de papel filtro, para cada tratamiento se realizó 4 repeticiones siendo en total 40 semillas por tratamiento. Diariamente se regó con 2.5 ml de cada concentración de extracto acuoso a cada tratamiento, y al testigo se le regó con agua destilada. La investigación se realizó usando un Diseño Completo al Azar (DCA), con arreglo factorial 3Ax4B, siendo el factor A, las 3 partes u órganos de la planta (hoja, tallo, raíz) y el factor B compuesto por las 4 concentraciones del extracto acuoso (0, 2, 4, 6), haciendo 48 unidades experimentales y 10 semillas por unidad experimental. A los dos días de siembra se evaluó el porcentaje de germinación y a los 10 días después de la cosecha, se evaluó la altura de plántula, longitud radicular, diámetro del tallo, diámetro radicular, peso fresco y seco del tallo y radícula de la lechuga. Se demostró que el extracto acuoso de hoja al 6 por ciento de concentración, afectó el porcentaje de germinación en un 92,5 por ciento, mientras que el extracto acuoso de tallo y raíz en todas las concentraciones causaron aproximadamente el 5 por ciento de inhibición de germinación de la lechuga. La altura de plántula con el extracto acuoso de hoja al 6 por ciento de concentración solo creció 2,48 cm, mientras que la longitud radicular solo tuvo un crecimiento de 1,22 y 1,90 cm, con los extractos de hoja y tallo a una concentración de 6 por ciento. El extracto acuoso de tallo con la concentración 4 por ciento causó un crecimiento de 0,34 mm de diámetro del tallo, y el diámetro radicular solo tuvo un crecimiento de 0,09 y 0,10 mm con los extractos de tallo en las concentraciones 4 y 6 por ciento.

Clave: Alelopatía*,* extracto acuoso, concentración, bijao, *Calathea lutea.*

ABSTRAC

The aim of the research work was to determine the allelopathic effect of the aqueous extract of The aim of the research work was to determine the allelopathic effect of the aqueous extract of the stem, leaves and root of Calathea lutea (bijao), on the germination and growth of Lactuca sativa (lettuce) variety White Boston. An extract was prepared at 15 percent w / v (weight / volume) with each part of the plant (leaf, stem and root), and it was left to rest for 48 h, then it was obtained by diluting the extracts to 2, 4 , 6 percent concentration, and then 10 seeds of lettuce, including the control, were randomly sown in 48 petri dishes previously covering the bottom with double layer of filter paper, for each treatment 4 repetitions were made, making a total of 40 seeds per treatment Daily it was irrigated with 2.5 ml of each concentration of aqueous extract to each treatment, and the control was irrigated with distilled water. The investigation was carried out using a Complete Random Design (DCA), with factorial arrangement 3Ax4B, being the factor A, the 3 parts or organs of the plant (leaf, stem, root) and factor B composed of the 4 concentrations of the extract aqueous (0, 2, 4, 6), making 48 experimental units and 10 seeds per experimental unit. After two days of planting, the percentage of germination was evaluated and 10 days after harvest, the seedling height, root length, stem diameter, root diameter, fresh and dry weight of the stem and radicle of the lettuce were evaluated. It was shown that the aqueous leaf extract at 6 percent concentration, affected the percentage of germination by 92.5 percent, while the aqueous extract of stem and root at all concentrations caused approximately 5 percent inhibition of germination of lettuce. The seedling height with the aqueous leaf extract at 6 percent concentration only grew 2.48 cm, while the root length only had a growth of 1.22 and 1.90 cm, with the extracts of leaf and stem a concentration of 6 percent. The aqueous extract of stem with the concentration 4 percent caused a growth of 0.34 mm of the diameter of the stem, and the root diameter only had a growth of 0.09 and 0.10 mm with the extracts of stem in the concentrations 4 and 6 percent.

Key words: Allelopathy, aqueous extract, concentration, bijao, *Calathea lutea.*

I. INTRODUCCION

Actualmente los agentes causantes de las mayores pérdidas de rendimiento en los cultivos son las plantas arvenses. Aunque su influencia es muy variable en los diferentes sistemas de producción vegetal, se reconocen pérdidas del orden del 15 por ciento de la producción agrícola en los países desarrollados y superiores al 25 – 30 por ciento en los países en desarrollo (Urbano, 2002). El mayor daño ocasionado por las malezas a los cultivos, es debido a que compiten por luz, agua, nutrientes, espacio, bióxido de carbono, interferencia en cosecha y pueden ser hospederas de plagas y enfermedades.

El costo para el control de malezas en la agricultura normalmente representa hasta un 10 por ciento del costo de producción, dependiendo de la tecnología utilizada, es decir, control manual, mecánico, herbicidas o acolchado (Martínez, 2009). Los herbicidas constituyen el 45 por ciento del mercado de plaguicidas valorado en USD 35.000 millones (INIA, 2009). En el Perú el 37,7 por ciento de productores agropecuarios utilizan productos químicos. Los productores que hacen el mayor uso de herbicidas se encuentran registrados en la Costa con 55,4 por ciento, seguido de la región sierra con 13.9 por ciento y finalmente la región selva con el 28,9 por ciento (INEI, 2013). Considerándose un problema el uso de productos fitosanitarios, esto implica que debe ser sustituido por otros métodos de control que no impliquen el uso de herbicidas, si se quiere mantener un nivel adecuado de la población de la maleza en el campo de cultivo. Para ello implica la adopción de nuevas estrategias para una mejor forma de manejo integrado de las malezas (FAO, 2007a).

Muchas especies vegetales poseen compuestos aleloquímicos que aún no han sido estudiadas por el desinterés o el desconocimiento de sus propiedades alelopáticas, que por lo general poseen compuestos altamente activos, con el fin de ser utilizados para su posterior tratamiento y comercialización (Orbe y Tuesta, 2013). Por tal razón en el presente estudio, se planteó el siguiente problema ¿Cuál es el efecto alelopático del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao) sobre la germinación de semillas y los parámetros de crecimiento de las plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga)?.

Calathea lutea (bijao) pertenece a la familia de las Maranthaceae, es una planta herbácea que se consume y se usa en forma tradicional desde tiempos ancestrales, su diversidad de especies y la gran utilidad en la amazonia, ha despertado mucha importancia en la actualidad, se tiene referencias bibliográficas de estudios, en la cual se ha encontrado potencialidades en esta planta

presentando propiedades inhibitorias en el desarrollo de hongos por su alto contenido de taninos (0.76 por ciento) (Aguirre *et al*., 2014). Por ello es necesario el estudio de esta planta para así conocer su composición y las propiedades que pueden ser aprovechadas por los agricultores en beneficio de sus cultivos y practicando una agricultura controlada biológicamente, utilizando los propios recursos que brinda la naturaleza.

Se ha observado en algunas zonas de la carretera Federico Basadre y Aguaytía que los agricultores han optado por asociar al bijao con cultivos permanentes como cítricos, café, cacao y cultivos temporales como plátano y yuca, porque deducen empíricamente que esta asociación ha minimizado la infestación de malezas en sus cultivos, siendo beneficioso, pues ya no invierten dinero para comprar productos químicos y la mano de obra es menor. Es por ello la necesidad de realizar esta investigación, para determinar que parte u órgano de la planta de bijao (hoja, tallo y raíz), presenta reacción alelopática que inhiba la germinación y los parámetros de crecimiento de las semillas de *Lactuca sativa* (lechuga). Tal es así que se planteó la siguiente hipótesis, existe efecto alelopático significativo al aplicar concentraciones del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), sobre la germinación de semillas y crecimiento de las plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga). Los objetivos fueron:

Objetivo general

Determinar el efecto alelopático del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), sobre el porcentaje de germinación de semillas y los parámetros de crecimiento de plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

Objetivos específicos

- Evaluar el efecto alelopático del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), sobre el porcentaje de germinación de *Lactuca sativa* (lechuga).

- Determinar el efecto alelopático del extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), sobre los parámetros de crecimiento de plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

- Determinar que parte u órgano de la planta de *Calathea lutea* (bijao), presenta la mayor concentración de inhibición sobre la germinación y los parámetros de crecimiento de plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Estudios realizados por Rodríguez *et al*. (2016), señalaron que utilizando el extracto acuoso de hojas y tallos de copaiba (*Copaifera pubiflora)* a una concentración de 7 por ciento, causó inhibición del 87 por ciento sobre la germinación de la planta sensitiva (*Mimosa púdica)* provocando efectos perjudiciales en la altura de las plántulas. Además, con las pruebas preliminares se logró determinar la posible presencia de metabolitos secundarios (cumarinas, taninos, flavonoides, terpenoides) que son reconocidos por generar alelopatía. Del mismo modo Ramírez (2014), menciona que empleando el extracto acuoso de hojas de avena (A*vena sativa*), a una concentración del 50 por ciento observó el efecto de la planta, inhibiendo el porcentaje de germinación de las semillas de hierba del gallinazo (*Chenopodium murale*) y yuyo (*Amaranthus spinosus*) en un 48 por ciento. Mientras que Laynez y Méndez (2013), utilizando el extracto acuoso de las hojas del botón de oro (*Tithonia diversifolia*), causaron el 83 por ciento de inhibición en la germinación de semillas de *L. sativa,* utilizando concentraciones de 1, 1.5 y 2 por ciento. Maia *et al*. (2011), observaron el efecto alelopático de *Mentha villosa Huds,* sobre la emergencia de *Lactuca sativa L*, se observó que las plántulas de *Lactuca sativa* en la emergencia fueron significativamente afectadas por el suelo A (6,95 por ciento) en comparación con el suelo B (21,71 por ciento), lo que representa inhibición en la emergencia.

También Tucat *et al.* (2013), demostraron que el extracto acuoso de tallo (*Baccharis ulicina*) en 10 por ciento de concentración, causaron una reducción promedio del 90 por ciento de la longitud y diámetro radicular de (*Avena sativa*). Asimismo Periotto *et al.* (2004), observaron que el extracto acuoso de hoja y tallo de (*Andira humilis*), redujeron el desarrollo del diámetro de las plántulas de lechuga, aplicando concentraciones de 4, 8, 12 y 16 por ciento. Además señalan que las plántulas afectadas presentaron hipocótilos de tamaño reducido y una coloración ennegrecida. Della *et al.* (2009), determinaron que aplicando el extracto acuoso de las hojas adultas de cerraja (*Sonchus oleraceus*), en concentraciones de 20 y 50 por ciento observaron la disminución de la elongación radicular de achicoria (*Cichorium intybus*) y cebolla de verdeo (*Allium schoenoprasun*) a un 73 por ciento. Del mismo modo Gatti *et al*. (2004), mencionan que utilizando el extracto acuoso de tallo y raíz de *Aristolochia esperanzae* (flor cálico), en concentraciones de 50 y 100 por ciento causaron daño en el sistema radicular de las plántulas de lechuga, mostrando raíces primarias atrofiadas, defectuosas, a veces ausentes, raíces cortas y desproporcionadas en relación a otras estructuras de la planta. Así también Borghetti *et al.* (2005), mostraron que aplicando el extracto

acuoso de la hoja de (*Qualea parviflora),* a concentraciones de 0,5 por ciento a más, redujeron el 60 por ciento del crecimiento del diámetro de vástago de las plantas de ajonjolí.

De otro lado Cruz (2012), señaló que aplicando el extracto acuoso de hoja de camote (*Ipomoea batatas)* inhibió un 44,4 por ciento el crecimiento longitudinal de la plántula y la radícula de frijol comparado con las plantas control, observándose mayor inhibición de la altura con el incremento de la concentración. De igual manera Blanco *et al* (2007), comprobaron que aplicando el extracto acuoso de hojas de girasol (*Heliantus annus*) a una concentración del 15 por ciento, causó un efecto negativo originando susceptibilidad en la longitud del tallo del frijol. Martínez *et al.* (2016), indican que usando el extracto acuoso de tallo y hoja de crotalaria (*Crotalaria júncea*) y canavalia (*Canavalia ensiformes*), en concentraciones de 3.3 por ciento inhibieron el 58 y 64 por ciento del crecimiento del hipocótilo de las plántulas de lechuga.

2.2. Concepto y función de la alelopatía

Alelopatía es un término definido por primera vez por Molish (1937), y se deriva de las palabras griegas *alleton* (mutuo) y *pathos* (prejuicio), se define como la interacción entre plantas, o entre plantas y otras formas de vida, a través de químicos naturales (aleloquímicos); que implica la inhibición o estimulación directa de una especie por otra. A partir de las investigaciones científicas, es posible aprovechar estas sustancias naturales para proteger los cultivos de determinadas plagas, evitar que su crecimiento sea obstruido por la maleza, e incluso acelerar su desarrollo (Sampietro 2003). Estos compuestos son conocidos como aleloquímicos y pueden tener efectos benéficos (alelopatía positiva) o efectos perjudiciales (alelopatía negativa) en los organismos receptores (Suquilanda 2018).

El funcionamiento de la alelopatía, se basa en la plantación de distintas especies de plantas en la misma ubicación con el fin de que se protejan unas a otras a través de las sustancias que van generando. Las plantas pueden lograr un buen equilibrio en su evolución y desarrollo a través de las interacciones bioquímicas que realizan (Cillónez 2017). Las sustancias alelopáticas, son de naturaleza química muy diversa y, la mayoría son de origen orgánico (Rodríguez *et al*., 2002). Las moléculas caracterizadas como agentes o compuestos alelopáticos, son metabolitos secundarios de los vegetales; es decir, compuesto que ejercen acción directa a nivel de actividades fundamentales del organismo (crecimiento, desarrollo, reproducción, etc.). La extraordinaria diversidad de este metabolismo vegetal, es el origen de varias decenas de millares de estructura que pueden agruparse en tres grandes categorías: compuestos fenólicos, terpenos

y alcaloides. Proceden principalmente del ácido shikímico (intermediario bioquímico importante en plantas y microorganismos, como los metabólicos aromáticos (taninos)) y del ácido mevalónico (es un importante metabolito intermediario en la biosíntesis de colesterol), por lo que existen lazos estrechos (a través de estas moléculas bisagras) entre las grandes funciones fisiológicas de los vegetales (fotosíntesis y respiración) y la producción de metabolitos secundarios potencialmente alelopáticos (Chiapusio *et al.,* 2010). Un mismo compuesto puede aparecer en distintas partes del vegetal y en diferentes concentraciones, las cuales dependen del órgano y de la edad de la planta. La concentración de algunos aleloquímicos tales como los alcaloides, los terpenos y los glicósidos cianogenéticos, es mayor durante los estadíos tempranos de las plántulas y parecen ser producidos solo durante la expansión de las hojas (Jova 2006).

Los compuestos aromáticos comprenden la más extensa cantidad de agentes alelopáticos, incluye fenoles, derivados del ácido benzoico, acido cinámico, quinonas, cumarinas, flavonoides y taninos (Sampietro, 2001). Los fenoles simples y los ácidos fenoles, causan la despolarización de la membrana celular, influyendo directamente en los procesos de absorción, así como en su descomposición rompiendo el balance hídrico de la planta (Puente 2007). El ácido cinámico son compuestos derivados de la ruta metabólico del ácido shikímico y están ampliamente distribuidos en las plantas. Las cumarinas constituyen un grupo importante de compuestos naturales localizados en todas las partes de la planta, la metil esculina se encuentra en la avena, compuestos tales como escopolina, escopolentina y furanocumarinas tiene la capacidad inhibitoria del crecimiento vegetal (Osorio 2006). Los flavonoides son compuestos muy frecuentes en las plantas superiores en flores, frutos, hojas y raíces, tanto en forma libre como en forma de glucósidos, dándoles a las flores, frutos y hojas, una amplia variedad tales como floridzina y sus productos de degradación tales como glicósidos de quempferol, quercetina y myrcetina son agentes alelopáticos bien conocidos (Puente 2007).

Los taninos tanto los hidrolizables como los condensados, tienen efectos inhibitorios debido a su capacidad para unirse a proteínas, los taninos hidrolizables comunes tales como los ácidos gálico, elágico, trigálico, tetragálico y quebúlico están ampliamente distribuidos en el reino vegetal. La mayoría están presentes en suelos de bosques en concentraciones suficientes para inhibir la nitrificación. Los taninos condensados, los cuales se originan de la polimerización oxidativa de las catequinas, inhiben las bacterias nitrificantes en suelos forestales y reducen el ritmo de descomposición de la materia orgánica el cual es importante para los ciclos de circulación de minerales en el suelo, además son de carácter astringente (Otero *et al*., 2004). Los terpenoides, monoterpenos son los principales componentes de los aceites esenciales de

los vegetales y son los terpenoides inhibidores de crecimiento más abundantes que han sido identificados en las plantas superiores (Geron 2007). Las fitoalexinas consideradas alelomonas son metabolitos secundarios sintetizados por las plantas en forma de glucósidos, limonoides, lactonas, quinonas, saponinas, cumarinas, flavonoides, terpenos, alcaloides u otros principios activos, que por su carácter acido, alcalino, astringente, mordiscante, repulsivo y hasta venenoso, ejercen su acción alelopática sobre otras especies (Cárdenas 2014).

2.3. Vías de liberación de los compuestos alelopáticos

Los órganos vegetales contienen cantidades variables de sustancias potencialmente alelopáticas que son liberadas de diferentes formas al medio ambiente: volatilización, exudación radicular, lixiviación y descomposición de residuos vegetales (Oliveros, 2008). El modo de liberación de un agente alelopático depende de su naturaleza química. Las plantas superiores liberan regularmente compuestos orgánicos por volatilización de sus superficies y a través de lixiviados de hojas y exudados de raíces. Eventualmente, los constituyentes químicos de todos los organismos son liberados al entorno a través de procesos de descomposición, incorporándose a la matriz del suelo.

