

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE *Canna indica* A PARTIR DE SEMILLAS SEXUALES
SEBRADAS EN CONDICIONES DE INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD DEL
QUINDIO, ARMENIA QUINDIO**

TATIANA FLÓREZ LONDOÑO

JESSICA VALENCIA CORREA

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

FACULTAD DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

ARMENIA QUINDÍO

2019

**ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DE *Canna indica* A PARTIR DE SEMILLAS SEXUALES
SEMBRADAS EN CONDICIONES DE INVERNADERO DE LA UNIVERSIDAD DEL
QUINDIO, ARMENIA QUINDIO**

TATIANA FLÓREZ LONDOÑO

JESSICA VALENCIA CORREA

DIRECTORA

**Ph. D MARIA DE LAS MERCEDES GIRÓN VANDERHUCK
PROFESORA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito parcial

Para optar por el título de Licenciado en Biología y Educación Ambiental

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

FACULTAD DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGÍA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

ARMENIA QUINDÍO

2019

ACEPTACIÓN

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado lo dedico con todo mi amor y voluntad a ti Dios, por ser quien nunca me desamparo en los momentos más difíciles que se presentaron durante mi carrera, solo tú y únicamente tú sabes el esfuerzo tan grande que hice y que con el apoyo de mi familia lo pude lograr. Gracias por estar siempre conmigo.

A mis padres Luz Helena y Antonio, que me dieron la oportunidad de vivir y de descubrir las maravillas que tiene la vida, gracias por nunca dejarme sola, por los consejos, por las enseñanzas, por hacerme entender que todo lo que nos propongamos en la vida se puede cumplir con pequeños esfuerzos y mucha dedicación . Mamá gracias por la paciencia y ese amor incondicional que siempre me brindaste para poder salir adelante a pesar de las adversidades. Papá, eres mi camino, mi guía espiritual y terrenal, gracias por estar ahí siempre, eres el amigo que toda hija quisiera tener, gracias por tus sabios consejos.

A Yesid el mejor hermano del mundo, por ayudarme a comprender que la vida es de oportunidades y que los valientes son los que ganan las mejores batallas. Eres mi mejor ejemplo a seguir, eres ese apoyo que nunca me falta, tú más que nadie sabes que este triunfo es gracias a ti, porque siempre me has demostrado que podemos dar mucho más y que debemos de luchar cada día para ser alguien mejor.

Angel, hijo mío, eres el motor que me impulsa para hacer las cosas mejor, eres mi mejor despertar todos los días, gracias por convertirme en mamá y espero seguir siendo el mejor ejemplo para tu vida. La vida es dura, pero Dios le da las batallas más duras a sus mejores guerreros, y tú eres uno de esos, prepárate porque Dios tiene algo grande preparado para ti.

A Orlando por llegar a mi vida y brindarme todo su amor, comprensión, ternura, sé que tú serás de ahora en adelante el apoyo para ser cada día mejor. Eres un buen esposo y la vida nos tiene grandes cosas, persistamos y luchemos por ellas.

Tatiana Flórez Londoño

DEDICATORIA

Este logro está dedicado principalmente a Dios, quien con su infinito amor y misericordia ha llenado mi vida de propósito y felicidad; desde el día que decidí abrirle mi corazón, me ha llenado de bendiciones y me ha fortalecido en momentos difíciles, forjando así mi carácter.

A mi familia, quienes forman un pilar importante en mi vida, no hay suficientes palabras para expresar cuanto los quiero y cuan agradecida estoy por su amor incondicional, me han motivado día a día a ser mejor, y aunque en ocasiones tenemos opiniones distintas, han sabido aceptar y apoyar mis decisiones. Sé que este triunfo también lo sienten como propio. Los amo con toda mi alma.

A David, quien me enseñó que vale la pena ser paciente, las mejores cosas de la vida toman tiempo, y requieren de esfuerzo, he ahí su valor. Gracias por todo el cariño que me brinda, por motivarme a superarme, por decidir compartir su tiempo conmigo y sobre todo por la paciencia.

A mis amigos, quienes son la familia que escogí y que aunque no nos vemos muy a menudo, sé que puedo contar con ellos, y ellos conmigo. Quiero que sepan que siempre los llevo en mis pensamientos, deseando lo mejor para sus vidas.

Jessica Valencia Correa

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar queremos agradecer a Dios por ser la fuente de nuestra vida y por guiar nuestros caminos, estando presente en nuestro día a día para poder obtener este triunfo.

A la profesora Mercedes Girón Vanderhuck por aceptar este reto con nosotras y ser nuestra directora; enseñarnos que con dedicación, perseverancia y paciencia que podemos lograr todo lo que nos propongamos. Gracias por brindarnos todo su conocimiento durante toda la carrera.

A la profesora Rocío Stella Román Suarez por ser nuestra guía en este trabajo y por todos sus conocimientos que nos brindó.

A Gerardo Ramos Valdés por apoyarnos con los espacios e implementos usados en campo para que este trabajo de grado fuera el mejor, gracias porque sabemos que lo hizo con la mayor voluntad y todo lo hizo posible.

A la profesora Marly Grajales Amorocho por brindarnos su entera confianza y abrirnos un espacio en el laboratorio de biotecnología, gracias por su buena disposición y acompañamiento.

Al profesor Ramón Gutierrez Robledo por dedicarnos parte de su tiempo y por sus asesorías en la parte de diseño experimental de este trabajo.

A nuestros grandes amigos y compañeros de universidad, Kata, Vivi, Pipe y Amador, gracias por estar siempre presentes en nuestras vidas y darnos a entender que si existen amigos confidentes. Pueden contar con nuestro apoyo cuando lo necesiten.

Tatiana Flórez Londoño & Jessica Valencia Correa

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	10
ABSTRACT	11
1. Introducción	12
2. Marco teórico	14
2.1 Generalidades sobre <i>Canna indica</i>	14
2.1.1 Descripción.	14
2.1.3 Usos alimenticios.	15
2.1.4 Importancia sociocultural y económica.	16
2.2 Parámetros análisis de crecimiento	17
2.3 Estrategia pedagógica	18
3 Antecedentes	19
4 Planteamiento del problema	21
5 Justificación	22
6. Objetivos	23
6.1 Objetivo general	23
6.2 Objetivos específicos	23
7 Metodología	24
7.1 Área de estudio	24
7.2 Germinación	24
7.2.1 Desinfección de las semillas sexuales de achira.	24
7.2.2 Tratamiento de la testa.	24
7.2.3 Diseño experimental.	24
7.3 Parámetros de crecimiento.	25
7.3.1 Material experimental.	25
7.3.2 Tratamientos y diseño experimental.	25
7.3.3 Variables evaluadas.	27
7.3.4 Análisis estadístico	27
7.4 Estrategia pedagógica	28
8 Resultados y discusión	29