Existen 4 vías principales de liberación al entorno de los alelos químicos: volatilización, lixiviación, exudación, biodegradación (Jova 2006). La lixiviación se da en la parte aérea de la planta que deja ir sustancias por el lavado de la lluvia, y éstas caen sobre otras plantas o en el suelo; los restos de la planta que cae al suelo se descomponen por efecto de los microorganismos, los cuales ayudan a la liberación de los compuestos; la volatilización, se produce cuando las sustancias se liberan por los estomas y además son hidrosolubles, por lo tanto se pueden absorber por los estomas de otras plantas o sino se disuelven en el medio y la exudación radicular son sustancias que las plantas liberan por las raíces vivas de forma directa y se trata de compuestos de todo tipo (Acosta 2015).

2.4. Tipos de alelopatía

Alelopatía positiva: Es el efecto benéfico que tiene una planta sobre otra haciendo, que los frutos de la beneficiada sean mejores o alejando plagas que provocarían enfermedades.

Alelopatía negativa: Es cuando dos clases de plantas no pueden convivir en mismo espacio, porque las sustancias que genera una, resultan toxicas para la otra, estas sustancias pueden ser segregadas por raíces u hojas generalmente (Mestas 2014).

Generalmente los efectos dañinos causados por la alelopatía son a partir de sustancias liberadas al suelo por la descomposición de los residuos de las plantas que han permanecido en el campo (Puerto 2002). Las interacciones positivas pueden determinar la distribución espacial de las especies, permitir la coexistencia, realzar la diversificación y la productividad y dirigir dinámicamente la comunidad. Las relaciones espaciales positivas han sido reportadas también en ecosistemas tropicales (Cruz 2012).

2.5. Efectos primarios y secundarios

Los efectos apreciables de las sustancias alelopáticas sobre las plantas (reducción del crecimiento, germinación de las semillas, etc.) solo son manifestaciones secundarias de los cambios que se han producido a escala celular. Por ello, es necesario distinguir los efectos alelopáticos primarios (puntos de acción de las moléculas alelopáticas en las células) de los efectos alelopáticos secundarios (consecuencias de los primeros a nivel de órganos o de la planta completa) (Blanco, 2006).

La relación existente entre el efecto biológico del compuesto alelopático y los síntomas observados en la planta no es siempre fácil de establecer. Esta relación se ha estudiado en la lechuga y se ha detectado una relación mitocondrial para ciertos fenoles y su traducción en una ralentización, es decir una inhibición de la germinación de las semillas. Lo más significativo de las investigaciones en la alelopatía ha correspondido a los efectos apreciables de los compuestos alelopáticos sobre la germinación y el crecimiento especialmente (Chiapusio *et al*., 2010).

2.6. Mecanismos de acción de los agentes alelopáticos

2.6.1. Limitaciones en el estudio de los mecanismos de acción

Debido a la diversidad de naturalezas químicas de los diferentes agentes alelopáticos, no existe un mecanismo de acción único que explique la manera en que éstos afectan a la planta receptora. La compresión del mecanismo de acción de un compuesto alelopático determinado tiene varios inconvenientes (como la factibilidad de separar el efecto alelopático de otros procesos ecológicos que operan simultáneamente o secuencialmente en la naturaleza) y muchas veces es difícil diferenciar efectos secundarios de la causa primaria de acción (Blanco, 2006).

Plantaciones de tomate y alfalfa en un radio de hasta 25 metros del tronco del nogal. Las plantas situadas en un radio de hasta 16 metros morían mientras las situadas más allá del mismo crecían sanas. Posteriormente se probó que la juglona, una hidroxinaftoquinona soluble en agua causante del color pardo que tiñe las manos de quienes manipulan nueces, provocaba esta fitotoxicidad. En todas las partes verdes de la planta (hojas, frutos y ramas) se encuentra el 4-glucósido del 1,4,5-trihidroxinaftaleno, producto atóxico que luego de ser arrastrado al suelo por las lluvias es hidrolizado y oxidado a juglona. Este compuesto al 0,002% produce inhibición total de germinación de las especies sensibles. La concentración de juglona en el suelo se mantiene por realimentación constante a partir de los árboles de nogal. Por otro lado, no todas las plantas son sensibles a esta sustancia. Especies del género Rubus (rosáceas), tales como la zarzamora o la frambuesa, y la gramínea (*Poa pratensis*) no son afectadas (Massey,1925).

En condiciones naturales, las cantidades en que se encuentran disponibles muchas de estas sustancias son inferiores a las que presentan actividad en bioensayos en laboratorio. Esto se debe a que frecuentemente existen interacciones sinérgicas y aditivas, lo cual dificulta determinar la actuación de cada compuesto. Esa presencia mínima de sustancia también dificulta su recuperación para ser utilizados en estudios de efectos fisiológicos y a nivel subcelular (Sampietro, 2003). Una de las formas más sencillas de examinar las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos, en los que se cuantifica la germinación y/o emergencia de plántulas, y se mide la radícula y/o hipocótilo (Zamorano, 2006).

2.6.2. Modos de acción de los inhibidores

a. Directo: Comprende los efectos sobre varios procesos del crecimiento y el metabolismo de las plantas.

Efectos primarios

Inhibición de la división celular: La disminución de la actividad mitótica de las raíces de plantas ha sido reportada con un extracto clorofórmico obtenido de *Raphanus sativus* (Gian *et al*.; 1998).

Inhibición de la fotosíntesis: El efecto de los agentes alelopáticos que influyen sobre la inhibición de la fotosíntesis, no necesariamente acontece en los eventos primarios del proceso como la captación de la luz y el transporte de electrones, también resulta de una modificación de los niveles de clorofila o por cierre estomático y la subsecuente reducción en la provisión de CO2 vital para la producción de fotosintatos. Por ejemplo en soya los ácidos felúrico,

vainíllico y p-cumárico reducen el contenido de clorofila, sin embargo sobre sorgo estas mismas sustancias igualmente concentradas no provocan esa disminución. Ciertos flavonoides parecen interferir en la organización funcional o estructural de los cloroplastos. Otras especies arbóreas poseen polifenoles capaces de reducir la producción de 2.6-diclorofenol, inhibiendo las reacciones fotoquímicas en los cloroplastos (Rizvi *et al.,* 1992).

Efectos en la respiración: Entre los compuestos fenólicos el orden de mayor a menor actividad está formado por quinonas, flavonoides, cumarinas, ácidos fenólicos. Las quinonas sorgoleone y juglona son efectivos inhibidores de la respiración a muy bajas concentraciones, el sorgoleone afecta a través del transporte de electrones, mientras que la juglona afecta la incorporación mitocondrial de oxígeno. Flavonoides tales como la quercetina, naringenina y umbeliferota inhiben la producción de ATP en las mitocondrias (Rice, 1984).

Efecto sobre la actividad enzimática: Existen muchos compuestos alelopáticos con capacidad de modificar ya sea la síntesis o la actividad de enzimas tanto in vivo como in Vitro. La mayoría de estas sustancias han demostrado un efecto dual sobre la regulación de la actividad enzimática. Por ejemplo, plántulas de maíz tratadas con ácido felúrico mostraron un incremento en los niveles de enzimas oxidativas (peroxidasas, catalasas y ácido indol acético oxidasa) junto con una elevación de enzimas de la ruta del ácido Shikímico tales como fenilamina amonio liasa (enzima de origen vegetal) y la cinamilo alcohol (compuesto orgánico) involucrada en la síntesis de compuestos fenilpropanoide. (Jova, 2006).

Efectos secundarios

Interferencia con la germinación: Es un mecanismo por el cual se cree que las plantas enfrentan las enfermedades mediante la producción de inhibidores que evitan la acción de las enzimas exudadas por el organismo causal; también reporta la presencia de inhibidores de la germinación de semillas que incluyen compuestos fenólicos, flavonoides y taninos.

Interferencia con el crecimiento: El extracto obtenido de *Raphanus sativus* afecta el crecimiento de plántulas de achicoria (*Cichorium intybus*), lixiviados del suelo y de residuos descompuestos de *Lolium multiflorum*, resultan tóxicos para el crecimiento de plántulas de avena (*Bromus sp),* lechuga (*Lactuca sativa*) y alfalfa (*Medicago sativa*) (Calle, 2010).

b. Indirecto: Incluye los efectos ocasionados por la alteración de propiedades del suelo, del estado nutricional y de la actividad de poblaciones de organismos benéficos (Rizvi *et al*.; 1992).

Efectos en la toma de nutrientes: Hay una evidencia considerable sobre el efecto de compuestos alelopáticos en la toma de iones como el K por parte de las plantas (Putnam, 1985).

Efectos sobre otras poblaciones: El efecto sobre la actividad de una población benéfica o perjudicial, como microorganismos, insectos o nematodos, ha sido poco estudiado; sin embargo, hay algunos reportes que se estudiaron extractos vegetales sobre poblaciones de Fusarium oxysporum (Rodríguez, 1999).

2.7. Investigaciones para evaluar el efecto alelopático en plantas.

Fase biológica – ecológica: Durante esta primera fase se selecciona la planta que manifiesta alguna interacción específica con otra. Esto puede realizarse a través de la observación de algunos sucesos como: zonas de suelo desnudo alrededor de una vegetación arbustiva, cobertura vegetal rala bajo un grupo de árboles, persistencia de un estado particular dentro de la asociación vegetal o reducción del rendimiento en un cultivo infestado con una maleza agresiva en particular. El siguiente paso es determinar si la causa del suceso manifestado es debido a la competencia, a la alelopatía o a otros procesos (patógeno vegetal, plaga, etc.). Normalmente si el efecto observado no puede atribuirse a variables físicas ambientales (pH, temperatura, nutrientes minerales y contenido de agua), ni a los procesos indicados anteriormente, se considera como fenómeno causante a la alelopatía (Blanco, 2006).

Fase química – analítica: Si un efecto fitotóxico puede demostrarse a través de los bioensayos, se procede al aislamiento e identificación de los aleloquímicos responsables. La disponibilidad de técnicas tales como las cromatografías en capa fina, en papel, líquida de alta presión (HPLC) y gaseosa acoplada a espectrómetro de masas, permiten la identificación de la mayoría de los compuestos aislados. Debe detectarse su presencia en la parte del entorno (aire, suelo, solución del suelo) a través de la cual estaría ejerciendo su acción en la concentración adecuada para causar la inhibición de la planta receptora. Esto es especialmente problemático, ya que los compuestos biológicamente activos frecuentemente se encuentran en concentraciones muy bajas en el suelo, lo cual dificulta la extracción y detección de los mismos (Calle 2010).

2.8. Plantas con efecto alelopático

Varios bioensayos y pruebas preliminares determinan las propiedades específicas que poseen las familias botánicas, sus géneros y especies, como los extractos etanólicos, hexánico, medio

acuoso de hojas y corteza de *Copaifera pubiflora* (copaiba) en concentraciones de 7, 5 y 2 por ciento, inhibieron la germinación de *Mimosa púdica* (Rodriguez *et al*.; 2016). El extracto acuoso de camote (*Ipomoea batatas*), sobre las especies *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Cucumis sativus* (pepino), *Sorghum vulgare* (sorgo), observaron efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hipocótilo y de la radícula de las plantas (Pupo 2008).

El tabaco es una planta alelopática, medicinal y psicotrópica al mismo tiempo, por los principios activos que posee (nicotina). Las exudaciones que emiten las raíces del nogal negro, inhiben el crecimiento de otras plantas a su alrededor, debido a su principio activo (la glucona). Especies como la cebada, trigo y malta, empobrecen los suelos agrícolas por su gran absorción de nitrógeno (Cárdenas, 2014). Plantas como bledo (*Amaranthus dubius*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y yuca (*Manihot esculenta*) producen inhibidores alelopáticos para el ambiente, que afectan la germinación de otras especies.

La amigdalina y la prunasina se encuentran en las semillas de ciruela, albaricoque, cereza, durazno, manzana, pera y membrillo; estas sustancias actúan como inhibidoras de la germinación. El pepino y la avena segregan sustancias derivadas del ácido benzoico, con propiedades alelopáticas. El pepino y el girasol contienen derivados del ácido cinámico que inhiben el desarrollo de ciertos cultivos y malezas, también inhiben la germinación de semillas (ITACAB, 2011). Estas propiedades son liberadas cuando han sufrido una lesión, invasión, ataque, laceración o corte en sus estructuras vegetales.

Las plantas con mayores efectos alelopáticos es el ajenjo (planta entera sin raíz), amargón (hojas y flores), barbasco (planta entera sin raíz), canela (corteza), clavo de olor (trocitos de clavo), cedrón (hojas y flores), cola de caballo (planta entera sin raíz), eucalipto (hojas), guanábana (frutos y semillas), hierba luisa (planta entera sin raíz), manzanilla (flores), matico (hojas y flores), menta (planta entera sin raíz), papaya (hojas y semillas), ruda (hojas y flores), tomate (hojas), verbena (hojas y flores), nogal (exudaciones radiculares), tabaco (hojas), bijao (hojas, raíz y tallo) (Brechelt y Fernández 1995).

Las alelomonas, son sustancias químicas que actúan (inhibiendo o estimulando), pueden afectar o estar vinculados con el vegetal, el ácido monohidroxibenzoico, es una sustancia química formada en el metabolismo fisiológico de las plantas, que por lo general estimula la producción de fitohormonas responsables de la elongación y el crecimiento (Cárdenas, 2014). Los principios activos que están poseen, fitoquímicamente son alelomonas con propiedades acidificantes, de

olor penetrante, de sabor picante, amargo y astringente, de gran poder fitóncido, lacrimógeno, sus efectos pueden ser mediatos o tardíos, de mediano a amplio espectro de efectividad y en algunos casos hasta letales sobre ciertos insectos, y aun para pequeñas aves y animales (Blanco, 2006).

2.9. Actividad alelopática *in vitro*

El efecto de la alelopatía se puede cuantificar mediante un ensayo *in vitro* y determinar su acción sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas. También es importante la selección previa del material biológico a estudiar en el bioensayo, porque es la vía para la obtención de herbicidas específicos (Trujillo 2008). Es así que el extracto acuoso de hojas de cipresillo (*Santolina chamaecyparissus)* a una concentración del 100 por ciento inhibieron al máximo la germinación y el crecimiento de bledo (*Amaranthus hybridus*), amor de Canadá (*Cercis canadensis*), verdolaga (*Portulaca oleracea*) 98.9 por ciento (Raga, 2013). Se evaluó in vitro el aceite esencial de tomillo aceitunero (*Thymus capitatus)* sobre tomatillo del diablo (*Solanum nigrum), cenizo (Chenopodium álbum), cerraja (Sonchus oleraceus)* y cola de zorra (*Setaria adhaerens)*, se obtuvo un porcentaje de inhibición de la germinación del 100 por ciento aplicando concentraciones de (0,5 y 1 µl/ml) (García, 2013).

Residuos de plantas medicinales (hojas y raíces) de *Ocimum basilicum* (albahaca), *Aloe vera* (sábila), *Matricaria recutita* (manzanilla), *Calendula officinalis* (caléndula) y *Plecthranthus amboinicus* (orégano francés), afectaron el porcentaje de germinación de *Ocimum basilicum* (albahaca) (Rodríguez *et al*.; 2002). Extractos metanólicos de zebrina (*Zebrina péndula)* afectaron el 32.50 por ciento del porcentaje de germinación de caupí (*Vigna sinensis), (Amaraníhus hipocondriacus)* y guaje (*Leucaena leucocephala)* aplicando una concentración de 2 mg (Resendez, 1996). Extractos acuosos de hojas y raíces de laurel de cera (*Myrica pubescens*), (*Eucaliptus sp*) eucalipto, chachafruto (*Erythrina edulis*) y nacedero (*Thrichantera gigantea*), mostraron propiedades alelopáticas sobre el vigor de las semillas y sobre la velocidad de crecimiento de (*Solanum quitoense*) lulo y (*Cyphomandra betacea*) tomate de árbol (Criollo *et al*. 2013).

2.10. Extractos acuosos

Los procedimientos habituales empleados en la industria fitoquímica (procesos químicos de la planta), se basan en la extracción de la planta o el vegetal triturado con agua o vapor de agua, con disolventes orgánicos, o con mezclas de agua y disolventes orgánicos tales como agua y

alcoholes. La inclusión de una etapa de maceración es asimismo bien conocida en la técnica. Por último, la separación del extracto acuoso de la fase sólida se puede llevar a cabo mediante procedimientos convencionales tales como la decantación, la centrifugación o la filtración. También se pueden aplicar tratamientos químicos adicionales para modificar la estructura de los compuestos presentes en las plantas (Frías 2005).

2.11. Plantas receptoras de agentes alelopáticos

Familias como las Asteraceae, Umbeliferaceae actualmente llamadas Apiaceae, Cruciferaceae, Solanaceae, Liliaceae y Graminaceae, todas tienen análogas que pueden ser adquiridas comercialmente. Estas especies fueron estudiadas por quienes recomendaron a dichas especies como aceptores de agentes alelopáticos. La especie *L. sativa,* se caracteriza por presentar crecimiento rápido, homogéneo y por ser sensible a los aleloquímicos, adaptarse fácilmente a las condiciones de trabajo, ser viable en períodos largos de tiempo y alcanzar un desarrollo temprano (Trujillo, 2008). Es notorio el hecho de que la lechuga sigue siendo considerada la especie modelo más usada en bioensayos alelopáticos, debido a su rápida germinación y alta sensibilidad a los aleloquímicos, cebolla, tomate también han mostrado ser sensibles a la actividad alelopática, aunque son usados en menor grado (Laynez y Méndez, 2013). La lechuga es una especie de rápida germinación y crecimiento acelerado, además muy sensible a los compuestos químicos ya que ha sido usada incluso en ensayos de toxicidad (Rodríguez *et al*., 2014). Las malezas comunes pertenecen a las familias compositae (lechuga), umbeliferae (zanahoria), cruciferae (berro), solanaceae (tomate), liliaceae (cebolla), graminae (trigo, cebada, maíz).