8.1	Germinación	29
8.2	Parámetros de crecimiento	30
8.2.1	Peso seco y área foliar	30
8.2.2	Tasa de crecimiento relativa (TCR)	31
8.2.3	Tasa de Asimilación Neta (TAN)	32
8.2.4	Proporción del Área Foliar (PAF)	33
8.2.5	Área Foliar Específica (AFE)	34
8.2.6	Proporción del Peso de la Hoja (PPH), el Tallo (PPT) y la Raíz (PPR)	35
8.3	Estrategia pedagógica	38
9	Conclusiones	39
10	Recomendaciones	40
11	Bibliografía	41
12	Anexo 1. Guía de laboratorio para práctica de productividad	46
13	Anexo 2. Fotos de trabajo en campo, laboratorio y desarrollo de la guía propuesta con estudiantes de ecología de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental de la Universidad del Quindío	50
14	Anexo 3. Análisis de suelo de la vereda la Aldana, realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira	52
15	Anexo 4. Análisis de lombricompost de la Universidad del Quindío realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad del Quindío	53
16	Anexo 5. Informe final de práctica de laboratorio realizada por los estudiantes Juan Felipe Morales, Valentina Cortéz y Maria Isabel Caicedo	55
17	Anexo 6. Informe final de práctica de laboratorio realizada por los estudiantes Daniela Fajardo Gómez; Linda Katherine García Solano y Dayana Cuatin Pantoja	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Humedad relativa y temperatura del cultivo de Canna inidca bajo condiciones de invernadero, tomadas cada dos días a las 4:00pm hasta el último de día de cosecha para posterior análisis.	26
Figura 2.	Porcentaje de germinación de semillas sexuales de Canna indica sometidas a choque térmico (con tratamiento) y sin choque térmico (sin tratamiento).	29

Figura 3. Peso total de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.....	30
Figura 4. Área foliar total de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.....	31
Figura 5. Tasa de crecimiento relativa de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	32
Figura 6. Tasa de asimilación neta de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	33
Figura 7. Proporción del área foliar de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	34
Figura 8. Área foliar específica de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	35
Figura 9. Proporción del peso de la hoja de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	36
Figura 10. Proporción del peso del tallo de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	36
Figura 11. Proporción del peso de la raíz de las plantas de <i>C. indica</i> cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.	37
Figura 12. Secuencia fotográfica de primera práctica de laboratorio. Germinación y siembra de semillas de <i>Canna indica</i> en vermiculita dirigida por las autoras de este trabajo. 2018	50
Figura 13. Secuencia fotográfica de segundo laboratorio de siembra de <i>Canna indica</i> en los diferentes tipos de suelo, dirigida por las autoras de este trabajo. (2018)	51
Figura 14. Fotografías de tercer laboratorio; análisis de parámetros de crecimiento de <i>Canna indica</i> dirigida por las autoras de este trabajo (2019)	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de elementos que contiene el rizoma de achira. (UNOCANC. sf).....	16
Tabla 2. Proporciones suelo para siembra por tratamiento.	26
Tabla 3. Parámetros para análisis de crecimiento en plantas.	27

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la germinación y los índices de crecimiento de *Canna indica*, sometida a diferentes tratamientos de suelo/lombricompuesto bajo condiciones de invernadero. El ensayo se realizó en el laboratorio e invernadero de la Universidad del Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. Para el experimento de germinación, se colectaron 280 frutos con semillas y se desinfectaron de agentes exógenos utilizando un protocolo de desinfección, que consiste en sumergir las semillas en hipoclorito de sodio al 13% durante diez minutos, y lavar con abundante agua destilada; seguidamente, sumergirlas en alcohol al 70% durante cinco minutos y lavar nuevamente con agua destilada hasta eliminar residuos; después se escogieron 2000 semillas, de las cuales la mitad se les realizó un tratamiento de choque térmico para debilitar su testa. Las semillas tratadas y no tratadas se distribuyeron en cajas Petri con papel absorbente humedecido y se mantuvieron en la oscuridad. Para la fase experimental del crecimiento, se escogieron 70 semillas germinadas y sometidas a tratamiento, se pasaron a un sustrato mineral (vermiculita) bajo condiciones de laboratorio. Cuando las plántulas alcanzaron una altura de 12 cm, se trasladaron a bolsas de polietileno con capacidad de cuatro kilos, utilizando sustratos compuestos por distintas combinaciones porcentuales de suelo y lombricompuesto. En las plantas se midió el área foliar, peso seco de parte aérea, raíz y tallo, para obtener los parámetros de crecimiento como la tasa de crecimiento relativo (TCR). El diseño experimental consistió en seis tratamientos diferentes con nueve repeticiones cada uno. Cuando se cumplía el supuesto de homocedasticidad, se realizó análisis de varianza, evaluando diferencias entre medias por la prueba LSD de Fisher, cuando no se cumplía, se realizó una prueba de Kruskal-Wallis. Se obtuvo mayor número de germinación en semillas con tratamiento; las plantas del T1, T2 y T5 tuvieron mayor IAF y TCR; en cuanto a los tratamientos T3, T4 y T6 se observan resultados al agregado de lombricompuesto adquiriendo menor TCR, TAN y PAF. No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la PAF, el AFE y la PPT.

Palabras clave: *Canna indica*, lombricompuesto, parámetros de crecimiento, área foliar, biomasa.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the germination and growth rates of *Canna indica*, subjected to different soil / vermicompost treatments under greenhouse conditions. The trial was conducted in the laboratory and greenhouse of the University of Quindío, Armenia, Quindío, Colombia. For the germination experiment, 280 fruits with seeds were collected and disinfected with exogenous agents using a disinfection protocol, which consists of immersing the seeds in 13% sodium hypochlorite for ten minutes, and washing with abundant distilled water; Then, immerse them in 70% alcohol for five minutes and wash again with distilled water until residues are eliminated; then 2000 seeds were chosen, half of which were subjected to heat shock treatment to weaken their seed coat. The treated and untreated seeds were distributed in Petri dishes with moistened absorbent paper and kept in the dark. For the experimental phase of growth, 70 germinated seeds were selected and subjected to treatment, they were transferred to a mineral substrate (vermiculite) under laboratory conditions. When the seedlings reached a height of 12 cm, they were transplanted into polyethylene bags with a capacity of four kilos, using substrates composed of different percentage combinations of soil and vermicompost. In the plants, the leaf area, dry weight of the aerial part, root and stem was measured to obtain growth parameters such as the relative growth rate (TCR). The experimental design consisted of six different treatments with nine repetitions each. When the assumption of homoscedasticity was fulfilled, an analysis of variance was performed, evaluating differences between means by Fisher's LSD test, when it was not fulfilled, a Kruskal-Wallis test was performed. Greater germination number was obtained in seeds with treatment; the plants of T1, T2 and T5 had higher LAI and TCR; As for the treatments T3, T4 and T6, results are observed to the aggregate of vermicompost acquiring lower TCR, TAN and PAF. No significant differences were found between the treatments for PAF, AFE and PPT.

Key words: *Canna indica*, vermicompost, growth parameters, leaf area, biomass.

1. Introducción

La achira (*Canna indica* L.) de la familia Cannaceae, es de origen Sudamericano; hallazgos arqueológicos en el Perú demuestran que su cultivo data de 2 500 años a.C. La achira existe en toda la América tropical, siendo cultivada en Brasil, Ecuador, Perú, Bolivia además en India, Asia, Polinesia, y África; en Colombia es cultivada con fines comerciales en el oriente de Cundinamarca (Provincia de Cáqueza), en Nariño, Cauca y en el departamento del Huila (UNOCANC. sf).

En Colombia, la harina extraída del rizoma de la achira se utiliza para la fabricación de diferentes productos de panadería, especialmente la fabricación del famoso “bizcocho” o “achira”. Caicedo, Rozo y Rengifo (2003) diseñaron un modelo ambiental, económico y social para mejorar el proceso de producción de almidón de achira. Según estos autores, el rendimiento del cultivo en rizomas de *C. indica*, está en relación directa con la fertilidad de los suelos, generando una respuesta muy buena cuando se aplican abonos orgánicos.

La incorporación de lombricompost a las mezclas de siembra favorece el crecimiento y producción en diversos cultivos hortícolas, como ha sido observado en tomate (*Solanum lycopersicum*), lechuga (*Lactuca sativa* L.), ajo (*Allium sativum* L.) y fresa (*Fragaria vesca* L.) (Domínguez *et al.*, 2010; Tombion *et al.*, 2016). En achira, la evaluación de crecimiento se ha realizado a partir de soluciones nutritivas inorgánicas como lo demuestran los trabajos de Konnerup y Brix (2010), quienes evaluaron el crecimiento, distribución de biomasa y fotosíntesis de *C. indica* bajo diferentes concentraciones de nitrógeno inorgánico, como NO₃⁻ y NH₄⁺, durante 24 días y el de Zhang, Rengel y Meney (2007), los cuales valoraron el crecimiento e inversión en biomasa de *C. indica*, creciendo en contenedores con arena de río lavada, humedecidos con solución nutritiva enriquecida con N y P, durante 63 días.

En general, la achira se propaga por medio del rizoma y aunque esta planta presenta fruto con semillas, estas no se tienen en cuenta para su reproducción en cultivos y se conoce muy poco sobre la germinación y crecimiento de las plántulas obtenidas a partir de semillas germinadas. Los estudios de

germinación y crecimiento son básicos para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal.

Por otro lado, la mayor parte de las achiras son alógamas, es decir necesitan cruzarse con plantas diferentes para poder dar descendientes. El transporte del polen de una planta a otra (la polinización) la llevan a cabo murciélagos o colibríes, los que son recompensados con néctar que las flores de *Canna* producen en abundancia (Cooke, 2001)

La multiplicación por semillas, gracias a la reproducción sexual, es un método para incrementar las poblaciones de algunas de las especies naturales. La alogamia, sumada a la gran variabilidad de los cultivares de *Canna*, impide que se mantengan inalterables las características de las variedades cuando se multiplican sexualmente debido a la recombinación genética. Por ello, para mantener las plantas con las mismas características y para propagar a los cultivares estériles (muchos de ellos son triploides), se debe acudir a la reproducción vegetativa (Khoshoo, 1970)

Debido a lo anterior, se propuso realizar el presente trabajo con el objetivo de evaluar la germinación e índices de crecimiento de *Canna indica* por medio de semilla sexual y obtener plantas que posteriormente fueron sometidas a diferentes tratamientos de suelo/lombricompuesto bajo condiciones de invernadero.

2. Marco teórico

2.1 Generalidades sobre *Canna indica*

2.1.1 Descripción.

Canna indica es una planta herbácea perenne, de rizoma carnoso y ramificado de hasta 20 x 15 cm, con los tallos que pueden alcanzar 1-3 m de altura y forman una macolla compacta, envueltos por las vainas de las hojas; hojas de color verde o verde violáceo, con peciolo corto y lámina de ovada a elíptica, con la base obtusa o estrechamente cuneada y el ápice de cortamente acuminado a agudo; nervadura central prominente. Inflorescencia en racimo terminal con 6-20 cincinos de 1-2 flores. Flores sobre pedicelo, de color rojo o amarillo-anaranjado, excepto en algunos cultivares, con los sépalos estrechamente triangulares y los pétalos erectos. Estaminodios estrechamente obovados a espatulados de anchura en la parte libre; labelo reflejado, estrechamente oblongo, parecido a los otros estaminodios, normalmente de rojizo a anaranjado. Cápsula de elipsoide a globosa, verrugosa (Sánchez, 2004).

2.1.2 Propagación vegetativa y germinación sexual de semilla

En los climas cálidos del trópico, se propaga por brotes jóvenes o por rizomas (que son ricos en féculas). Los rizomas tienen un diámetro entre 5cm y 10cm, y un largo de entre 10cm y 15cm hasta 20cm. Los tallos crecen en número variable en suelos ricos en nutrientes y clima adecuado (de 8 grados hasta 20 grados o más). La producción de esta planta es entre cuatro y ocho meses, según la temperatura promedio y pluviosidad (Barrera *et al.*, 2004)

Las semillas de la mayor parte de las plantas no germinan inmediatamente después de la maduración. En la madurez entran en un estado de latencia de duración variada según la especie, latencia que puede durar desde unas pocas semanas o meses a varios años (Varela y Arana, 2011).

En particular, en el sector forestal se utiliza la palabra latencia, la cual proviene del latín “*latensis*” y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema (Varela y Arana, 2011).

La semilla sexual de achira es de color negro o café, redonda, lisa y ovada (Lobo-Arias, Medina-Cano y Grisales-Arias. 2017). Por lo anterior se considera poco viable la germinación de la semilla sexual por que presenta algún tipo de latencia, y según Varela y Arana:

“Latencia mecánica. En ésta categoría las cubiertas de las semillas son demasiados duras para permitir que el embrión se expanda durante la germinación. Probablemente éste factor no es la única causa de la latencia, ya en la mayoría de los casos se combina con otros tipos para retardar la germinación” (2011)

2.1.3 Usos alimenticios.

La achira, achera o atzera, es la especie utilizada para la industria alimenticia *Canna edulis*, nombre que se considera sinónimo de *Canna indica*. Hasta finales de los años cincuenta la achira fue un alimento permanente en la dieta de los habitantes de muchas comunidades andinas, quienes la consumían sancochada como guarnición y a esta preparación la denominaron San. Su uso mayoritario era para la producción de "harina de achira", obtenida de las raíces de la planta, la cual se usaba como alimento básico para niños durante los primeros años de vida en preparaciones con leche fresca de vaca (UNOCANC. sf). Se ha encontrado que esta planta tiene un alto potencial para extracción de almidón (Calapi, 2010). Por lo tanto, el rizoma de achira muestra un alto contenido de almidón y azúcares que además contienen carbohidratos, proteínas, vitaminas y minerales. En la tabla 1 se muestra el valor nutritivo de los rizomas de achira en 100 gramos de materia seca (UNOCANC. sf)

Tabla 1. Cuadro de elementos que contiene el rizoma de achira. (UNOCANC. sf)

Elementos	Contenidos
Agua	70.00 g
Carbohidratos	25.70 g
Proteínas	2.70 g
Lípidos	0.10 g
Cenizas	-----
Fibras	0.80 g
Almidón	16.00 g
Calorías	126.00 g
Vitaminas	
Ácido ascórbico	-----
Vitamina A	8.00 mg
Tiamina	-----
Riboflavina	-----
Niacina	-----
Minerales	
Calcio	35.00 mg
Hierro	9.30 mg
Fósforo	33.00 mg
Potasio	-----
Magnesio	-----

2.1.4 Importancia sociocultural y económica.

El uso de la achira es una herencia de los aborígenes del departamento del Huila, los productos alimenticios con base en su almidón están insertos en la tradición gastronómica de la población de la región surcolombiana desde la época de los aborígenes, por lo tanto, hacen parte del acervo cultural y de soberanía alimentaria del departamento del Huila (Caicedo, Rozo y Rengifo 2003). El cultivo de la achira vincula 1169 productores, ocupa 3.500 personas en el cultivo y el beneficio, existen 362 microempresas vinculadas a la cadena productiva, generando 3401 empleos directos e indirectos en el proceso de producción del bizcocho de achira en el Huila y el Tolima (Rodríguez *et al.*, (2003) y García *et al.*, (1998) tomado de Caicedo 2003).

La demanda en el país es de 2.000 toneladas de almidón de achira al año, siendo el mayor consumidor el departamento del Huila, seguido en su orden por Tolima y Cundinamarca, principalmente para la agroindustria panificadora y microempresas artesanales que producen el famoso bizcocho de achira, que se ha constituido en un símbolo regional posicionado en el mercado local y nacional, y a su vez, inicia el proceso de exportación a Norteamérica, Centroamérica y países andinos donde muy seguramente por su calidad, se aceptará y contribuirá al incremento de la demanda (Caicedo, Rozo y Rengifo 2003).