2.12. Generalidades del bijao

a. Taxonomía

Clase : Equisetopsida

Orden : Zingiberales

Familia : marantáceas

Género : Calathea

Especie : *Calathea lutea.*

El nombre del género deriva del griego “kalathos”: canasto y el nombre de la especie es el adjetivo latino “lateus, a, um”: amarillo, con referencia a las inflorescencias (Quast 2008).

b. Descripción botánica

Las hojas son simples, congregadas en la base de la planta; el pecíolo tiene 89 cm de largo, es engrosado hacia la unión con la lámina; la lámina tiene forma ovada, mide 110 cm de largo y 79 cm de ancho, es glabra por ambas superficies, verde por la superficie superior y blanquecina por la inferior debido a la acumulación de cera, margen entera y nervadura pinnado paralela. Las flores están agrupadas. La inflorescencia es compuesta, terminal, cilíndrica, mide de 8.5 a 9 cm de largo y 2.5 a 6 cm de diámetro. Las semillas presentan forma de pera, pero miden 1.2 cm de largo y contienen pocas semillas (Betancur, 2007). *Calathea lutea* es una especie de gran porte que alcanza hasta los 3 m de alto, con hojas basales y caulinares, grandes y con el envés blanco-pruinoso, con una inflorescencia caulinar de hasta 8 florescencias cilíndricas, de brácteas en espiral, elípticas, de ápice retuso, verdes a vino tinto (Suárez, 2007) (Anexo 3).

Es una especie que crece y se encuentra generalmente en bosques húmedos, en áreas abiertas y a lo largo de los ríos; Originaria de las Antillas Venezolanas, México, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Honduras, Perú y toda la zona tropical americana, donde crece en los bosques húmedos en zonas pantanosas a lo largo del rio a baja y media altitud (Quast, 2008). En el Perú se distribuye en áreas de bosques inundables de 0 – 1500 msnm, se han encontrado en las regiones de Amazonas, Cuzco, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali. Conocida en la región de Ucayali como Bijao Pecho blanco, en Loreto como huira bijao (Vela *et al.*, 2015).

c. Importancia económica

El bijao u hoja blanca, *Calathea lutea* es un recurso natural importante desde el punto de vista económico porque sus hojas se utilizan como envoltura de alimentos; se elaboran canastos con la fibra de los pedúnculos y es importante en la industria por las características físico-químicas que presenta la cera del envés, es muy similar a la cera de la palma (*Copernicia cerífera)*, empleada en la elaboración de betunes por lo cual *Calathea lutea* puede ser un recurso alternativo para la fabricación de distintos productos, ceras para pisos, lustra muebles, betunes, etc. La cera de esta especie también ha dado excelente resultados para elaborar patrones en odontología (Suárez, 2007).

Las hojas de *Calathea altísima* (bijao) y *Calathea lutea* (bijao pecho blanco), tienen una gran demanda en el mercado de la región Ucayali, su alto consumo se debe por ser una comida típica llamado “juane”, este producto se vende en restaurantes turísticos, de forma ambulatoria u otros;

por tanto la venta de las hojas viene siendo un producto que genera trabajo e ingresos no solo en la ciudad de Pucallpa, sino en toda la región de Ucayali y una mínima demanda en la ciudad de Lima (Baltazar, 2011).

III. METODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Bioquímica, de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA) ubicado en el km. 0.50 de la carretera San José de Tushmo, en el Distrito de Yarinacocha, Ucayali – Perú, con coordenadas UTM por el E 544954, N 9077221, 150 msnm (Anexo 4 y 5).

El trabajo de investigación se desarrolló en tres fases:

A) FASE DE CAMPO

Se realizó la recolección del bijao en el mes de octubre del año 2016, en el Distrito de Manantay, en el km. 9 margen izquierdo entrando a 2 km de la carretera Federico Basadre. La Georeferenciación del lugar de colecta de las partes u órganos de la planta de bijao, se realizó en horas de la mañana, el terreno tenía 1 hectárea y estaba cubierta por solo esta especie, se colocó puntos de referencia, tomando distancia entre cada punto (A,B,C) de aproximadamente 15 metros haciendo uso de un GPS. Luego se procedió a tomar el punto A (cepa 1) con coordenadas UTM 0543887- 9070327; punto B (cepa 2) con 0543876- 9070328 y el punto C (cepa 3) con 0543874- 9070334, y con los datos se realizó un mapa de ubicación de la zona de colecta, utilizando el software AutoCAD (Anexo 4 y 5).

Las muestras se recolectaron de tres cepas (conjunto de cinco a 10 plantas), en este proceso se seleccionó cuatro plantas adultas de 3 m cada cepa; luego con la ayuda de un azadón se procedió a excavar el suelo hasta extraer toda la raíz de la planta, estas se colocaron en un espacio limpio. Luego utilizando una tijera de podar, se procedió a separar la hoja del tallo, para luego cortar 20 cm de la hoja eliminando los extremos, extrayendo en total 268.9 g de hojas libre de manchas o enfermedades; seguidamente se separó el tallo de la raíz, para luego cortar 10 cm a partir del área basal del tallo, obteniendo un total de 635.1 g de tallo, y finalmente se procedió a retirar restos de tierra para obtener un total de 478.9 g de raíz propiamente dicha, todas la muestras fueron limpiadas con agua y luego secadas con papel absorbente para ser colocadas en los recipientes (tres coolers), previo a ello se acondicionó dentro de la base de los recipientes una capa fina de hielo seco y se cubrió con papel absorbente, las muestras fueron colocadas en el interior de esta, el proceso se realizó con el fin de que en el transcurso del viaje (dos horas) las muestras no se deshidratasen.

B) FASE DE LABORATORIO

Para la preparación de los extractos acuosos se procedió de la siguiente forma:

Obtenida las muestras y trasladadas al Laboratorio de Bioquímica, se procedió a sacarlas de los recipientes y se colocaron en las mesas previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al dos por ciento, nuevamente pesando cada parte de la planta, en una balanza gramera.

Luego se procedió a lavar por separado las muestras con agua corriente, y se colocó en tres bandejas con capacidad de 20 litros, colocando 10 litros de agua y 100 ml de hipoclorito de sodio al dos por ciento, seguidamente se colocaron las hojas, tallos y raíces por separado en las tres bandejas, se dejó reposar durante cinco minutos para disminuir la contaminación microbiana y asegurar su calidad, luego se enjuagó con abundante agua destilada, para eliminar el cloro residual. La cantidad de hipoclorito de sodio, se obtuvo según la siguiente formula:

$$V1.\ C1 = V2.\ C2 \quad \text{…….Ecuación 1}$$

Dónde:

V1 = volumen 1 (volumen total de hipoclorito de sodio)
C1 = concentración 1 (concentración del hipoclorito de sodio)
V2 = volumen 2 (volumen total por dilución con agua)
C2 = concentración 2 (concentración total que se requiere)

Luego se procedió a secar en dos etapas:

1. Secado a temperatura ambiente, las muestras se extendieron y, se colocaron individualmente por 24 horas en las mesas de mayólica del laboratorio previamente desinfectado, al término del proceso las muestras se pesaron y se obtuvo un peso inicial.
2. Secado en estufas (marca Venticell), las hojas (106.9 g), tallos (400.7 g) y raíces (200.1 g), se colocaron dentro de un sobre de papel periódico previamente esterilizado en estufa a 30 °C por 10 minutos, para facilitar el manipuleo durante los días de pesado, luego todas las muestras se colocaron en la estufa para secarlas por 72 horas a 50 °C hasta obtener el peso constante.

Para la trituración se procedió a pesar por separado 90 g de hojas, 90 g de tallos y, 90 g de raíces secas en una balanza analítica, y con la ayuda de una tijera se cortaron todas las muestras en

trozos pequeños no mayor de tres cm para facilitar la trituración, luego se depositaron dentro del vaso de la licuadora previamente desinfectada con 20 ml de hipoclorito de sodio al dos por ciento con dos litros de agua; seguidamente las muestras se trituraron en seco por separado cada muestra y por un tiempo de 30 segundos.

Para el proceso de maceración, se introdujeron las hojas, tallos y raíces trituradas en tres botellas de vidrio oscuro con capacidad de cinco litros por separado, colocando en cada una 90 gr de materia seca con 600 ml de agua destilada, luego se rotuló cada muestra, colocando los siguientes datos:

Extracto de hoja (a1), extracto de tallo (a2) y extracto de raíz (a3); finalmente, se aseguró la boca del frasco, cubriéndolos con papel aluminio y sujetándolos con liga, dejando macerar por 48 horas.

Pasado el proceso de maceración, se procedió a separar el líquido de la parte sólida, de cada una de las muestras de las botellas grandes, filtrando dos veces en cernidores de aluminio de 2 mm,1 mm,425 um de malla, obtenido el extracto acuoso de hoja, tallo y raíz se procedió a preparar las concentraciones, diluyendo el extracto acuoso de hoja, tallo y raíz con agua destilada por separado, se colocaron en vasos de precipitación de 1000, 500, 250, 40 ml y se utilizaron pipetas milimetradas de 10 ml previamente desinfectadas, para obtener concentraciones de (2,4,6 por ciento), las disoluciones se vertieron en nueve botellas pequeñas de vidrio oscuro con capacidad de 310 ml, luego se cubrieron con papel aluminio asegurándolas con ligas, seguidamente se conservaron en refrigeración, previamente se rotularon por extracto acuoso y concentración de la siguiente manera:
Extracto de hoja (a1) al 2 por ciento de concentración (b2) (a1b2), extracto acuoso de hoja (a1) al 4 por ciento de concentración (b3) (a1b3), extracto acuoso de hoja (a1) al 6 por ciento de concentración (b4) (a1b4). Extracto acuoso de tallo (a2) al 2 por ciento de concentración (b2) (a2b2), extracto acuoso de tallo (a2) al 4 por ciento de concentración (b3) (a2b3), extracto acuoso de tallo (a2) al 6 por ciento de concentración (b4) (a2b4). Extracto acuoso de raíz (a3) al 2 por ciento de concentración (b2) (a3b2), extracto acuoso de raíz (a3) al 4 por ciento de concentración (b3) (a3b3), extracto acuoso de raíz (a3) al 6 por ciento de concentración (b4) (a3b4). Para obtener las concentraciones, se realizó según la siguiente formula:

$$V1.\ C1 = V2.\ C2 \quad \text{…….Ecuación 2}$$

Dónde:

V1 = volumen 1 (volumen total de extracto acuoso)
C1 = concentración 1 (concentración del extracto al 15 por ciento p/v)
V2 = volumen 2 (volumen total por dilución 2,4, 6 por ciento)
C2 = concentración 2 (concentración total que se requiere)

Desinfección de semillas

Para el proceso de esterilización de las 480 semillas de *Lactuca sativa*, se colocó en un vaso de precipitación un litro de agua y 20 ml de hipoclorito de sodio al dos por ciento, y se dejó reposar durante cinco minutos seguidamente se enjuagó con abundante agua destilada y se filtró en papel de filtro Whatman N°1. Asimismo se desinfectaron 48 placas petri de 100 mm, 12 pipetas milimetradas de 10 ml, cuatro peras de succión, colocando en una bandeja 5 litros de agua con 100 ml de hipoclorito de sodio al dos por ciento durante cinco minutos, luego se enjuagaron con abundante agua destilada; también se esterilizaron 48 papeles de filtro en una estufa a 30 °C por 10 minutos.

La siembra se realizó en el Laboratorio de Bioquímica, en un espacio oscuro y limpio colocando sobre la mesa desinfectada con hipoclorito de sodio, 48 placas petri que fueron rotuladas indicando el tipo de extracto acuoso y la concentración, antes de la siembra se utilizaron guantes, para colocar en la base de cada placa dos capas de papel de filtro, de tal forma de disminuir la transmisión de microorganismos y seguidamente con una pinza esterilizada se realizó la siembra de 10 semillas/placa petri y con una pipeta milimetrada se empapó con 2.5 ml de cada concentración de extracto acuoso a cada tratamiento para finalmente cubrir con la tapa cada placa, los riegos se hicieron dos veces al día (8:00 am y 5:00 pm), aplicando en total 5 ml de extracto acuoso por día para el tratamiento control se realizó el mismo procedimiento, pero se rego con agua destilada. Después de 10 días de la siembra se evaluaron las siguientes variables:

1. Porcentaje de germinación (%)

Se evaluó el número de semillas germinadas por tratamiento, considerando semilla germinada a toda aquella que presentaba una protuberancia de 1,5 mm fuera del tegumento.

2. Parámetros crecimiento

a) Altura de la plántula (cm).- Transcurrido los 10 días, con la ayuda de un vernier digital y papel milimetrado, se realizó la medición de las plántulas de lechuga de cada tratamiento, la medición se realizó desde la base del tallo hasta el ápice de la hoja.

b) Longitud de la radícula (cm).- Con la ayuda de un vernier digital, papel milimetrado se procedió a medir la longitud de la raíz, desde la base del tallo hasta la cofia (parte final de la raíz), luego se rotularon por tratamiento.

c) Diámetro del vástago (mm).- Con la ayuda de un vernier digital y papel milimetrado, se procedió a medir el diámetro de la base del tallo de la plántula.

d) Diámetro de la radícula (mm).- Con la ayuda de un vernier digital se procedió a medir el diámetro de la parte media de la radícula.

e) Peso fresco del vástago y radícula (g).- Terminada la evaluación se colocaron en una placa Petri, todas las plántulas de lechuga de acuerdo al tratamiento y se pesaron en una balanza analítica, realizando el mismo procedimiento con todas las muestras.

f) Peso seco del vástago y radícula (g).- Obtenido el peso de la materia fresca, se procedió a colocarlas en una estufa a 70 °C por 72 horas, transcurrido el tiempo se volvió a pesar y el mismo procedimiento se realizó con todos los tratamientos.

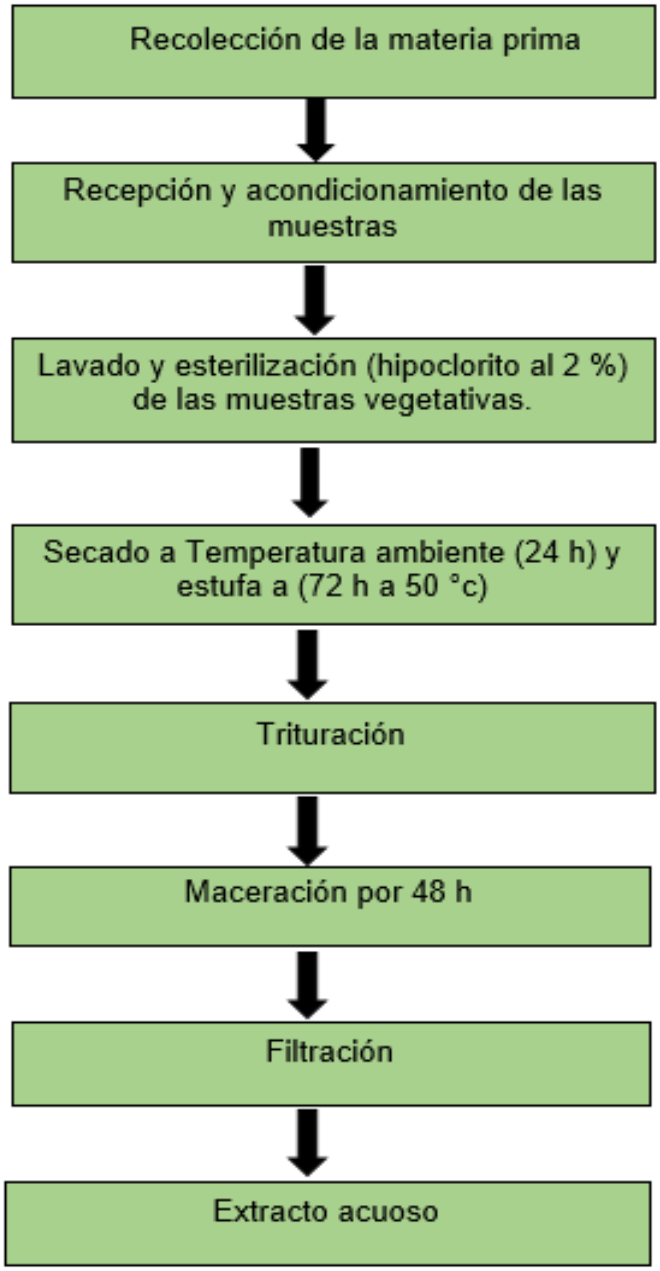


Figura 1. Diagrama de flujo para obtener el extracto acuoso.