2.2 Parámetros análisis de crecimiento

El crecimiento es el incremento irreversible en el tamaño de las plantas, el cual a menudo está acompañado por cambios en la forma, y se centra, principalmente, en el aumento de materia seca a través del tiempo (Hunt, 1978). Este crecimiento en plantas, depende directamente del proceso de la fotosíntesis, la respiración, la división celular, la elongación, la diferenciación, entre otros, y además está influenciada por factores como temperatura, intensidad de luz, densidad de población, calidad de la semilla, disponibilidad de agua y de nutrientes (Goudriaan y Van Laar 1995 citado en Hunt, 1978)

El análisis de crecimiento es un estudio controlado que ayuda a una aproximación cuantitativa, con el fin de describir e interpretar el crecimiento de las plantas bajo un ambiente natural, seminatural o controlado (Hunt, 1978). El análisis matemático de crecimiento usa medidas directas como masa seca total de la planta, área foliar total y tiempo; y medidas derivadas como son la tasa de crecimiento relativo (TCR), la cual explica cómo el crecimiento ya efectuado contribuye al nuevo que se está verificando, de tal modo que representa el incremento en peso seco por unidad de peso seco presente por unidad de tiempo; la tasa de asimilación neta (TAN) corresponde a la ganancia en peso por unidad de área por unidad de tiempo, y es una medida indirecta de la fotosíntesis; el área foliar específica (AFE) constituye la cantidad de área foliar por peso de hoja y es un rasgo morfológico de gran trascendencia funcional y ecológico; la relación de área foliar (RAF) es la cantidad de área foliar en relación al peso total de la planta y estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta; la proporción de peso de la hoja (PPH) representa la fracción del total de biomasa que la planta distribuye a hojas, siendo una medida de su inversión en órganos fotosintéticos; la proporción del peso del tallo (PPT) constituye la relación de biomasa del tallo con respecto a la biomasa total de la planta; la proporción del peso de la raíz (PPR) es la relación de biomasa de raíz y biomasa total de la planta y el índice del área foliar (IAF) que se define como la cantidad de hojas con relación al área de cultivo (Barrera, Suárez y Melgarejo, 2010; Villar *et al.*, 2004).

El patrón de crecimiento de las plantas generalmente cumple tres fases (varía dependiendo de las especies), por ejemplo, según Rylski en 1986 (como se citó en Azofeifa y Moreira, 2004), en la curva de crecimiento de la planta de Chile se distinguen tres etapas: La primera, una fase inicial o logarítmica, donde la planta joven cuenta con un área foliar y un sistema radical reducidos; la segunda, una fase vegetativa o exponencial donde el crecimiento es rápido y el poder de asimilación de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan y la tercera, es una fase de estabilización, donde después del inicio de fructificación ocurre una disminución del crecimiento hasta estabilizarse.

Para este tipo de estudio es importante que la planta sea de crecimiento rápido, es decir, aquellas que no tardan más de un año para alcanzar su estado maduro; de no ser así, el estudio llevaría mucho tiempo y representaría una gran inversión para llevarse a cabo.

2.3 Estrategia pedagógica

Una estrategia pedagógica es un sistema de acciones que se realizan con un ordenamiento lógico y coherente en función del cumplimiento de objetivos educacionales. Es decir, constituye cualquier método o actividad planificada que mejore el aprendizaje profesional y facilite el crecimiento personal del estudiante. (Picardo Joao, Balmore Pacheco, & Escobar Baños, 2004, p. 161)

El Aprendizaje Basado en la Investigación (ABI, Research-Based Learning – RBL por sus siglas en inglés) es un modelo de aprendizaje que surge a partir de las críticas en los Estados Unidos que se hace sobre la educación superior para desarrollar una alfabetización científica y separación de las actividades pedagógicas con la investigación en las aulas universitarias (The Boyer Commission on Educating Undergraduates in the Research University, 1998 citado en Peñaherrera, Chiluiza y Ortiz 2014)

En el momento actual, la propuesta para mejorar la formación de los estudiantes en las universidades, entre otras competencias básicas, es la de saber investigar y estar en condiciones de resolver situaciones inéditas en función de su capacidad de investigación (Peñaherrera, Chiluiza y Ortiz, 2014)

3 Antecedentes

Camacho *et al.* (2013), analizaron el crecimiento del rábano con arvenses; un diseño experimental de bloques completamente al azar con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron niveles de fertilización combinados con cultivo limpio y con plantas arvenses. Los parámetros de crecimiento que tuvieron en cuenta fueron la biomasa, área foliar, tasa de crecimiento del cultivo, índice de área foliar, tasa asimilación neta, tasa crecimiento relativo, cobertura, frecuencia y densidad. La mayor biomasa seca y área foliar del rábano se registró en el tratamiento T5 (cultivo limpio 50% fertilización) y respectivamente en la semana nueve, mientras que T3 (cultivo - maleza 100% fertilización) no registró diferencias. La TCC más alta fue alcanzada por el rábano en el T5 en la semana 7 y T4 (cultivo limpio 0% fertilización) en la semana 9, y IAF en T6 (cultivo limpio 100% fertilización). La TCR y TAN variaron para todos los tratamientos para el cultivo y las plantas arvenses. La cobertura de arvense en los tratamientos enmalezados llegó a ser de un 60% (T1, cultivo - maleza 0% fertilización) concluyendo que el mejor desarrollo de cultivo del rábano según parámetros evaluados lo presentó el T5.

Andrade-Mahecha, Tapia-Blacido y Menegalli (2012) evaluaron la producción de harina del rizoma de achira cultivada en Brasil y Colombia; obtuvieron almidones y harinas con diferentes tamaños de partícula. Para la caracterización de estos materiales realizaron un análisis proximal, distribución de tamaños, microscopía electrónica de barrido (SEM), potencia de hinchamiento, solubilidad, calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis de patrón de difracción de rayos X (XRD) y espectroscopia infrarroja transformada de Fourier (FTIR). Encontraron que las harinas mostraron un contenido alto en fibra dietética (16,5-32,2% db) y una concentración alta de almidón en el caso de la fracción de tamaño de partícula más pequeña. Observaron diferencias significativas en el contenido de proteína y almidón, potencia de hinchamiento, solubilidad y propiedades térmicas entre el almidón brasileño y el almidón colombiano. Finalmente concluyeron que el almidón y la harina producidos a partir de rizomas de achira tienen un gran potencial tecnológico para su uso como ingrediente funcional en la industria alimentaria.

Konnerup y Brix (2010) estudiaron el nitrógeno inorgánico en sus formas iónicas como NH_4^+ (amonio) y NO_3^- (nitrato) sobre el crecimiento, la asignación de biomasa, la fotosíntesis, la tasa de captación de N, la actividad de nitrato reductasa y la composición mineral de *Canna indica* en cultivo hidropónico. Encontraron que la tasa de crecimiento relativo (TCR) (0.05-0.06 g g⁻¹ d⁻¹), la asignación de biomasa y la morfología de *C. indica*, fueron indiferentes a la nutrición de N. Sus resultados muestran que *C. indica* es relativamente indiferente a la fuente inorgánica de N y que su tasa de crecimiento alta contribuye a explicar la ocurrencia de esta especie en suelos de humedales inundados, como suelos terrestres. Además concluyeron que *C. indica* es adecuado para su utilización en diferentes tipos de humedales.

Caicedo, Roza y Rengifo (2003), elaboraron un manual sobre la achira como producto de un proyecto financiado por PRONATTA y CORPOICA; destacando la importancia socio-cultural, económica y ambiental de esta planta. En este manual, describieron y evaluaron la producción en biomasa de hojas, flores y tallos cultivados en diferentes pisos térmicos, determinando así la mejor producción y dinamización del producto de almidón de achira para campesinos en el departamento del Huila.

4 Planteamiento del problema

En la actualidad, la achira (*Canna indica*) es una planta de uso ornamental urbano y rural, apreciada por sus hermosas flores; también se cultivan en el campo para utilizar sus hojas como envoltura de tamales y el rizoma para producción de almidón. Esta producción de almidón se da principalmente los departamentos del Huila, Cundinamarca y Tolima (CORPOICA, 2014)

Debido a su valor nutritivo y ornamental, se han realizado varios estudios acerca de la producción del almidón con explantes del rizoma; pero, no se reporta la fisiología básica del crecimiento en condiciones de invernadero de las plantas obtenidas a partir de semilla sexual sometidas a tratamiento de germinación. Por consiguiente, se requiere realizar un trabajo de investigación que responda la siguiente pregunta: ¿Las plántulas obtenidas a partir de semilla sexual experimentarán diferencias en la dinámica de crecimiento y la eficiencia fotosintética, cuando se cultivan bajo distintas proporciones de suelo/lombricomposto?

5 Justificación

La *Canna indica* posee gran importancia en el ámbito comercial, gracias a sus usos ornamentales y alimenticios. El rendimiento del cultivo de achira depende de su eficiencia fotosintética, así como del desarrollo y distribución de materia seca a cada uno de los órganos de la planta, por lo que el análisis de índices de crecimiento como tasa de crecimiento relativa (TCR), tasa de asimilación neta (TAN), área foliar específica (AFE), proporción del área foliar (PAF), proporción del peso foliar (PPF), proporción del peso del tallo (PPT) y proporción del peso de la raíz (PPR), son de gran utilidad para conocer como un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia fotosintética de una planta con respecto a otra, o bien detectar diferencias dependiendo del tipo de reproducción utilizada para la obtención de plántulas. Los resultados de este trabajo constituirán un aporte para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal de la achira y así fundamentar más racionalmente el manejo agronómico del cultivo de achira.

6. Objetivos

6.1 Objetivo general

Analizar el crecimiento de las plántulas de *Canna indica* obtenidas a partir de semilla sexual cultivadas en sustratos con diferentes proporciones de suelo/lombricompuesto en condiciones de invernadero.

6.2 Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los tratamientos en la germinación de semilla sexual de *Canna indica*.
- Evaluar el crecimiento de *C. indica* en sustratos con diferentes proporciones de suelo y lombricompuesto.
- Diseñar una guía de laboratorio sobre productividad, a partir de los parámetros de crecimiento, dirigida a los estudiantes de ecología de licenciatura en biología y educación ambiental de sexto semestre de la Universidad del Quindío.

7 Metodología

7.1 Área de estudio

Las semillas sexuales de achira se recolectaron en la vereda San Antonio Km 3-600, Circasia, Quindío. A una altura sobre el nivel del mar de 1800 m, con una temperatura promedio anual de 18°C y una precipitación promedio anual de 2653 mm. El trabajo de germinación de las semillas se realizó en el laboratorio de bioterio, y en el invernadero finca (la Aldana) todos ubicados en la Universidad del Quindío.

7.2 Germinación

7.2.1 Desinfección de las semillas sexuales de achira.

Se colectaron 280 frutos maduros con semillas y se desinfectaron de agentes exógenos utilizando un protocolo de desinfección, el cual consistió de tres pasos: Primero, se lavaron con abundante agua destilada las cápsulas que contenían las semillas; segundo, se sumergieron en NaOHCl al 13% por 10 minutos; tercero, se lavaron tres veces con agua destilada y se sumergieron en alcohol al 70% por 5 minutos; finalmente, se lavaron de nuevo tres veces con agua destilada y luego se retiraron las semillas de la cápsula (Adaptado de Maeso y Walasek. 2012)

7.2.2 Tratamiento de la testa.

Se escogieron 1000 semillas según su diámetro (entre 0,4cm y 0,6cm), el color café oscuro y textura lisa; se sometieron a un tratamiento de escarificación (choque térmico), el cual consistió en colocar las semillas en agua destilada a 85°C durante 10 minutos (Martinat, J. 2012) en un agitador magnético; después, las semillas se pasaron a un recipiente con agua destilada fría, por 10 minutos. Para evitar la contaminación por hongos se realizó una aspersión con Oxiclورو de cobre previamente disuelto en agua corriente (2 mg l⁻¹) (Tun, G. 2008)

7.2.3 Diseño experimental.

Se escogieron 1000 semillas sexuales según su diámetro (entre 0,4cm y 0,6cm), el color café oscuro y textura lisa a las cuales no se realizó tratamiento en la testa, y se distribuyeron en 25 cajas Petri con papel absorbente, colocando 40 semillas por caja. Luego se escogieron 1000 semillas sexuales con

tratamiento de la testa, se distribuyeron en otras 25 cajas Petri con papel absorbente, colocando 40 semillas por caja. Las cuales se mantuvieron en oscuridad por 15 días y con el papel humedecido.

7.3 Parámetros de crecimiento

7.3.1 Material experimental.

De las semillas sometidas a tratamiento y germinadas, se escogieron 70 plántulas con una altura promedio de 2 cm, las cuales se sembraron en sustrato mineral (vermiculita), bajo condiciones de laboratorio, a temperatura ambiente, oscuridad de 12 horas / 12 horas luz hasta que alcanzaran una altura máxima de 12cm, teniendo cuidado de mantener el sustrato humedecido.

Cuando las plántulas alcanzaron una altura de 12 cm, se trasplantaron a bolsas de polietileno con capacidad de 4 kilos que contenían sustratos a base de suelo y lombricompost, se ubicaron en el invernadero de la Universidad del Quindío, cubiertas por un polisombra y con aspersión de pesticida orgánico (ajo, cebolla de huevo, pimienta roja y agua) para ahuyentar a los insectos. El suelo se tomó del horizonte superficial (0 a 20 cm de profundidad) de la vereda la Aldana, las características del suelo es de textura arcillosa, pH de 5,8, porcentaje de nitrógeno de 0,06 y de materia orgánica de 0,9% (Universidad Tecnológica de Pereira, 2018). Las características del lombricompost son de textura franco arenosa, pH de 6,4, porcentaje de nitrógeno de 2,66 y de materia orgánica de 13,3% (Universidad del Quindío, 2018)

7.3.2 Tratamientos y diseño experimental.

Los tratamientos consistieron en diferentes proporciones de suelo y lombricompost (Tabla 1).

El diseño experimental constituye en seis bloques de tratamientos con nueve repeticiones cada uno. La unidad de muestreo estuvo conformada por una planta en su respectiva bolsa.

Tabla 2. Proporciones suelo para siembra por tratamiento.