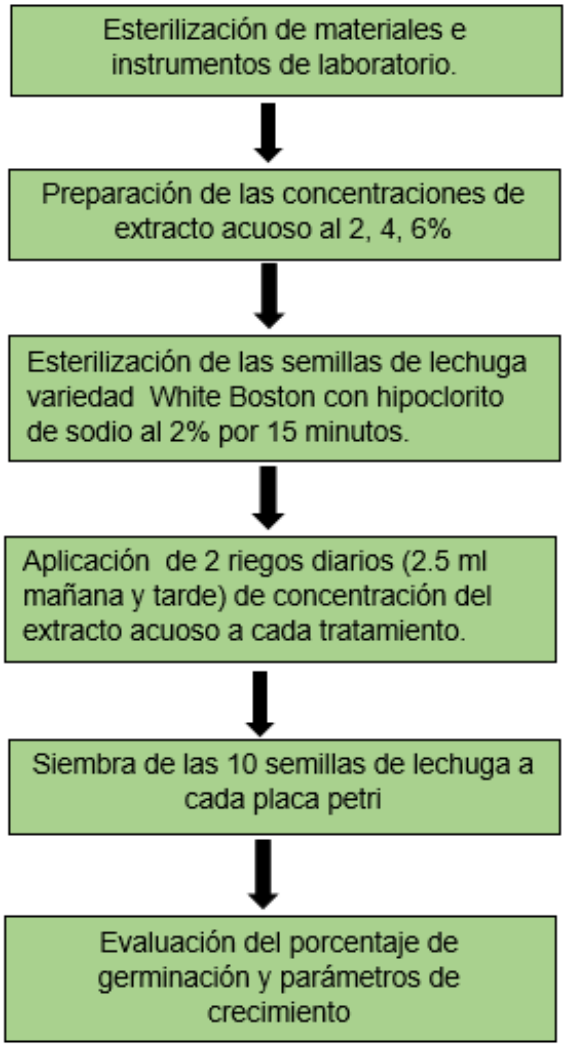


Figura 2. Diagrama de flujo para la actividad alelopática.

C) FASE DE GABINETE

La fase de gabinete se realizó de la siguiente manera:

Se procedió a elaborar la base de datos clasificándolos por las variables y tratamientos, luego los datos se sometieron a un análisis de varianza en el programa estadístico Sisvar, seguidamente los resultados obtenidos se analizaron, graficaron e interpretaron en el programa Microsoft Excel y AutoCAD; finalmente se realizó la redacción del trabajo de investigación de acuerdo al reglamento de grados y títulos establecidos.

3.2. Variables

Las variables independientes (V.I) y dependientes (V.D) se operacionalizaron como se indica en el cuadro 1:

Cuadro 1. Operacionalización de las variables.

	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
V.I	Concentración de extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao pecho blanco).	Son soluciones de consistencia líquida, semisólida o sólida obtenidos a partir de las partes vegetativas de las plantas en estado fresco o seco (SENA 2012).	2 4 6	% % %	Vasos precipitados Pipeta milimetrada Botellas de vidrio oscuro.
V.D	Germinación	Es el conjunto de fenómenos por los cuales el embrión, que se halla en estado de vida latente dentro de la semilla, reanuda su crecimiento y se desarrolla para formar una plántula (Courtis 2013).	Germinación	%	Papel de filtro Placas petri
	Parámetros de crecimiento	Aumento irreversible y permanente del volumen de una célula, tejido, órgano o individuo, generalmente acompañado de un aumento de masa (Lallana 2004).	Altura de plántula Longitud radicular Diámetro del tallo Diámetro de la radícula Peso fresco y seco de las plántulas	cm cm mm mm ºC	Regla Papel milimetrado Vernier digital Balanza gramera Estufa

3.3. Selección de la muestra

Se realizó por balotas, evaluándose 12 tratamientos con 4 repeticiones. Para asignar los tratamientos de las unidades experimentales, se utilizó 48 papeles idénticos numerados del 1 al 48, y se colocó en una urna, para posteriormente sacar al azar uno a uno, anotando el orden en el cual eran seleccionadas hasta completar la muestra.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES
T1	a1b1r1,a1b1r2, a1b1r3, a1b1r4
T2	a1b2r1,a1b2r2, a1b2r3, a1b2r4
T3	a1b3r1,a1b3r2, a1b3r3, a1b3r4
T4	a1b4r1,a1b4r2, a1b4r3, a1b4r4
T5	a2b1r1,a2b1r2, a2b1r3, a2b1r4
T6	a2b2r1,a2b2r2, a2b2r3, a2b2r4
T7	a2b3r1,a2b3r2, a2b3r3, a2b3r4
T8	a2b4r1,a1b4r2, a1b4r3, a1b4r4
T9	a3b1r1,a3b1r2, a3b1r3, a3b1r4
T10	a3b2r1,a3b2r2, a3b2r3, a3b2r4
T11	a3b3r1,a3b3r2, a3b3r3, a3b3r4
T12	a3b4r1,a3b4r2, a3b4r3, a3b4r4

3.4. Tratamiento estadístico

Para la tabulación de los datos se utilizó el programa Microsoft Excel 2013. Posteriormente los datos fueron sometidos al análisis de variancia, donde las medias de los tratamientos cuantitativos fueron comparadas por la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el Programa para Sistemas de Análisis de Varianza – Sisvar.

3.5. Diseño estadístico

La investigación se realizó usando un Diseño Completo al Azar (DCA), con arreglo factorial 3Ax4B, siendo el factor A, compuesto por 3 partes u órganos (hoja, tallo, raíz) y el factor B compuesto por 4 concentraciones (0, 2, 4, 6), haciendo 12 tratamientos con 4 repeticiones y 10 semillas por unidad experimental.

3.6. Tratamiento

En el cuadro 2, se muestran los factores de estudio con sus respetivos niveles y combinaciones entre los niveles de los factores.

Cuadro 2. Factores y niveles en estudio

FACTORES	NIVELES	TRATAMIENTO	CLAVE	REPETICIONES	CANTIDADES	DESCRIPCION
a= Parte u órgano del bijao.	a1= Hoja	T1	a1b1	r1,r2,r3,r4	0	Concentración al 0 %
	a2= Tallo	T2	a1b2	r1,r2,r3,r4	2	Extracto acuoso de hoja de bijao al 2 %
	a3= Raíz	T3	a1b3	r1,r2,r3,r4	4	Extracto acuoso de hoja de bijao al 4 %
		T4	a1b4	r1,r2,r3,r4	6	Extracto acuoso de hoja de bijao al 6 %
		T5	a2b1	r1,r2,r3,r4	0	Concentración al 0 %
b= Concentraciones del extracto acuoso.	b1= 0 %	T6	a2b2	r1,r2,r3,r4	2	Extracto acuoso de tallo de bijao al 2 %
	b2= 2 %	T7	a2b3	r1,r2,r3,r4	4	Extracto acuoso de tallo de bijao al 4 %
	b3= 4 %	T8	a2b4	r1,r2,r3,r4	6	Extracto acuoso de tallo de bijao al 6 %
	b4= 6 %	T9	a3b1	r1,r2,r3,r4	0	Concentración al 0 %
		T10	a3b2	r1,r2,r3,r4	2	Extracto acuoso de raíz de bijao al 2 %
		T11	a3b3	r1,r2,r3,r4	4	Extracto acuoso de raíz de bijao al 4 %
		T12	a3b4	r1,r2,r3,r4	6	Extracto acuoso de raíz de bijao al 6 %

En la Figura 3, se muestra la distribución al azar de los 12 tratamientos y 4 repeticiones.

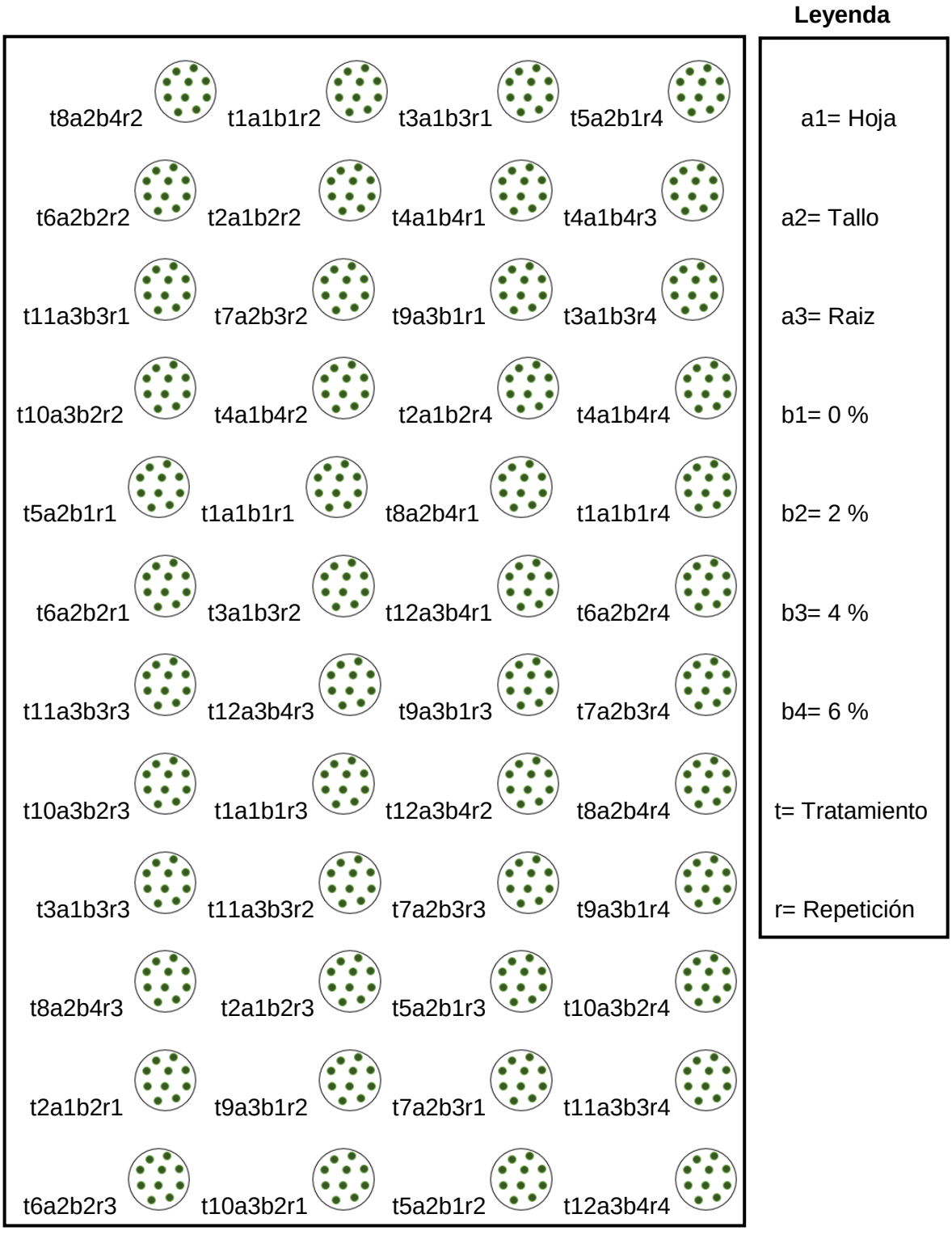


Figura 3. Croquis de ubicación de los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Porcentaje de germinación de las semillas de lechuga.

En la Figura 4, se observa que entre las concentraciones del extracto acuoso de la hoja, tallo y raíz de *Calathea lutea* existen diferencias significativas en el porcentaje de germinación de las semillas de lechuga, en comparación con el testigo. En ese sentido, se observa que de 40 semillas sembradas en el tratamiento 4, el porcentaje de germinación con el extracto acuoso de la hoja de bijao al 6 por ciento de concentración, fue de solo 7.5 por ciento (3 semillas germinadas).Mientras que con los extractos acuosos de tallo y raíz en todas las concentraciones las semillas germinaron entre 92.5 a 100 porciento, indicando que no son efectivas estas concentraciones en comparación con el de la hoja. Según los resultados se puede afirmar que aplicando las diferentes concentraciones del extracto acuoso de hoja, se provoca disminución sobre el porcentaje de germinación de las semillas de lechuga.

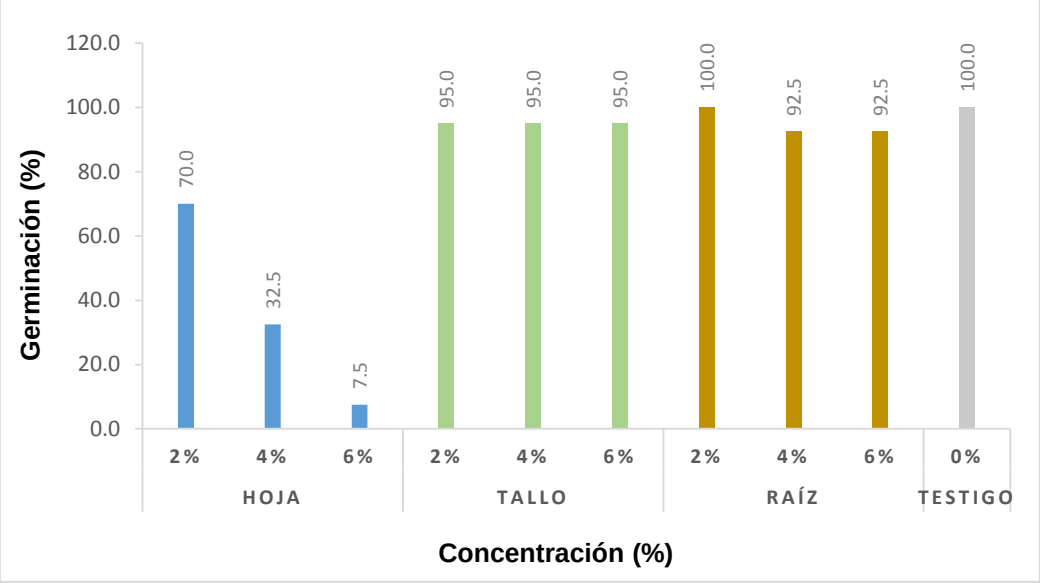


Figura 4. Porcentaje de germinación de semillas de lechuga, por efecto de la concentración del extracto acuoso y por tipo de órgano de *C. lutea*.

Resultados similares fue encontrado por Ramírez (2014), que empleando el extracto acuoso de hojas de avena (A*vena sativa*), a una concentración del 50 por ciento observó el efecto de la planta, inhibiendo el porcentaje de germinación de las semillas de hierba del gallinazo (*Chenopodium murale*) y yuyo (*Amaranthus spinosus*) en un 48 por ciento.

Así mismo, Laynez y Méndez (2013), demostraron que utilizando el extracto acuoso de las hojas del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) causaron mayor efecto inhibidor en la germinación de semillas de *L. sativa,* utilizando concentraciones de 1, 1.5 y 2 por ciento. Además los autores mencionan que el efecto probablemente ocurrió porque la hoja del botón de oro, contiene un alto potencial alelopático.

Por su parte, el estudio realizado por Rimando *et al.* (2001), encontraron que el ácido p-cumárico, un conocido compuesto aleloquímico, inhibió la germinación de las semillas de lechuga a una concentración de 1mM. De otro lado, Souza *et al.* (2009), reportan que los monoterpenos son componentes mayoritarios de los aceites esenciales de un gran número de especies y han sido relacionados como aleloquímicos eficaces con efecto tóxico sobre la germinación de semillas.

Así también Rodríguez *et al.* (2014), señalan que aplicando el extracto acuoso de hojas de girasol (*Heliantus annus*), a una concentración de 50 y 100 por ciento produce inhibición causando efectos negativos y agresivos en las semillas de hierba del gallinazo (C*henopodium murale)* y rabo de zorro *(Setaria ungulata*).

Resultados similares fue obtenido por Rodríguez (2016), que utilizando el extracto acuoso de hojas y tallos de copaiba (*Copaifera pubiflora)* a una concentración de 7 por ciento, causó inhibición del 87 por ciento sobre la germinación de la planta sensitiva (*mimosa púdica)* provocando efectos perjudiciales en la altura de las plántulas.

Se ha señalado algunos compuestos en la hoja de *Calathea lutea* (bijao) con propiedades alelopáticas, así lo demuestran Aguirre *et al.* (2014), comprobando que el poder alelopático se debe a la presencia de aleloquímicos como (saponinas, flavonoides, cumarinas, alcaloides y compuestos fenólicos: taninos catéquicos), resultados que fueron determinados mediante un análisis fotoquímico de las hojas. Estos compuestos químicos naturales según los autores son capaces de inhibir la germinación de las semillas causando efectos adversos en el desarrollo de una planta.

En la presente investigación, los metabolitos (taninos, saponinas y flavonoides) existentes en el extracto acuoso de la hoja del bijao al 4 y 6 por ciento de concentración, no solo redujeron la germinación de las semillas sino que también causaron modificaciones en su aspecto morfológico, como fragilidad de los tallos, raíces cortas, atrofiadas y ennegrecimiento de los tejidos, dificultando el crecimiento normal de las plántulas de lechuga.

4.2. Efecto alelopático del extracto acuoso de la hoja, tallo y raíz de bijao, sobre los parámetros de crecimiento de *L. sativa.*

a) Altura de plántula o vástago de *Lactuca sativa.*

En la figura 5, se muestra que las diferentes concentraciones de extracto acuoso de *Calathea lutea* provocaron un menor desarrollo en la altura de las plántulas de lechuga. Con el extracto acuoso de la hoja al 6 por ciento de concentración, las plántulas obtuvieron un crecimiento mínimo de 2.48 cm, además había fragilidad en los tallos. Mientras, que el extracto acuoso del tallo y la raíz en las diferentes concentraciones provoco un crecimiento promedio de 3.55 cm y 3.93 cm, asimismo el testigo obtuvo un mejor crecimiento de 4,11 cm, y las plántulas presentaban mayor vigor y buen desarrollo.