Tratamiento	Porcentaje suelo:lombricompuesto	Interpretación por kilogramos
T1	100:0	4:0
T2	50:50	2:2
T3	33.25:66.75	1.33:2.67
T4	25:75	1:3
T5	66.75:33.25	2.67:1.33
T6	40:60	1.6:2.4

A los 120 días del trasplante, las plantas se llevaron al laboratorio, donde se retiraron cuidadosamente del sustrato para evitar estropear las raíces y se separaron en hojas, tallo y raíz. Las hojas frescas de cada planta se fotografiaron, cada una por separado, con una escala (regla o instrumento de longitud conocida). Se encontró la superficie foliar de cada hoja, utilizando el programa Image-J. Después de obtener esta medida, se colocaron en bolsas de papel, al igual que la raíz y el tallo cada uno por separado, y se secaron en una estufa de aire forzado a 65°C, hasta peso constante (aproximadamente 48 horas), y se obtuvo el peso en una balanza con una precisión hasta de 3 decimales (Aguirre-Obando y Tapiero. sf)

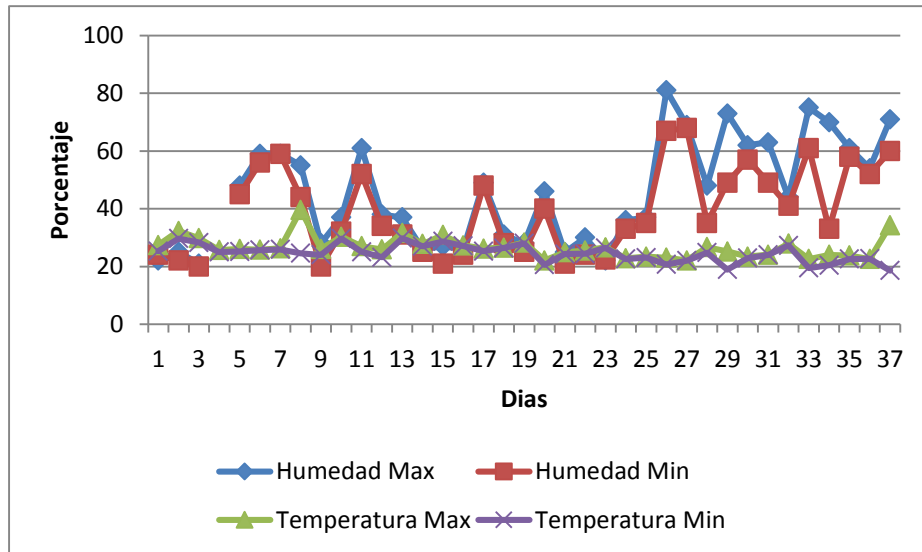


Figura 1. Humedad relativa y temperatura del cultivo de *Canna inidca* bajo condiciones de invernadero, tomadas cada dos días a las 4:00pm hasta el último de día de cosecha para posterior análisis.

7.3.3 Variables evaluadas.

Para realizar el análisis de crecimiento se tuvo en cuenta la biomasa seca inicial y final de las plántulas utilizadas en el experimento. La biomasa seca inicial se obtuvo a partir de 9 plántulas de 7 cm de altura, que fueron secadas en una estufa de aire forzado y pesadas al inicio del experimento. El peso seco de cada planta y su área foliar se utilizaron para realizar el análisis de los componentes fisiológicos de crecimiento (Rakesh, Vijay, Madurima, Mahesh y Ramesh, 2017; Villar, Ruíz, Quero, Poorter, Valladares y Marañón, 2004). (Tabla 2).

Tabla 3. Parámetros para análisis de crecimiento en plantas.

Parámetros de crecimiento	Definición	Unidades
Relative Growth Rate (RGR) Tasa de Crecimiento Relativa (TCR)	Tasa de incremento en materia seca por unidad de peso seco por tiempo	mg g ⁻¹ d ⁻¹
Net Assimilation Rate (NAR) Tasa de Asimilación Neta (TAN)	Tasa de incremento en materia seca por unidad de área foliar	g cm ⁻² d ⁻¹
Leaf Area Ratio (LAR) Proporción del Área Foliar (PAF)	Proporción del área foliar con respecto al peso seco de la planta	cm ² g ⁻¹
Specific Leaf Area (SLA) Área Foliar Específica (AFE)	Proporción del área foliar con respecto al peso seco de las hojas	cm ² g ⁻¹
Leaf Weight Ratio (LWR) Proporción del peso de la hoja (PPH)	Proporción del peso de las hojas con respecto al peso seco de la planta	kg kg ⁻¹
Steam Weight Ratio (SWR) Proporción del peso del tallo (PPT)	Proporción del peso del tallo con respecto al peso seco de la planta	kg kg ⁻¹
Root Weight Ratio (RWR) Proporción del peso de la raíz (PPR)	Proporción del peso de la raíz con respecto al peso seco de la planta	kg kg ⁻¹

7.3.4 Análisis estadístico

Las variables área foliar, TCR, TAN, PPH y PPT se analizaron con ANDEVA de una vía, para evaluar las diferencias significativas entre los tratamientos, debido a que se encontró homogeneidad mediante la Prueba de Cochran, Hartley y Bartlett ($p > 0.05$). La comparación de medias se hizo con la prueba LSD de Fisher. Para las variables peso seco total, PAF, AFE y PPR, que no cumplieron con el

supuesto de homocedasticidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. El análisis estadístico se realizó con el programa STATISTICA 7.0 (2004).

7.4 Estrategia pedagógica

Una estrategia pedagógica de aprendizaje basado en la investigación ayuda a comprender mejor las ciencias biológicas en las prácticas de laboratorio. Es por esto que se elaboró una guía práctica de laboratorio para estudiantes de ecología del programa Licenciatura en Biología y Educación Ambiental de la Universidad del Quindío de segundo semestre del año 2018, con el objetivo que los estudiantes evaluarán los parámetros de crecimiento de una especie vegetal de interés económico y desarrollaran la guía de laboratorio de este trabajo.

8 Resultados y discusión

8.1 Germinación

Someter las semillas sexuales a tratamiento de choque térmico, tuvo un efecto significativo en la germinación, ya que las semillas tratadas presentaron un porcentaje de germinación más alto que las semillas que no recibieron tratamiento ($H = 37.236$; $p = 0.000$) (Fig. 1). Al respecto, Solis (2011), encontró que el porcentaje de germinación de la semilla *Hesperaloe funifera* evidenció un efecto significativo con relación a la temperatura. Los porcentajes de germinación disminuyeron en los tratamientos térmicos a 60 °C durante 10min debido a la testa delgada de la semilla.

Por lo tanto las técnicas de escarificación química, física y térmica son de especial valor para acelerar el proceso de germinación; sin embargo, diversas especies responden en forma diferente a dichas técnicas, dependiendo además de su origen, época de cosecha y tiempo de almacenamiento (Cruz y Takaki, 1983; Corral *et al.*, 1990; Sanabria *et al.*, 1997 citado en Sanabria *et al.*, 2001)

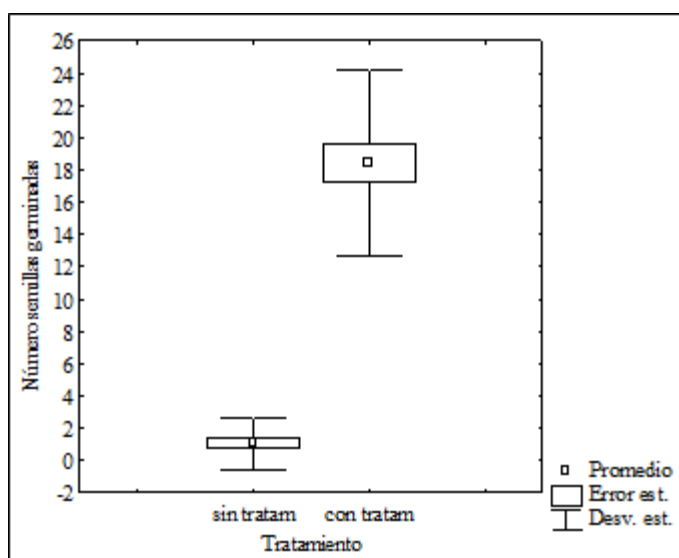


Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas sexuales de *Canna indica* sometidas a choque térmico (con tratamiento) y sin choque térmico (sin tratamiento).

8.2 Parámetros de crecimiento

8.2.1 Peso seco y área foliar.

El peso seco de las plantas se diferenció significativamente entre los tratamientos ($H = 16.036$; $p = 0.014$) (Fig. 1); mientras que el área foliar de las plantas de los tratamientos T3, T4 y T6 fue menor al de las plantas de los demás tratamientos ($F=3.408$; $p= 0.006$) (Fig. 2).

El peso total de las plantas fue muy bajo para un período de 160 días (Fig. 3), en comparación con los resultados obtenidos por Konnerup y Brix (2010), quienes hallaron pesos entre 22 y 24 g en plantas de *C. indica*, expuestas a diferentes concentraciones de nitrógeno NO_3^- y NH_4^+ , en un experimento de 24 días.

En el caso de la achira, es importante resaltar que el aumento de la superficie foliar en las plantas de los T1, T2 y T5 puede ser una respuesta a la continua emisión de fotoasimilados hacia diferentes órganos. Para Schaffer, Searle, Whiley, y Nissen (1996), al aumentar el área foliar, la respiración de mantenimiento se incrementa, de esta manera se necesita más eficiencia del sistema fotosintético y radical para enviar los fotoasimilados y nutrientes hacia la producción de rizomas, flores y frutos.

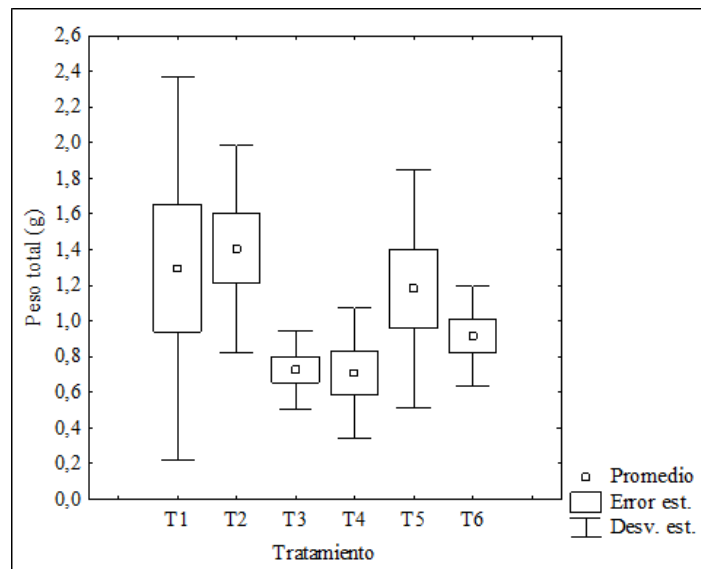


Figura 3. Peso total de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompost.

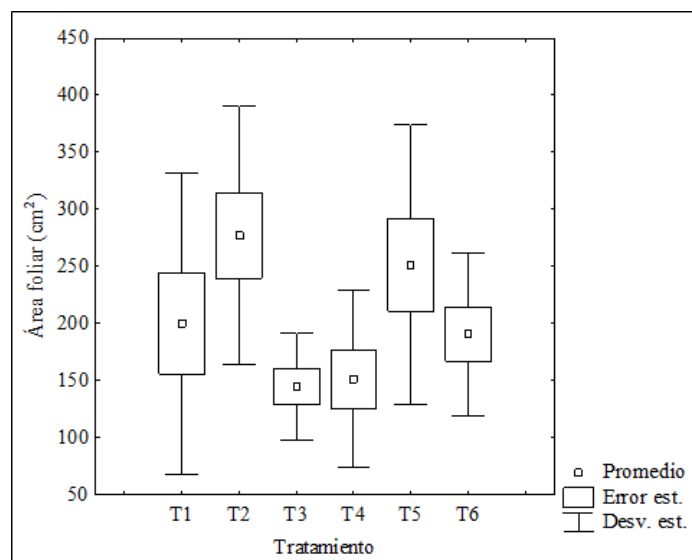


Figura 4. Área foliar total de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricomposto.

8.2.2 Tasa de crecimiento relativa (TCR)

Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=3.130$; $p= 0.010$). Las plantas de los T3, T4 y T6 presentaron la menor tasa de incremento en tamaño por unidad de tamaño y tiempo, y las de los T2 y T5 la mayor TCR, con respecto a las plantas de los demás tratamientos (Fig. 4). Esto sugiere que las plantas tienen una respuesta diferencial de acuerdo a las proporciones de suelo y lombricomposto, lo que se refleja en el crecimiento. De Grazia *et al.* (2006) señalan que aunque el lombricomposto causa resultados satisfactorios sobre el crecimiento de especies cultivadas, cuando este abono está muy enriquecido, puede llegar a ser perjudicial debido a su alto contenido en sales solubles.

Paul y Metzger (2005) encontraron que la berenjena (*Solanum melongena*) y el tomate (*Solanum lycopersicum*) presentaban un alto crecimiento cuando se sembraban en una mezcla de 10% y 20% de lombricomposto respectivamente. De igual forma, Tombion *et al.* (2016) consideran que el efecto más positivo sobre el crecimiento de las plantas se obtiene con la incorporación de 10 a 20% de lombricomposto a la mezcla.

Los valores de la TCR obtenidos en este estudio fueron más bajos que los resultados encontrados por Konnerup y Brix (2010), quienes hallaron una TCR entre 52 y 60 $\text{mg g}^{-1} \text{d}^{-1}$, en plantas de *C. indica*

expuestas a diferentes concentraciones de nitrógeno NO_3^- y NH_4^+ . Estas diferencias posiblemente se deben a que estas plantas crecieron en cultivos hidropónicos enriquecidos con nitrógeno inorgánico, mientras que las utilizadas en este trabajo, crecieron en suelo con lombricompost.

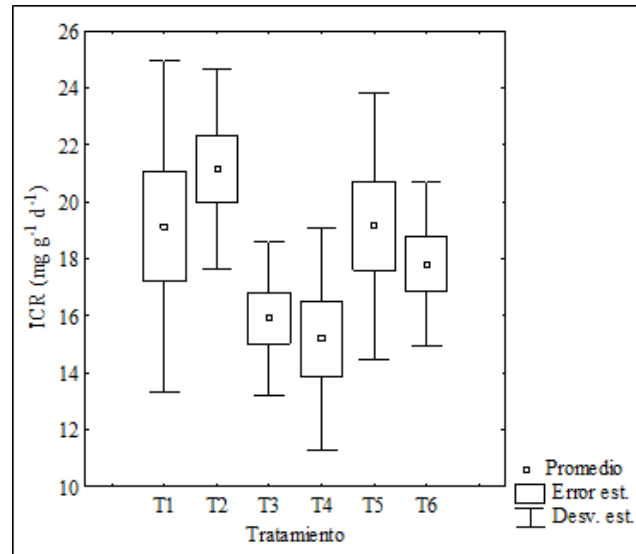


Figura 5. Tasa de crecimiento relativa de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompost.