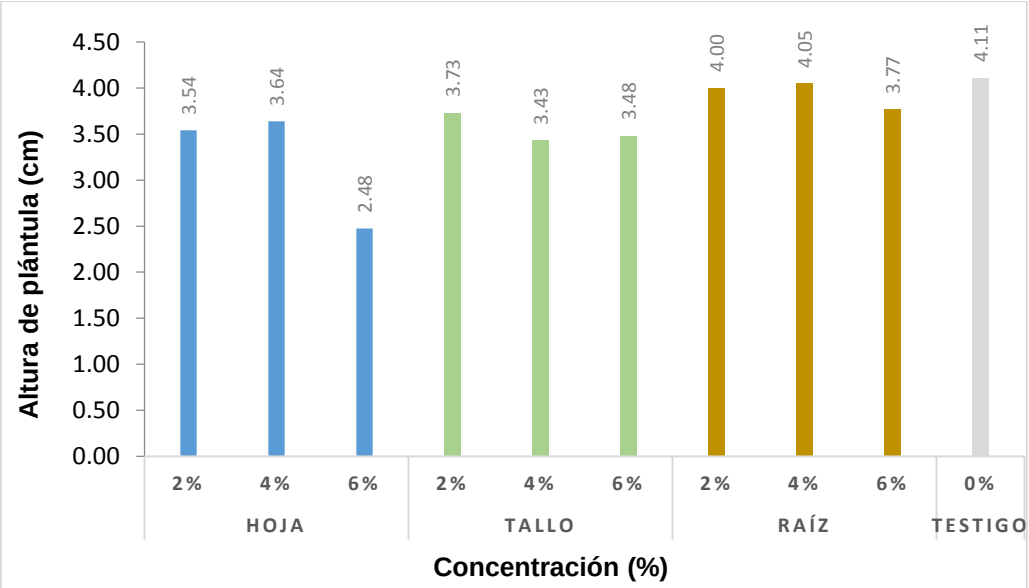


Figura 5. Altura de crecimiento de las plántulas de lechuga, por efecto de la concentración y el tipo de órgano de *C. lutea*.

Resultados similares fueron encontrados por Laynez y Méndez (2013), quienes determinaron que utilizando el extracto acuoso de las hojas del botón de oro a una concentración de 2 por ciento, causaron debilidad en los tallos ocasionado la pérdida de su porte erecto, seguido de un oscurecimiento de los tejidos y finalmente la muerte de las plántulas. Así mismo los autores señalan la existencia de metabolitos existentes en los extractos del botón de oro.

Así mismo Blanco *et al.* (2007), determinaron que aplicando el extracto acuoso de hojas de girasol (*Heliantus annus*) a una concentración del 15 por ciento, causó un efecto negativo originando susceptibilidad en la longitud del tallo del frijol. Estos resultados concuerdan con lo obtenido en

la presente investigación, donde utilizando 6 por ciento de concentración del extracto acuoso de la hoja del bijao, se observaron efectos negativos (debilidad, deformidad y necrosis) en el crecimiento de la altura de las plántulas de lechuga.

Así mismo Martínez *et al.* (2016), indican que usando el extracto acuoso de tallo y hoja de crotalaria (*Crotalaria júncea*) y canavalia (*Canavalia ensiformes*), en concentraciones de 3.3 por ciento inhibieron el 58 y 64 por ciento del crecimiento del hipocótilo de las plántulas de lechuga.

De otro lado Cruz (2012), señaló que aplicando el extracto acuoso de la hoja de camote (*Ipomoea batatas)* inhibió un 44,4 por ciento el crecimiento longitudinal de la plántula y la radícula de frijol comparado con las plantas control, observándose mayor inhibición de la altura con el incremento de la concentración.

En relación al poder alelopático del tallo de *Calathea lutea* no fueron encontrados estudios en literatura, sin embargo en este trabajo dio efectos negativos alelopáticos, sobre la altura de la plántula, debido a que presentaba sustancias serosas (taninos, saponinas y flavonoides) en bajas cantidades adheridas al tallo.

b) Longitud radicular

En la Figura 6, se observa que con la concentración de 6 por ciento del extracto acuoso de la hoja y tallo, causó mayor reducción de la longitud radicular obteniéndose longitudes radiculares menores de 1,22 y 2,59 cm respectivamente, y además causando raíces malformadas y cortas, mientras que el tratamiento testigo con 0% de concentración, la longitud radicular fue mayor con 7,35 cm (anexo 12 y 13).

Del mismo modo, se observa que el extracto acuoso de la raíz, tuvo efectos parecidos sobre la longitud radicular, sin embargo el efecto no fue tan perjudicial como los extractos de la hoja y tallo.

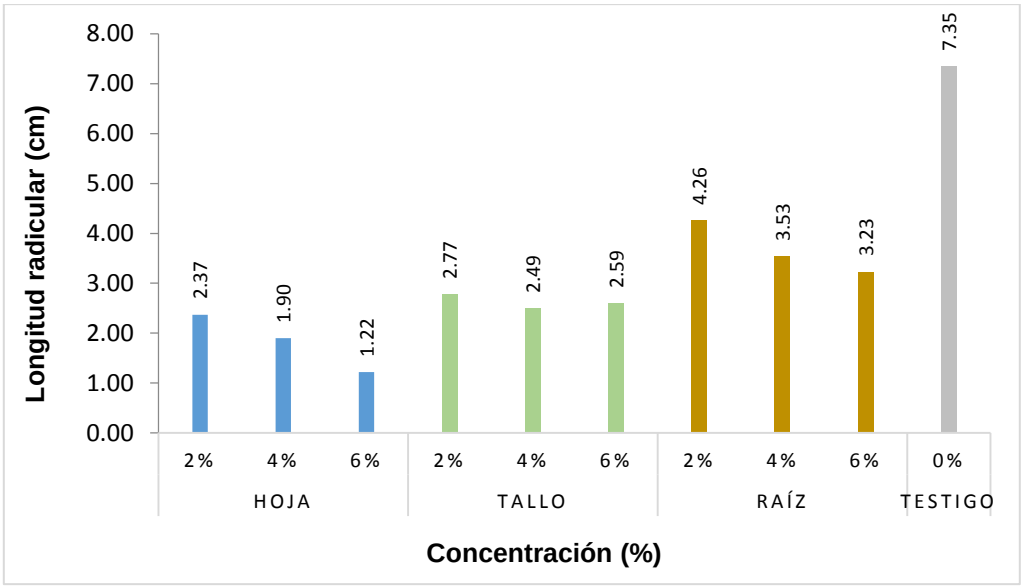


Figura 6. Longitud radicular de la lechuga, por efecto de la concentración del extracto acuoso y por tipo de órgano de *C. lutea*.

Resultados similares fue obtenido por Cruz (2012), que aplicando el extracto acuoso de hoja y tallo de camote (*Ipomoea batatas)*, a concentraciones mayores se inhibió el crecimiento longitudinal de la radícula del frijol hasta un 44,4 por ciento, así mismo el autor menciona que concentraciones menores estimularon el crecimiento de la radícula de las plántulas de frijol. Al respecto, con el presente trabajo de investigación coincide con el autor, pues utilizando el extracto acuoso de hoja y tallo del bijao a concentraciones altas se observa, inhibición del crecimiento radicular de las plántulas de lechuga, así también utilizando el extracto acuoso de raíz a una concentración menor causa un efecto negativo pero no tan perjudicial.

Del mismo modo investigaciones realizados por Gatti *et al*. (2004), mencionan que utilizando el extracto acuoso de tallo y raíz de *Aristolochia esperanzae* (flor cálico), en concentraciones de 50 y 100 por ciento causaron daño en el sistema radicular de las plántulas de lechuga, mostrando raíces primarias atrofiadas, defectuosas, a veces ausentes, raíces cortas y desproporcionadas en relación a otras estructuras de la planta.

Asimismo Della *et al.* (2009), determinaron que aplicando el extracto acuoso de las hojas adultas de cerraja (*Sonchus oleraceus*), en concentraciones de 20 y 50 por ciento observaron la disminución de la elongación radicular de achicoria (*Cichorium intybus*) y cebolla de verdeo (*Allium schoenoprasun*).

Investigaciones realizadas por Islam y Noguchi (2013), señalan que la mayor inhibición de la raíz en comparación con las partes aéreas puede deberse a que en el desarrollo inicial, el coleóptilo y el hipocótilo dependen mayormente de la expansión de células que son relativamente insensibles a los alelos químicos. Por el contrario el proceso de rizogénesis está asociada a la división celular que es sensible a los alelos químicos ejerciendo mayor inhibición del crecimiento de la radícula. De igual manera, las raíces ejercen mayor contacto con los alelos químicos debido a que es primer órgano en absorber sustancias del medio ambiente.

c) Diámetro del tallo de las plántulas de lechuga (mm).

La figura 7, muestra que el promedio del diámetro del vástago, fue mayor en el testigo con 0.57 mm, sin embargo con la concentración de 6 por ciento de la hoja y tallo, el diámetro promedio del vástago fue similar en los casos con 0.36 mm. Así también se obtuvo un mayor efecto inhibidor en el crecimiento del diámetro del vástago (0.34 mm), utilizando una concentración de extracto acuoso del tallo al 4 por ciento.

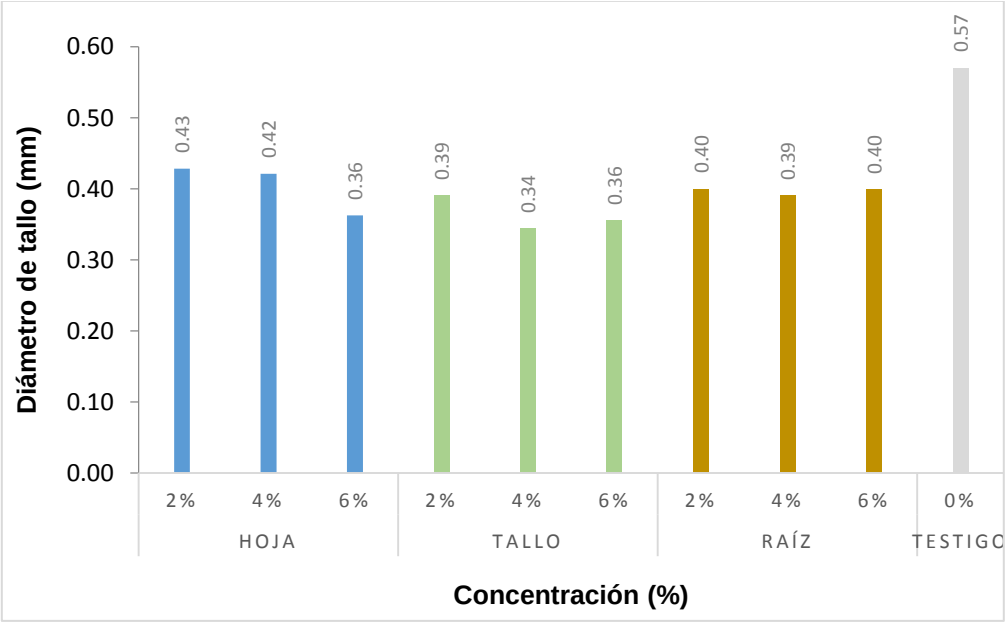


Figura 7. Diámetro del tallo de la lechuga, por efecto de la concentración del extracto acuoso y por tipo de órgano de *C. lutea*.

Ramírez (2014), menciona que las características morfológicas de las plántulas de yuyo (*A. spinosus*), es debido al efecto alopático del extracto acuoso de avena (*Avena sativa*), se aprecia una deficiencia en la raíz, mostrando una ligera necrosis en los ápices radiculares y una disminución en el grosor del hipocótilo, aplicando una concentración del 50 por ciento.

Asimismo Periotto *et al.* (2004), observaron que el extracto acuoso de hoja y tallo de (*Andira humilis*), redujeron el desarrollo del diámetro de las plántulas de lechuga, aplicando concentraciones de 4, 8, 12 y 16 por ciento. Además señalan que las plántulas afectadas presentaron hipocótilos de tamaño reducido y una coloración ennegrecida. Resultados parecidos fueron obtenidos en la presente investigación, aplicando concentraciones de 2, 4 y 6 por ciento en donde se observó la disminución del desarrollo normal del diámetro del vástago de las plántulas de lechuga.

Así también Borghetti *et al.* (2005), mostraron que aplicando el extracto acuoso de la hoja de (*Qualea parviflora),* a concentraciones de 0,5 por ciento a más, redujeron el 60 por ciento del crecimiento del diámetro de vástago de las plantas de ajonjolí. Ferguson y Rathinasabapath (2009), añaden que la elección de las variables del crecimiento de plántulas jóvenes, se debió al hecho de que los sitios conocidos de acción para algunos aleloquímicos han sido reportados para incluir la división celular, germinación del polen, la absorción de nutrientes, la fotosíntesis y la función enzimática específica, con efectos comúnmente citados de reducción de la germinación de semillas y el crecimiento de las plántulas.

d) Diámetro radicular

Se presentaron diferencias significativas en los extractos acuosos de hoja, tallo y raíz y en los porcentajes de concentración, el promedio del diámetro radicular fue estadísticamente significativo con respecto a la concentración 0 por ciento (testigo) (0.35 mm). A efecto del extracto acuoso de hoja y raíz se observó valores de diámetro radicular muy similares, estos a su vez diferentes del extracto acuoso de tallo y el testigo. Se observó mayor efecto inhibidor del crecimiento en diámetro radicular de las plántulas de lechuga, usando el extracto acuoso de tallo al 4 y 6 por ciento de concentración (0.09 y 0.10 mm).

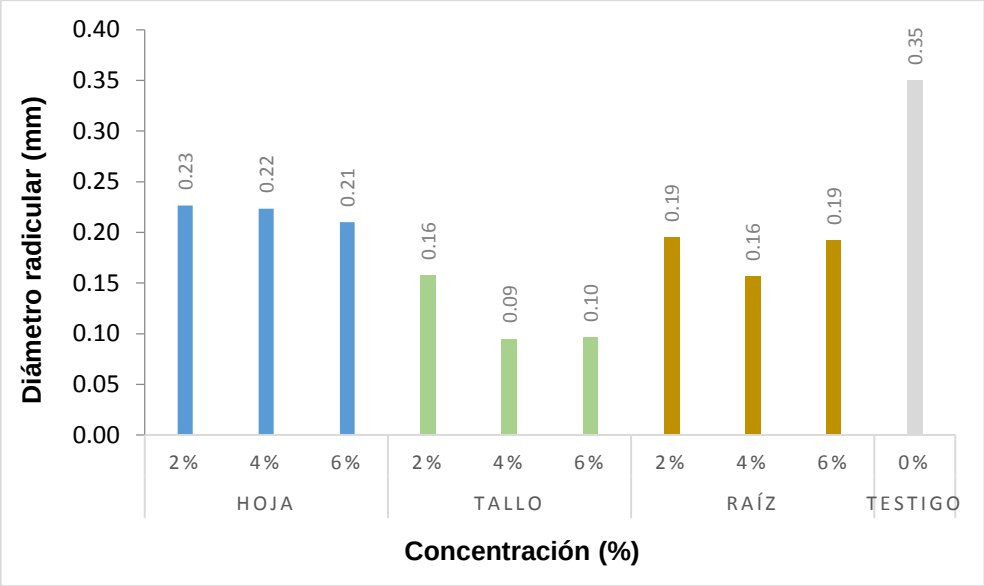


Figura 8. Diámetro radicular de lechuga, por acción de la concentración y tipo de órgano de *C. lutea*.

Ramírez (2014), demuestra que aplicando el extracto acuoso de avena a una concentración de 100 por ciento redujo un 0.22 mm el crecimiento de la longitud y el diámetro radicular de la hierba de gallinazo (*Chenopodium murale*). Mientras que Gonzales *et al.* (2015), aplicando 5 ml de concentración del extracto acuoso de raíz y hoja de girasol, redujeron un 45 por ciento de la germinación y el diámetro de las raíces del tomate, afectando el crecimiento y desarrollo normal de las plántulas, y Guzmán (2009), utilizando el extracto acuoso de las hojas de (*Baccharis dracunculifolia*) tanto in vitro como ex vitro, inhibió el 50 por ciento del crecimiento inicial y el diámetro del sistema radicular de la mostaza y col, aplicando una concentración del 30 por ciento y, Tucat *et al.* (2013), demostraron que el extracto acuoso de tallo (*Baccharis ulicina*) en concentraciones altas causaron una reducción promedio del 90 por ciento de la longitud y diámetro radicular de (*Avena sativa*).

Rodríguez (2016), aplicando una concentración de 7 por ciento del extracto acuoso del tallo de copaiba (*Copaifera pubiflora),* causó la inhibición de la germinación en un 87 por ciento, provocando efectos perjudiciales en el crecimiento radicular sobre *Mimosa púdica.*

Otusanya y Ilori (2012), realizaron una investigación sobre la composición fotoquímica de los extractos acuosos de *T. diversifolia* y su efecto fitotóxico sobre el crecimiento de *Sorghum bicolor* y encontraron la presencia de sustancias bioactivas como alcaloides, saponinas, glucósidos, flavonoides, taninos, terpenoides y fenoles los cuales fueron fitotóxicos para la germinación y

crecimiento, dando lugar a anormalidades en las plántulas pero principalmente en el sistema radicular. Al respecto Aguirre (2014), cita que el efecto inhibidor de las hojas y tallo de la planta del bijao pecho blanco, es porque posee una sustancia serosa adherida en el envés de las hojas y en pocas cantidades en el contorno del tallo. En ese sentido el autor también menciona que esta sustancia serosa posee gran concentración de compuestos químicos naturales (flavonoides, saponinas, tanino, cumarinas) capaces de inhibir la germinación de las semillas causando efectos adversos en el desarrollo de una planta.

e) Peso fresco y seco del tallo de las plántulas de lechuga.

En la figura 9, se observa diferencias significativas en los extractos acuosos de hoja, tallo y raíz y en los porcentajes de concentración, el peso fresco y seco fue estadísticamente significativo con respecto a la concentración 0 por ciento (testigo) (0. 1845 g). A efecto del extracto acuoso de tallo y raíz se observó valores de peso fresco y seco de los tallos muy similares, estos a su vez diferentes del extracto acuoso de hoja. Se observó mayor efecto inhibidor del peso fresco y seco, usando el extracto acuoso de hoja al 6 por ciento de concentración (0.0085 y 0.0012g), provocando que el tallo de las plántulas de lechuga tuviera menor desarrollo vegetativo a causa del efecto alelopático de este órgano.

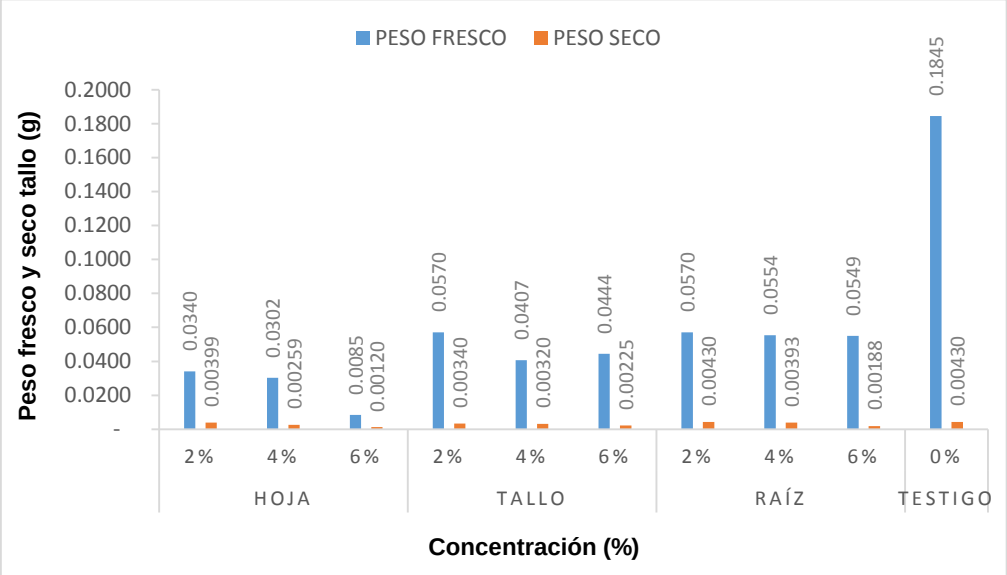


Figura 9. Peso fresco y seco del tallo obtenido en lechuga, por efecto de la concentración y tipo de órgano de *C. lutea*.

Mientras que Laynez y Méndez (2013), mencionan que empleando el extracto acuoso de hoja del botón de oro a concentraciones de 1; 1,5; y 2 por ciento, se observa la reducción del peso fresco

y seco del vástago de las plántulas de lechuga, y los mismos autores Laynez y Méndez (2006), afirman que suministrando el extracto acuoso de la hoja de cocorilo, el peso seco del vástago de las plántulas de ajonjolí disminuye a medida que se incrementa la concentración del extracto.

Vásquez y Torres (2006), señalan que un mayor crecimiento en longitud no siempre va acompañado de un aumento de la masa seca, sobre todo si las plantas no están creciendo en condiciones de luz normalmente intensa. Bajo estas condiciones las plantas del control pudieran no haber crecido consistentemente, o sea se alargaron en ausencia de suficiente luz intensa y como consecuencia sus tejidos contenían mucha agua. Mientras las plantas inhibidas por el efecto del extracto, dedicaron una menor cantidad de las sustancias producidas a crecer, que a reservar y como consecuencia lograron mayor masa seca, a expensas también de un menor gasto de sus reservas.

Calabrese y Baldwin (2003), destacan que la manifestación alelopática se hace más inhibitoria a concentraciones altas y parte del órgano, fenómeno ampliamente observado en respuesta a los aleloquímicos liberados por las plantas.

f) Peso fresco y seco de la radícula de las plántulas de lechuga.

En la figura 10, se observa que las diferentes concentraciones del extracto acuoso de los órganos de *Calathea lutea,* provocaron un efecto reductor, por la presencia de compuestos químicos naturales y en mayor cantidad en las hojas del bijao, donde a mayor concentración el peso fresco y seco de las raíces disminuyen. Los resultados muestran que, con el extracto acuoso de tallo y raíz en todas las concentraciones se observan valores similares en el peso fresco y seco de la radícula. Por el contrario, con la concentración 6 por ciento del extracto acuoso de hoja, se obtuvo un peso fresco de (0.0085g) y seco (0.00120g), provocando que la radícula de las plántulas de lechuga tuviera menor desarrollo vegetativo a causa del efecto alelopático de este órgano. A diferencia de la concentración 0 por ciento (testigo) que se obtuvo un peso fresco de 0.1845g.

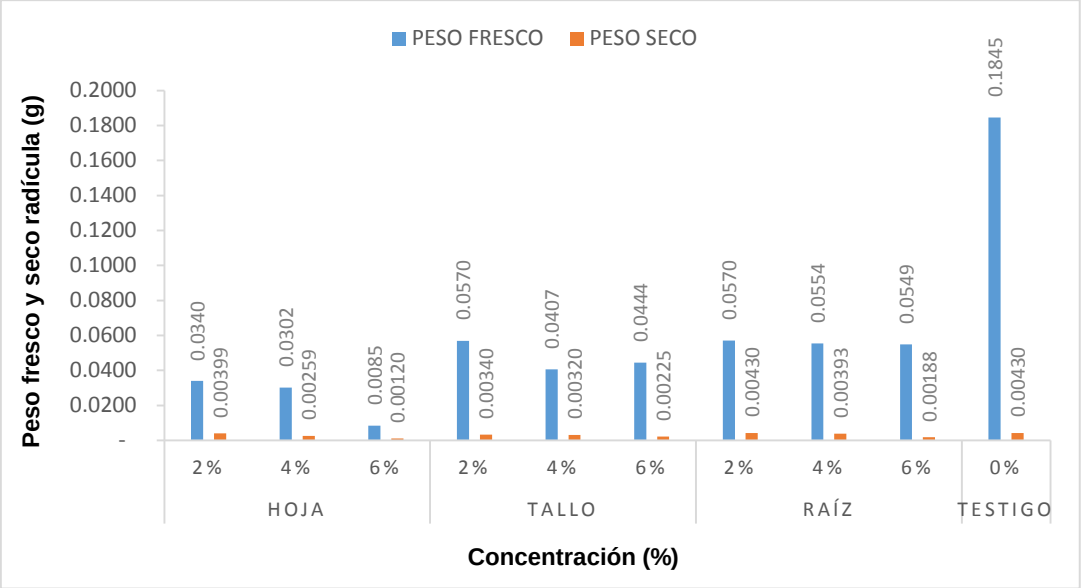


Figura 10. Peso fresco y seco de la radícula de lechuga, por efecto de la concentración y órgano de *C. lutea*.

Así lo demuestra Ramírez (2014), en donde aplicando el extracto acuoso de la hoja de avena, el peso fresco y seco de la hierba del gallinazo y yuyo, presentaron una disminución a medida que se aumentaba la concentración, obteniendo un peso seco muy bajo en las dos especies estudiadas, lo cual significaría que el extracto acuoso de avena afectó la raíz causando necrosis en sus ápices, reduciendo la absorción de agua y nutrientes, ocasionado la disminución de la masa en las plántulas afectando de esta manera su crecimiento y desarrollo, y Laynez y Méndez (2013), dice que el extracto acuoso de la hoja del botón de oro, afecto el peso seco de la radícula de las plántulas de lechuga al incrementar la concentración.

Investigaciones realizadas por Vera (1995), determinan que el peso seco (biomasa) o el peso verde del brinzal, tiene gran correlación en la sobrevivencia de las plantas en campo, con la misma consistencia que el diámetro del tallo y de la raíz.

Rodríguez (2008), menciona que la producción de la biomasa es importante, debido a que refleja el desarrollo de la planta, una relación igual a uno, significa que la biomasa aérea es igual a la subterránea. Así mismo Thompson (1985) y Sáenz *et al*. (2010), coinciden que una buena relación entre la altura de la planta y longitud radicular deben fluctuar entre 1.5 a 2.5, para proveer de energía a la planta asegurando la supervivencia.

4.3. Parte u órgano de la planta de *Calathea lutea* (bijao), que presenta mayor concentración de inhibición sobre la germinación y los parámetros de crecimiento de plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

Germinación

En la figura 11, se observa que el extracto acuoso de la hoja de *Calathea lutea* a una concentración de 4 por ciento, el porcentaje de germinación se ve afectada en un 32,5 por ciento (13 semillas) y al 6 por ciento de concentración la germinación de las semillas se reduce en 7,5 por ciento (3 semillas). Indicando que el responsable del efecto inhibitorio de la germinación de las semillas de lechuga es por la presencia de taninos, compuesto químico natural que contiene la hoja del bijao (Aguirre, 2014).

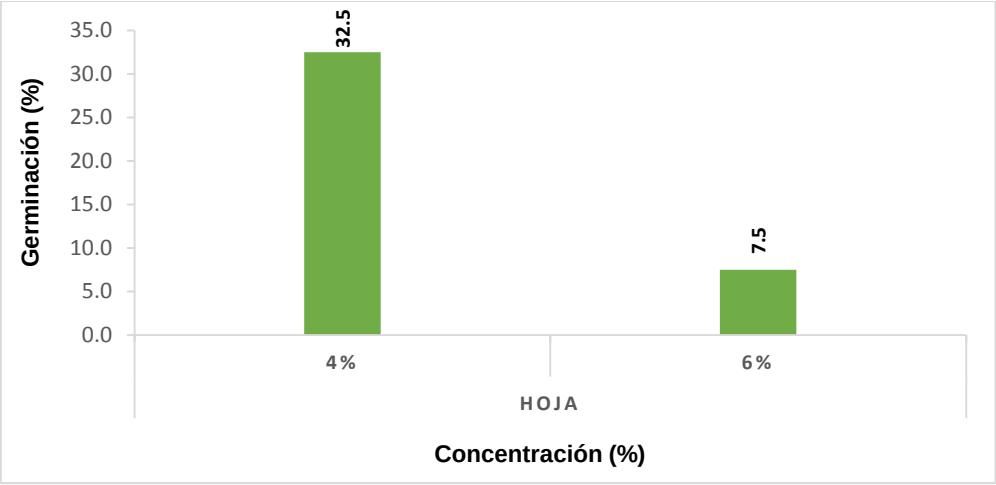


Figura 11. Parte u órgano de la planta de *Calathea lutea* (bijao), que presenta mayor concentración de inhibición.

Resultados encontrados por Raga (2013), aplicando el extracto acuoso de hojas de *S. chamaecyparissus* tuvieron efectos inhibitorios sobre la germinación de *A. hybridus* en un 98.9 por ciento, *C. canadensis* un 69.2 por ciento y *P. oleracea* un 62.8% en las concentraciones más altas de 50 y 100 por ciento.

Otusanya y Ilori (2012), realizaron una investigación sobre la composición fitoquímica de los extractos acuosos en metanol y agua de *T. diversifolia* y su efecto fitotóxico sobre el crecimiento de *Sorghum bicolor*, encontraron que los análisis fitoquímicos indicaron la presencia de sustancias bioactivas tales como alcaloides, saponinas, glucósidos, flavonoides, taninos, terpenoides y fenoles en el extracto metanólico y acuoso.

Rimando *et al.* (2001), encontraron que el ácido p-cumárico, un conocido compuesto aleloquímico, inhibe la germinación de plántulas de lechuga a una concentración de 1 mm. Maia *et al*. (2011), indicaron acción alelopática del genero *Mentha* sobre las plántulas de lechuga, relacionando a los monoterpenos como los responsables de dicha actividad. Periotto *et al.* (2004), señalaron a los taninos como las sustancias presentes en las hojas de *Andira humilis,* responsables de los efectos inhibitorios en la germinación y crecimiento de las plántulas de lechuga.

Parámetros de crecimiento

En el cuadro 3, se muestra el efecto de las partes u órganos de la planta de bijao, con respecto a los parámetros de crecimiento, donde el extracto acuoso de hoja al 6 por ciento de concentración inhibió el crecimiento normal en la altura de plántula, longitud radicular y diámetro de tallo de las plántulas de lechuga; así también con el extracto acuoso de tallo se inhibió el desarrollo del diámetro de tallo y diámetro radicular. Demostrando un efecto alelopático en la planta de bijao.

Cuadro 03. Promedio de Inhibición según parte de la planta y concentración del extracto.

Parámetros de crecimiento	Órgano de la planta	Concentración	Promedio de Inhibición (cm)
Altura de plántula	Extracto acuoso de hoja	6 por ciento	2,48
Longitud radicular			1,22
Diámetro de tallo			0,36
Diámetro de tallo	Extracto acuoso de tallo	4 por ciento	0.34
Diámetro radicular			0.09

Así también lo demuestra Jova (2006), aplicando extractos acuosos de hojas de orozuz (*Phyla strigulosa*) la inhibición del crecimiento radicular fue de un 74 %, infiriendo que como en la raíz se produce mayor cantidad de oxidasas, el efecto inhibitorio pueda estar estrechamente relacionado con esta enzima.

V. CONCLUSIONES

- El extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), tiene efecto alelopático negativo sobre la germinación de *Lactuca sativa* (lechuga).

- El extracto acuoso de *Calathea lutea* (bijao), tiene efecto alelopático negativo sobre los parámetros de crecimiento de las plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

- La hoja de *Calathea lutea* (bijao), tiene la mayor concentración de inhibición sobre la germinación y los parámetros de crecimiento de las plántulas de *Lactuca sativa* (lechuga).

VI. RECOMENDACIONES

- Profundizar la investigación a nivel de campo, considerando la incidencia de los factores ambientales, que pudieran afectar la actividad de los compuestos, ya que en el laboratorio no se observó este comportamiento.

- Completar la investigación con estudios en identificación de los compuestos químicos que presenta la hoja del bijao, la cual puede ser útil para un plan integrado de control biológico de malezas, de tal forma de evitar el uso de herbicidas.

- Realizar estudios de investigación en alelopatía de las especies endémicas de la Amazonia.

- Realizar más bioensayos en alelopatía, utilizando el género "*Calathea*" para determinar la presencia de agentes alelopáticos.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, 2015. Comunicación entre plantas: relaciones alelopáticas. 3p.

- Aguirre, R.; Tomas, G.; Huamán, J.; Galarreta, H.; Caccia, A. 2014. Separación, identificación y cuantificación de taninos de *Calathea lutea* “Bijao”. Rev. Perú. quim. V.13: 64-66 p.

- Baltazar, R. 2011. Estudio etnobotánico y de mercado de productos forestales no maderables extraídos del bosque y áreas afines en la ciudad de Pucallpa-Perú. Tesis Ingeniero forestal. Pucallpa, PE. Universidad Nacional de Ucayali. 67 p.

- Betancur. 2007. Familia de las marantáceas. Rev. Perú. Biol. 10: 12-14 p.

- 4 Congreso Mundial de Alelopatía. Borghetti, F.; De Carvalho, R.; Silva, L.; Pinheiro, D.; Varella, B.; Ferreira, G. 2005. Propiedades del extracto acuoso de la hoja de las especies del Cerrado en Brasil Central. BR.

- Blanco, Y. 2006. Utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. La Habana, CU. Cultivos tropicales 27(3): 5-16 p.

- Blanco, Y., Hernández, I.; Urra, I.; Leyva, Á. 2007. Potencial alelopático de diferentes concentraciones de extractos de girasol (*Helianthus annus,* l.), maíz (*Zea mays* l.), frijol (*Phaseolus vulgaris,* l.) y boniato (*Ipomoea batata*, l.) sobre el crecimiento y desarrollo inicial del frijol común (*Phaseolus vulgaris,* L.). La Habana, CU. Cultivos Tropicales 28 (3):5-9 p.

- Brechelt, A.; Fernandez, C. 1995. El Nim un árbol para la agricultura y el medio ambiente, Santo domingo, RD. 133p.

- Calabrese, E.; Baldwin, L. 2003. Hormesis: the dose-response revolution. Pharmacol Toxicol Journal (43): 175–197p.

- Calle, M. 2010. Control de la germinación in vitro de *Araujia sericifera* con aceites esenciales de *Laurus nobilis, Myrtus communis, Citrus sinensis y Citrus limón*. Máster en

producción vegetal y ecosistemas agroforestales. Valencia, ES, Universidad Politécnica de Valencia. 58 p.

- Cárdenas, C. 2014. Las plantas alelopáticas. Primera edición electrónica. Sangolqui, EC. Editorial Universidad de las Fuerzas Armadas. 20 p.

- Chiapusio, G.; Gallet, J.; Dobremez, J. 2010. Compuestos alelopáticos: ¿herbicidas del futuro?. Martin Martínez Moreno. 17 ed. Bogotá, CO. El manual moderno. 166 p.

- Cillónez, 2017. Alelopatía: Combinación entre plantas para evitar enfermedades. (en línea). Lima, PE. Disponible en https://www.agroforum.pe/members/bruno-cilloniz-1/

- Courtis, A. 2013. Germinación de semillas: In cátedra de fisiología vegetal. Corrientes, AR. Editorial Mc Graw Hil Interamericana. 22p.

- Criollo, H.; Lagos, T.; Narvaez, R. 2013. Efecto alelopático de especies forestales sobre el vigor germinativo de semillas y crecimiento inicial de tomate de árbol y lulú. Tesis agronomía. Universidad Nacional de Colombia. 69p.

- Cruz, J. 2012. Efectos de extractos acuosos y residuos de *Ipomoea batatas* clon CEMSA 78-354 sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Tesis master en Agricultura Sostenible, mención Sanidad Vegetal. Santa Clara, CU.

- Della, A.; Batro, A.; Estévez, P. 2009. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de cerraja sobre la germinación y elongación radicular de achicoria y cebolla de verdeo. Buenos aires, AR. Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias – UNR, Año IX - Nº 15: 039-046.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma). 2007. Recomendaciones para el manejo de malezas. Ed. Andreu Taberner Palou. Roma, IT. Rovira Roure. 61 p.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma). 2007a. Manejo de poblaciones de malezas resistentes a herbicidas. Roma, IT. 78 p.

- Ferguson, J.; Rathinasabapathi, B. 2009. Allelopathy: How plants suppress other plants. University of Florida IFAS Extension, HS 994.

- Frías, J. 2005. Procedimiento para preparar extractos acuosos de plantas y extractos obtenidos de este modo. ES. Rev. Bomsund. 10: 208-214.

- García, S. 2013. Actividad herbicida del aceite esencial de Thymus capitatus (L.) Hoffmanns. et Link. y efectividad en función de distintos métodos de aplicación. Tesis maestría. Universitat Politècnica de València. ES. 45p.

- Gatti, A.; Pérez, C.; Juliano, S.; Salgueiro, M. 2004. Actividad alelopática de extractos acuosos de *Aristolochia esperanzae* O. Kuntze en la germinación y el crecimiento de *Lactuca sativa* L. y *Raphanus sativus* L. Acta Bot. Bras. 18 (3): 459-472.

- Geron, R. 2007. Taninos. Boletín de Información Técnica. Barcelona. N°. 188.

- Gian, F.; Pastoriza, A.; Riscala, E. 1998. Efecto alelopático de un extracto clorofórmico de *Raphanus sativus* L. sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de achicoria. Maracaibo, VE. Rev. Luz. 15: 414-421.

- González, Y.; Pino, O.; Leyva, A.; Antoniolli, Z.; Arevalo, R.; Gomez, Y.; Pavon, M. 2015. Efecto de extractos acuosos de *Helianthus annuus*, sobre el crecimiento de *Solanum lycopersicum*. La Habana, CU. Cultivo tropical 36 (4): 16-20.

- Guzmán, S.; Bittencourt, H.; Vestena, S. 2009. Potencial alelopático de *Baccharis dracunculifolia* dc. (asteraceae). Janeiro, BR. Rev. Joacaba. 9(2): 53-66.

- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, Perú). 2013. IV censo nacional agropecuario. Lima, PE. 63 p.

- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria, Chile). 2009. seminario internacional: Diagnóstico y manejo de la resistencia a herbicidas. Temuco, CH. 130 p.

- ITACAB (Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropiadas para Sectores Marginales, Perú). 2011. Ficha técnica. Centro de Recursos para la Transferencia Tecnológica.

Convenio Andrés Bello. Instituto de Transferencia de Tecnologías Apropiadas para Sectores Marginales. Lima, PE.

- Islam, A.; Noguchi, H. 2013. Allelopathic potential of five Labiatae plant species on barnyard grass (Echinochloa crus-galli). Aust. J. Crop. Sci. 7(9): 1369-1374.

- Jova, D. 2006. Efecto alelopático inducido por diferentes fracciones procedentes del extracto acuoso de orozuz (*Phyla strigulosa*) sobre la germinación de maíz. Santa clara. CU. 34 p.

- Lallana, V. 2004. Fisiología Vegetal: In Unidad Temática 7. Oro verde, PA. 21 p.

- Laynez, J; Méndez, R. 2013. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de hojas de botón de oro [*tithonia diversifolia (hemsl.) a. gray*.] sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* l.). Rev. Scientia agropecuaria. V.4: 229-241. Trujillo, PE.

- Laynez, J; Méndez, R. 2006. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*cyperus rotundus l.)* sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*sesamum indicum l.*). VE. Rev. Idesia. 24 (2): 61-75.

- Maia, J.; Bonfim, F.; Barbosa, C.; Guilherme, D.; Honorio, I.; Martins, E. 2011. Influencia alelopática de hortela (*Mentha* x *villosa* Huds.), sobre la emergencia de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.). *Vicosa, BR.* Rev. Bras. Botucatu. 13 (3): 253-257.

- Martinez, J. 2009. Control de malezas en hortalizas. Responsable del proyecto de hortalizas. Facultad de Agronomía, UANL. 12 p.

- Massey, A. 1925. Antagonisms of the walnuts (*Juglans nigra, L. and Juglan cinera*, L) in certain plant associations. Phytopathology. vol. 5: 773-784.

- Martínez, E.; Valencia, E.; Cuevas, H. 2016. Efectos alelopáticos de extractos acuosos de las leguminosas Crotalaria (*Crotalaria júncea (L*.) Tropic Sun), Canavalia (*Canavalia ensiformis* (L.)] y Gandul (*Cajanus cajan*) en el desarrollo de los cultivos. Mayaguez. PR.100 (1):71-82.

- Mestas, R. 2014. Tipos de alelopatía. Puno, PE. 45 p.

- Molisch, H. 1937. Der Einfluss eine Pflanze auf die andere: Allelopathie. Gustav Fischer, Jena 106 p.

- Oliveros, A. 2008. El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. Mérida, VE. Revista Química Viva. V.1:1-33.

- Orbe, P.; Tuesta, G. 2013. Evaluación de la actividad antioxidante y alelopática de las hojas de P*iper tenuistylum* c.dc. y *Piper lagenaebaccum trel.* Tesis Farmacia y Bioquímica. Iquitos, PE. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 101 p.

- Osorio, G. 2006. Evaluación de Hongos Endofíticos y Extractos Botánicos para el Control de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis Morlet.)* en Banano.

- Otero, M.; Hidalgo L. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales.

- Otusanya, O.; Ilori, O. 2012. Phytochemical screening and the phytotoxic effects of aqueous extracts of Tithonia diversifolia (Hemsl) a. Gray. International Journal of Biology 4 (3): 97-101.

- Periotto, F.; Gualtieri, J.; Salgueiro, M. 2004. Efeito alelopático de *Andira humilis Mart.* ex Benth na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa* L. e *Raphanus sativus L*. Acta Bot. Bras. 18 (3): 425-430.

- Puente, M. 2007. Efecto de diversos extracto de plantas sobre los hongos fitopatógenos del suelo *Rhizoctonia solani* (Kiihn) y *Sclerotium rolfsii* (Sacc.). Tesis Doctor en Ciencias Agrícolas. UCLV. 66-84.

- Puerto, M. 2002. Efecto Alelopático del boniato (*Ipomea batata (L.) Lam*), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Trabajo de Diploma. UCLV. 60 p.

- Pupo, A. 2008. Actividad alelopática de las fracciones del extracto acuoso de (Ipomoea batatas (L). Lam.) sobre el crecimiento de algunos cultivos. Tesis ingeniero agrónomo. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Santa Clara. CU. 32-35.

- Putnam, A. 1985. Weed allelopathy. En: Duke, S. O. (ed.) Weed physiology. Vol I. Reproduction and Ecophysiology. CRC Press, Boca Raton, FL. p. 131-155.

- Quast, J. 2008. In flora *Calathea lutea* schult. Bogotá, CO. 2 p.

- Raga, F. 2013. Actividad fitotóxica in vitro de extractos acuosos de santolina chamaecyparissus. Tesis maestría. Universitat Politecnica Valencia. ES. 35p.

- Ramírez, C. 2014. Efecto alelopático del extracto acuoso de plántulas de *avena sativa* “avena” en la germinación y crecimiento de *chenopodium murale* “hierba del gallinazo” y *amaranthus spinosus* “yuyo”. Tesis Biólogo. Trujillo, PE. Universidad nacional de Trujillo. 8 p.

- Resendez, A. 1996. Actividad alelopática de compuestos aislados de dos comelinaceas: *rhoeo spathacea*, *stearn yzebrina*, *péndula schinzlein*. tesis magister. Universidad Autónoma de Nuevo León. ME. 57p.

- Rice, U. 1989. Allelopathy. 2 ed. Academic Press. Nueva York. 422p.

- Rimando, A.; Olofsdotter, M.; Dayan, F.; Duke, S. 2001. Searching for rice allelochemicals: an example of bioassay-guided isolation. Agron. J. 93: 16-20.

- Rizvi, S.; Haque, H.; Singh, V. 1992. A discipline called allelopathy. Londres. Rev. Chapman y Hall. 1-10.

- Rodríguez, H.1999. Actividad de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de *Fusarium oxysporum* f. sp., *Alternaria solani* y *Rhizoctonia solani*. Tesis Ingeniero. Bogotá, CO. Universidad Nacional de Colombia. 54p.

- Rodríguez, T. 2008. Modelos de crecimiento y producción de biomasa de los pinares de Andalucía. ES. Edita. Sociedad española de ciencias forestales. 16p.

- Rodríguez, H.; Mederos, D.; Hechevarría, I. 2002. Efectos alelopáticos de diferentes especies de plantas medicinales sobre la albahaca (*ocimun basilicum*) en condiciones de laboratorio. La Habana. CU. Rev Cubana Plant Med. 7(2): 67-72.

- Rodríguez, J.; Correa, L.; Alvarado, A.; Chaparro, J. 2016. Evaluación de la actividad alelopática de extractos crudos de *Copaifera pubiflora (Benth*), sobre la germinación de *Mimosa pudica* (Lineo). Fundación Universitaria Internacional del Trópico Americano, Yopal, Casanare, CO. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 40(157):621-628.

- Rodríguez, M.; Chico, J.; Chávez, O. 2014. Efecto alelopático del extracto acuoso de hojas de *Helianthus annuus* sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Setaria ungulata* y *Chenopodium murale.* Trujiilo, PE. REBIOL 34(1): 5-12.

- Sáenz, J.; Villaseñor, F.; Muñoz, H.; Rueda, A.; Prieto, J. 2010. Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacan. Folleto técnico número N°17. Campo experimental. Uruapan, ME.52 p.

- Sampietro, A. 2003. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Tucumán, AR. 14 p.

- Sampietro, D. 2001. Alelopatía: Conceptos, Características, Metodología de Estudio e Importancia. Tucumán, AR. 56 p.

- SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje, Colombia). 2012. Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de las plantas medicinales y aromáticas. Mundi-Prensa. Bogotá, CO. 85 p.

- Souza, F.; Vasconcelos, M.; Zoghbi, M.; Cunha, B. 2009. Efeitos potencialmente alelopáticos dos óleos essenciais de *Piper hispidinervium* C. DC. e *Pogostemon heyneanus Benth* sobre plantas daninhas. Acta Amazonica 39 (2): 389396.

- Suárez, L. 2007. Identificación, caracterización del hábitat, conservación y uso de plantas de la familia marantáceas en la jurisdicción de corantioquia. Antioquía, CO. 10 p.

- Suquilanda, 2018. El fenómeno alelopático. La alelopatía, el fenómeno biológico de éxito garantizado. 13 p.

- Thompson, B. 1985. Seedling morphological evaluation, what can you tell by looking in; evaluating seedling quality: principles, procedures and predictive abilities of major test. Forest research laboratory.Oregon State University. 59 p.

- Trujillo, A. 2008. Determinación de la actividad alelopática de extractos vegetales sobre *Lactuca sativa.* Tesis Tecnóloga en química**.** Universidad Tecnológica de Pereira, CO. 87 p.

- Tucat, G.; Fernandez, O.; Brevedan, R.; Mujica, M.; Giorgetti, H. 2013. Efecto fitotóxico de *Baccharis ulicina* sobre la germinación y crecimiento inicial de *Avena sativa*, *Lolium perenne y Raphanus sativus*. Bahía blanca. AR. Rev. FCA UNCUYO. 45(1): 63-77.

- Urbano, G. 2002. Fitotecnia, ingeniería de la producción vegetal. Madrid. Mundi- prensa. Vol. 10 (2): 460-462.

- Vásquez, E.; Torres, S. 2006. Fisiología Vegetal. La Habana, CU. 451 p.

- Vela, J.; Villacorta, D.; Clavo, M. 2015. Conservación del bosque inundable del caserío Abujao con el aprovechamiento sostenible de la hoja del bijao *Calathea lutea*. Pucallpa, PE. 41 p.

- Vera, C. 1995. The influence of antidesiccants on field performance and physiologya of ponderosa pine (*pinus ponderosa Dougl*.) seedlings. Ph.D, Thesis Oregon Staty University. 134 p.

- Zamorano, C. 2006. Alelopatía: Un nuevo reto en la ciencia de las arvenses en el trópico. Universidad de Caldas, CO. Agron. 14(1): 7-15.

VIII. ANEXOS

Análisis de variancia

Anexo 1. Análisis de varianza para el porcentaje de germinación (%G), altura de plántula (AP), longitud radicular (LR), diámetro de vástago (DV) y diámetro radicular (DR) por efecto de la parte u órgano de la planta y concentraciones del extracto acuoso de *Calathea lutea.*

FV	GL	Cuadro de Medias				
		G (%)	AP (cm)	LR (cm)	DV(mm)	DR(mm)
Órgano de la planta (O)	2	10208.33**	2.62*	7.72**	0.004^{NS}	0.03**
Concentración (C)	3	2911.11**	2.00*	65.86**	0.101**	0.10**
OxC	6	1919.44**	0.71^{NS}	1.07**	0.001^{NS}	0.004^{NS}
Residuo	36	55.56	0.36	0.13	0.006	0.003
CV (%)		9.13	15.87	9.31	17.35	24.41

**,*,^{NS} Significativo a 1%, 5 % y no significativo según la prueba de F

Anexo 2. Análisis de varianza para el peso fresco de vástago (PFV), peso seco de vástago (g), peso fresco radicular (PFR) y peso seco radicular (PSR) por efecto de la parte u órgano de la planta y concentraciones del extracto acuoso de *Calathea lutea.*

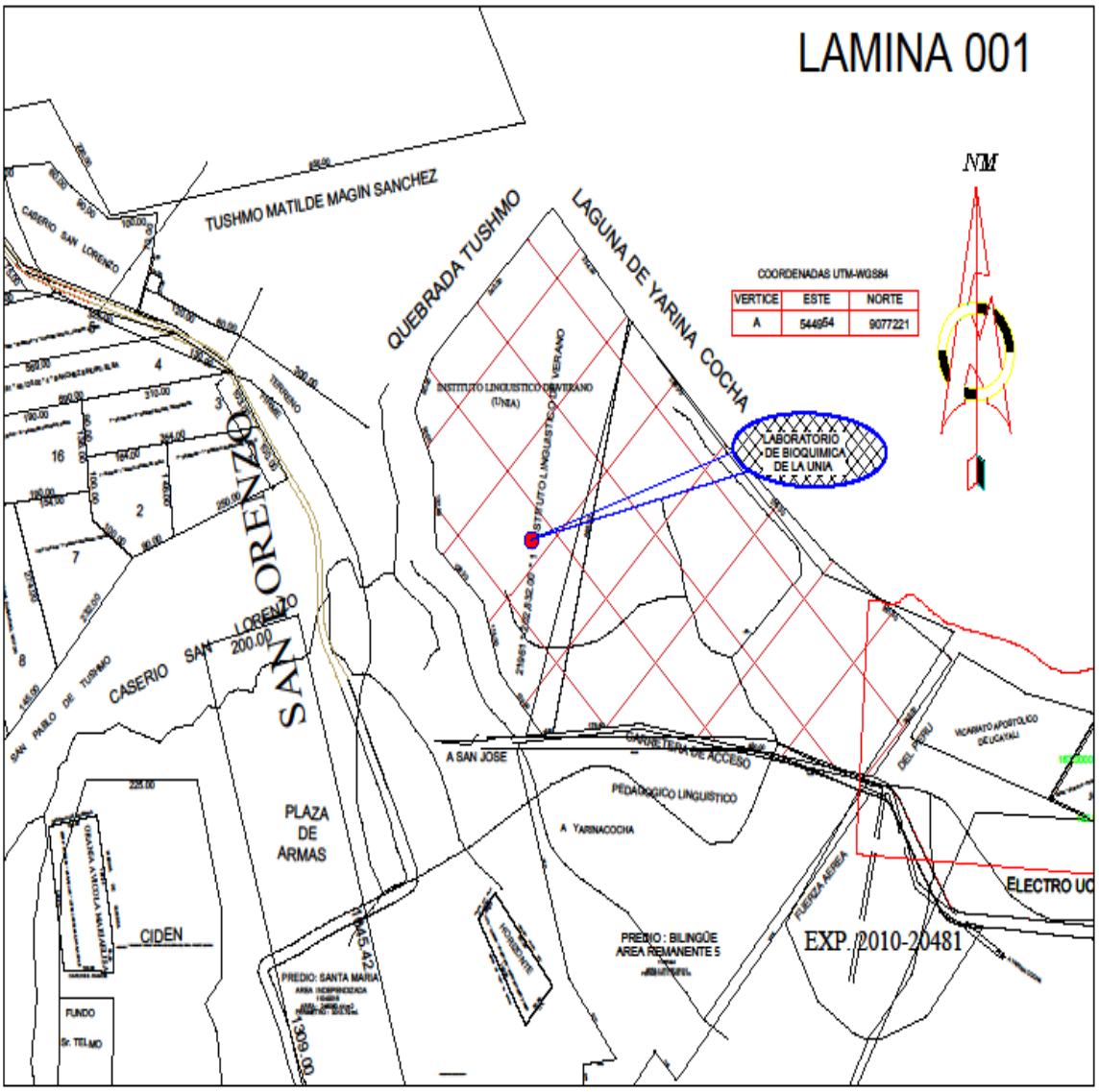
FV	GL	Cuadro de Medias			
		PFV (g)	PSV(g)	PFR (g)	PSR (g)
Órgano de la planta (O)	2	0.01**	0.000006**	0.006**	0.000013**
Concentración (C)	3	0.06**	0.000017**	0.003**	0.00001**
OxC	6	0.004**	0.000004**	0.002**	0.000004**
Residuo	36	0.000	1.14E-0007	0.000	5.87E-0008
CV (%)		8.98	10.84	9.53	12.05

**,*,^{NS} Significativo a 1%, 5 % y no significativo según la prueba F

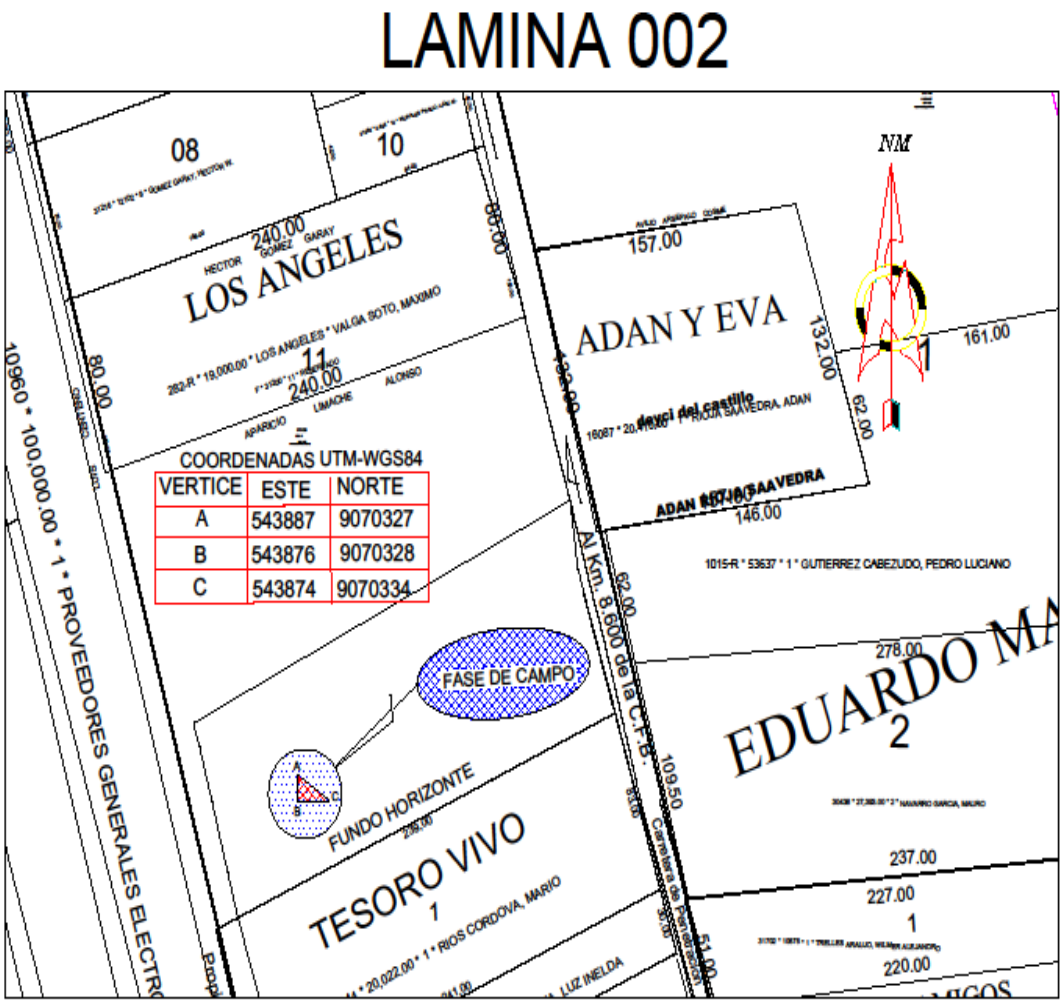
Anexo 3. Planta de *Calathea lutea* (bijao pecho blanco).



Anexo 4. Georeferenciación del lugar de recolección de las partes u órganos del bijao.



Anexo 5. Georeferenciación del lugar de recolección de las partes u órganos del bijao.



Anexo 6. Recolección de las partes u órganos del bijao.

Colecta de las muestras













Anexo 7. Preparación de los extractos acuosos de *Calathea lutea.*

Selección



lavado



Secado T° ambiente



Secado a estufa



Triturado



Macerado



Filtrado



Extracto acuoso



Esterilización materiales



Anexo 8. Siembra y evaluación de las variables dependientes.

Siembra



Adición del extracto



Germinación



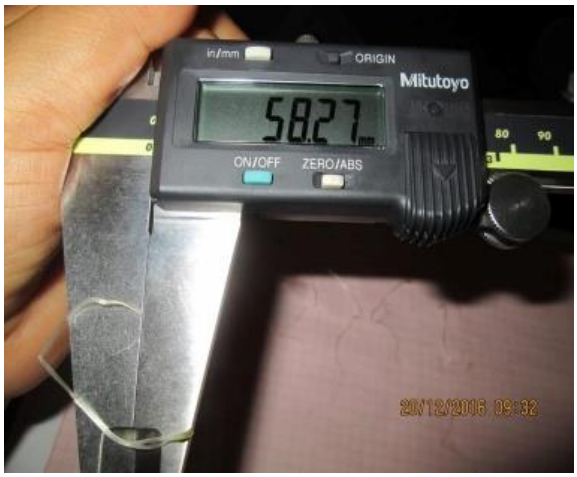
Plántulas de lechuga



Materiales de medición



Medición de las plántulas



Plántulas de lechuga



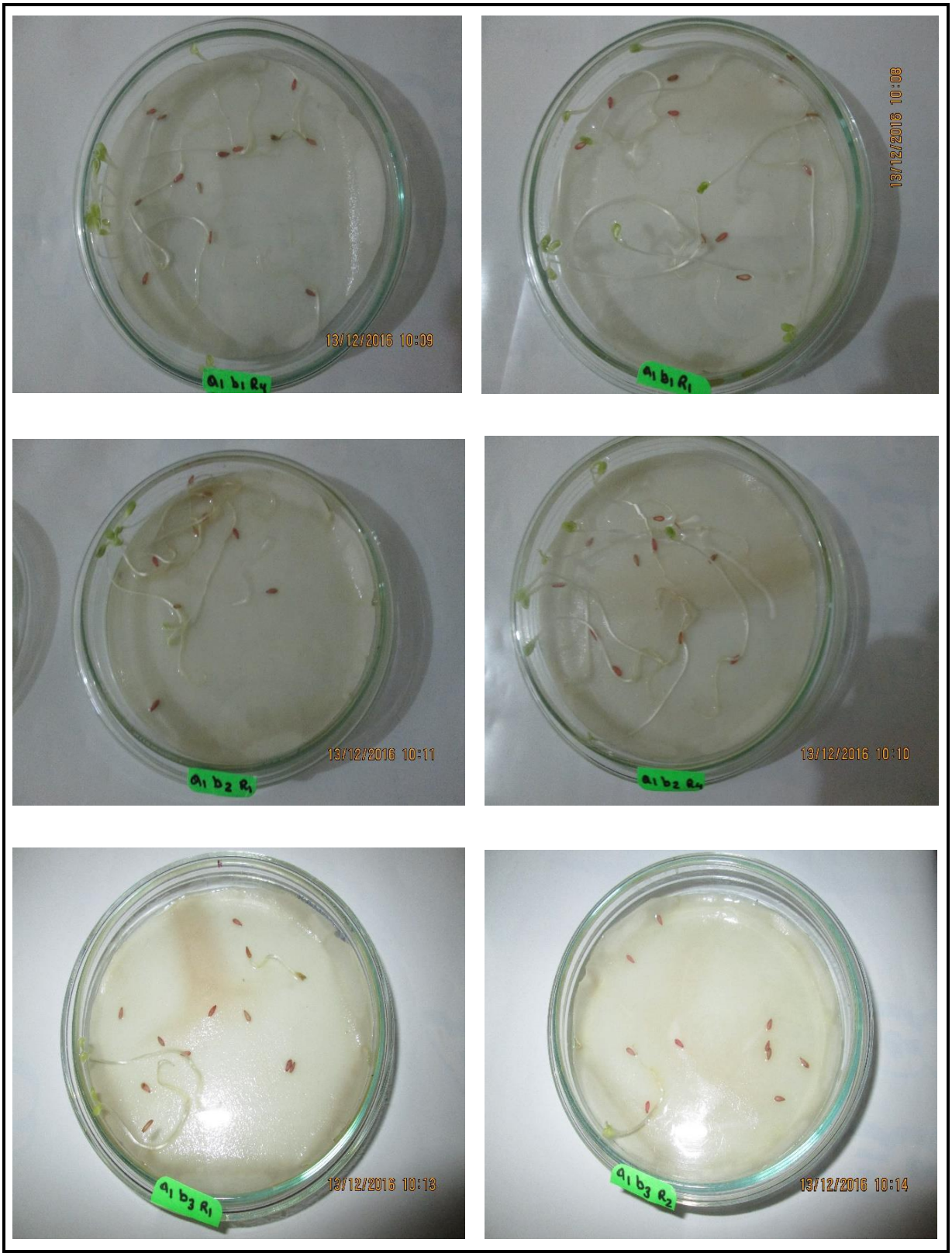
Secado



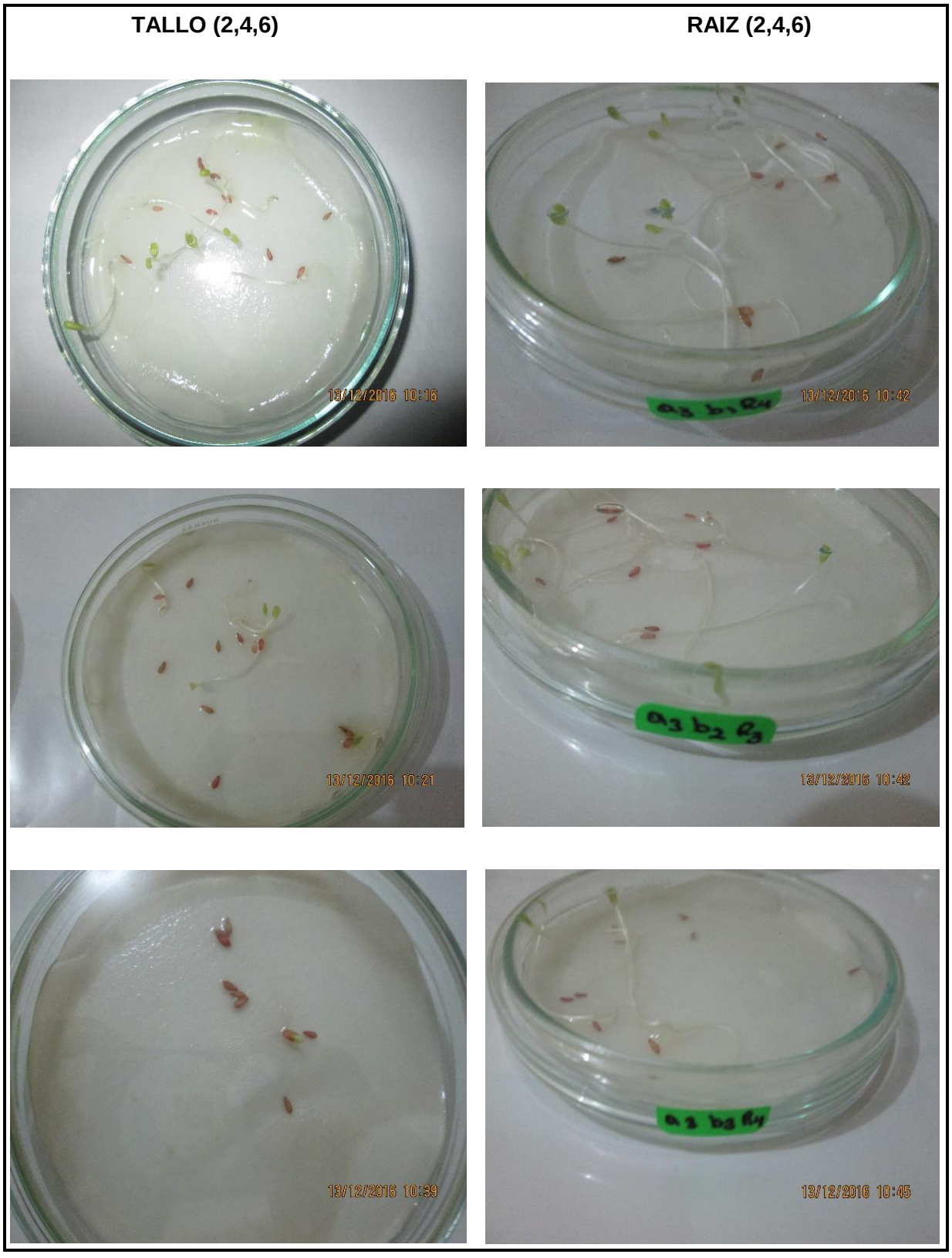
Pesado



Anexo 9. Plántulas de lechuga bajo las diferentes concentraciones del extracto acuoso de hoja (a1).



Anexo 10. Plántulas de lechuga bajo las diferentes concentraciones del extracto acuoso de tallo y raíz (a2, a3).



Anexo 11. Ficha de evaluación para las variables dependientes.

Parte planta	concentración (ml)	Repetición	Porcentaje de germinación (%)	Altura de plántula (cm)	Longitud radicular (cm)	Diámetro de vástago (mm)	Diámetro radicular (mm)	Peso fresco del vástago (gr)	Peso seco del vástago (gr)	Peso fresco de radícula (gr)	Peso seco de radícula (gr)
Hoja	**0**	**1**	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Hoja	**0**	**2**	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Hoja	**0**	**3**	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Hoja	**0**	**4**	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Hoja	2	1	80	3.650	1.925	0.404	0.151	0.073	0.005	0.003	0.001
Hoja	2	2	60	3.050	2.183	0.412	0.253	0.055	0.003	0.003	0.001
Hoja	2	3	60	3.633	2.867	0.445	0.255	0.055	0.003	0.003	0.001
Hoja	2	4	80	3.825	2.500	0.453	0.246	0.073	0.005	0.003	0.001
Hoja	4	1	20	4.350	1.950	0.450	0.255	0.024	0.0002	0.004	0.001
Hoja	4	2	60	3.267	1.750	0.397	0.198	0.071	0.0005	0.011	0.002
Hoja	4	3	20	3.400	1.700	0.415	0.230	0.024	0.0002	0.004	0.001
Hoja	4	4	30	3.533	2.200	0.423	0.210	0.035	0.0002	0.006	0.001
Hoja	6	1	10	4.100	1.400	0.500	0.300	0.011	0.002	0.001	0.001
Hoja	6	2	10	2.800	1.300	0.490	0.290	0.011	0.002	0.001	0.001
Hoja	6	3	10	3.000	2.200	0.460	0.250	0.011	0.002	0.001	0.001
Hoja	6	4	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Tallo	**0**	1	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Tallo	**0**	2	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Tallo	**0**	3	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Tallo	**0**	4	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Tallo	2	1	100	4.180	2.760	0.430	0.194	0.060	0.004	0.006	0.001
Tallo	2	2	100	2.910	2.930	0.351	0.138	0.060	0.004	0.006	0.001
Tallo	2	3	90	4.056	2.778	0.366	0.144	0.054	0.003	0.005	0.001
Tallo	2	4	90	3.789	2.644	0.414	0.153	0.054	0.003	0.005	0.001
Tallo	4	1	100	3.850	2.590	0.380	0.152	0.040	0.003	0.005	0.001
Tallo	4	2	90	3.556	2.111	0.337	0.094	0.036	0.003	0.004	0.001
Tallo	4	3	90	3.344	2.356	0.323	0.054	0.036	0.003	0.004	0.001
Tallo	4	4	100	2.970	2.900	0.336	0.078	0.040	0.003	0.005	0.001
Tallo	6	1	90	3.578	2.178	0.344	0.074	0.014	0.002	0.003	0.0005
Tallo	6	2	100	3.578	2.650	0.367	0.090	0.015	0.002	0.003	0.001
Tallo	6	3	90	3.433	2.711	0.326	0.079	0.014	0.002	0.003	0.0005
Tallo	6	4	100	3.340	2.830	0.386	0.141	0.015	0.002	0.003	0.001
Raiz	**0**	1	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Raiz	**0**	2	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Raiz	**0**	3	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Raiz	**0**	4	**100**	**4.11**	**7.35**	**0.572**	**0.354**	**0.185**	**0.004**	**0.039**	**0.003**
Raiz	2	1	100	4.860	4.230	0.439	0.213	0.185	0.004	0.039	0.003
Raiz	2	2	100	5.096	4.260	0.378	0.179	0.185	0.004	0.039	0.003
Raiz	2	3	100	5.070	4.400	0.419	0.207	0.185	0.004	0.039	0.003
Raiz	2	4	100	4.970	4.170	0.363	0.181	0.185	0.004	0.039	0.003
Raiz	4	1	90	3.767	3.911	0.403	0.174	0.091	0.004	0.009	0.001
Raiz	4	2	90	3.789	3.878	0.356	0.100	0.091	0.004	0.009	0.001
Raiz	4	3	100	3.710	3.210	0.438	0.220	0.103	0.004	0.011	0.002
Raiz	4	4	90	4.922	3.133	0.366	0.130	0.091	0.004	0.009	0.001
Raiz	6	1	90	4.100	2.822	0.442	0.227	0.015	0.002	0.087	0.004
Raiz	6	2	100	3.420	3.110	0.413	0.207	0.016	0.002	0.096	0.005
Raiz	6	3	90	3.956	3.411	0.318	0.099	0.015	0.002	0.087	0.004
Raiz	6	4	90	3.589	3.600	0.424	0.234	0.015	0.002	0.087	0.004

Anexo 12. Plántulas de lechuga aplicados con extracto acuoso de hoja y tallo.



Anexo 13. Plántulas de lechuga aplicada con agua destilada (testigo).