8.2.3 Tasa de Asimilación Neta (TAN)

La TAN como indicador de la eficiencia fotosintética mostró diferencias significativas entre los tratamientos ($F=3.519$; $p=0.005$). Las plantas de los T2 y T5 presentaron los valores más bajos de la TAN debido posiblemente a que las plantas de estos tratamientos están invirtiendo más en nutrientes que en fotoasimilados con respecto a los demás tratamientos (Fig. 5). La TAN determina el incremento de peso por unidad de área foliar en una unidad de tiempo y según los resultados encontrados, hubo mayor ganancia neta de asimilados por unidad de área foliar en las plantas de los tratamientos T3 y T4. Las plantas que crecieron en estos sustratos invirtieron en mayor área foliar para producir más fotoasimilados que invertir en reproducción vegetativa. Si se compara el comportamiento de la TCR y la TAN, se deduce que son diferentes, aunque se esperaría que se comportaran igual, debido a que, tanto la primera como la segunda dependen de la fotosíntesis, la respiración, las condiciones ambientales y el tamaño de las hojas.

Para Barraza, Fisher y Cardona (2004), los valores altos de la TAN indican mayor ganancia de materia seca por unidad de tejido fotosintético y por unidad de tiempo, lo cual indica una mayor eficiencia fotosintética promedio.

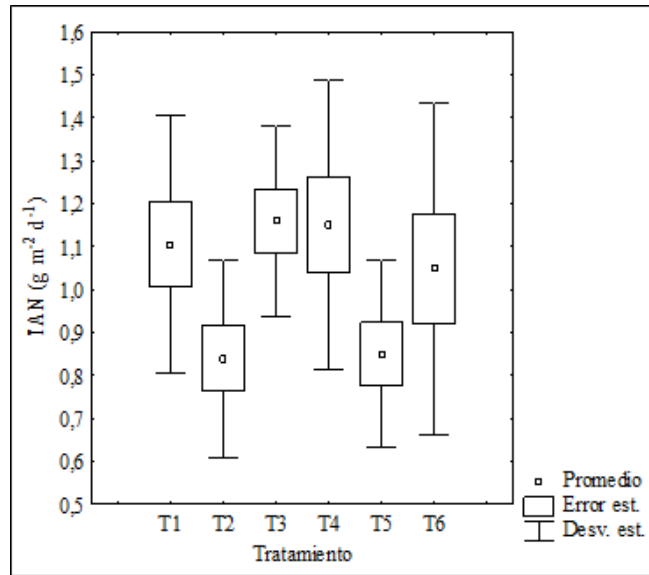


Figura 6. Tasa de asimilación neta de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompost.

8.2.4 Proporción del Área Foliar (PAF).

La PAF fue alta en todos los tratamientos y no se encontraron diferencias entre los mismos ($H = 8.941$; $p = 0.177$) (Fig. 6). Este parámetro que relaciona el área foliar con el peso de la planta, generalmente presenta valores altos en las primeras fases de crecimiento, debido a que las plantas invierten la mayor parte de los fotoasimilados en la actividad fotosintética. Azofeira y Morero (2004) y Orozco-Vidal, Palomo-Gil, Gutiérrez-Del Río, Espinoza y Hernández-Hernández (2008), también encontraron valores de PAF altos, al inicio del ciclo de crecimiento de plantas de chile jalapeño y algodón transgénico respectivamente. Ellos aducen que esto se puede asociar con una estrategia de sobrevivencia de las plantas, con el fin de captar y procesar mejor la energía solar, lo cual es necesario para establecerse rápidamente en el campo, después del trasplante.

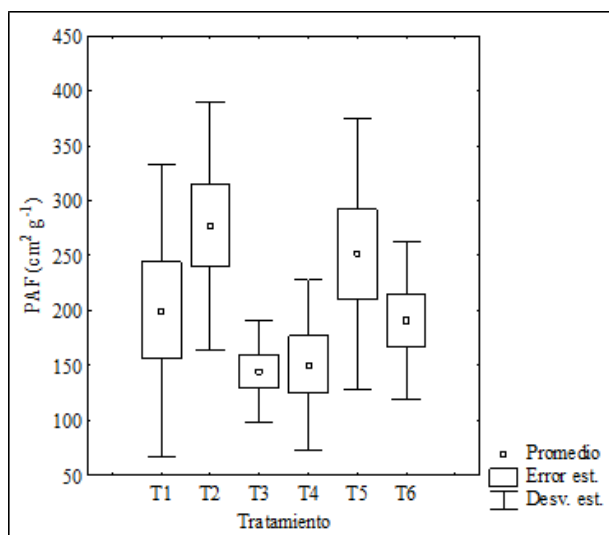


Figura 7. Proporción del área foliar de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricomposteo.

8.2.5 Área Foliar Específica (AFE).

No se encontraron diferencias entre los tratamientos para el AFE ($H = 5.534$; $p = 0.477$) (Fig. 7). Lo anterior sugiere que el comportamiento del área foliar en relación al peso de la hoja, no se ve afectado por el tipo de sustrato. Esto posiblemente se debe a que las plantas estaban bajo las mismas condiciones naturales de iluminación, según Jarma, Rengifo y Araméndiz-Tatis, (2006), la expansión del área foliar y el grosor de la hojas constituyen una respuesta plástica altamente influenciada por la radiación solar.

Los valores del AFE obtenidos en este estudio fueron más altos a los resultados encontrados por Konnerup y Brix (2010), quienes hallaron un AFE entre 259 y 266 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$, en plantas de *C. indica* expuestas a diferentes concentraciones de NO_3^- y NH_4^+ ; posiblemente, porque las plantas de este estudio crecieron en invernadero expuestas a iluminación solar, mientras que las del experimento de Konnerup y Brix (2010) estaban en una cámara de crecimiento.

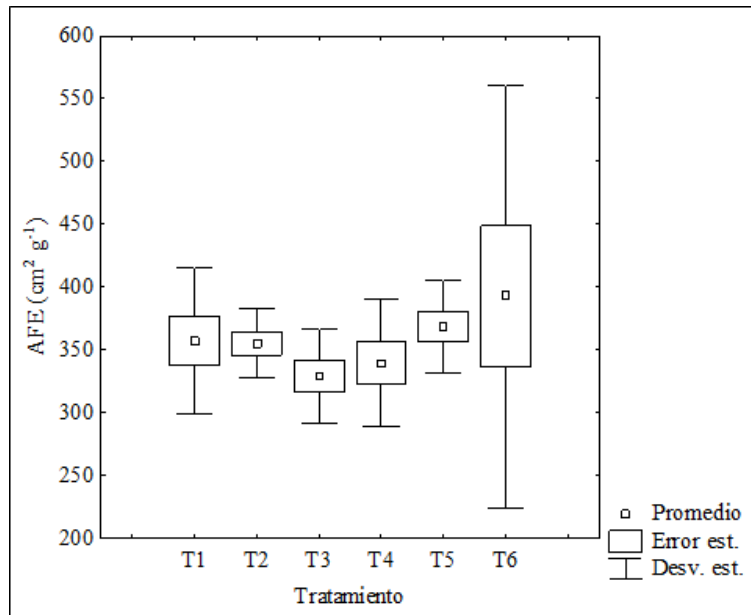


Figura 8. Área foliar específica de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricomposteo.

8.2.6 Proporción del Peso de la Hoja (PPH), el Tallo (PPT) y la Raíz (PPR).

En cuanto al parámetro morfológico que relaciona el peso de las hojas con el peso total de la planta, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=7.862$; $p= 0.000$) (Fig. 8). Las plantas del T1 fueron las que presentaron la más baja proporción del peso de la hoja en relación a la biomasa de la planta, debido a que en este tratamiento la planta invirtió más en tamaño de área foliar que en grosor y peso de la hoja; mientras que las plantas de los demás tratamientos presentaron un PPH más alto.

Zhang, Rengel y Meney (2007) también encontraron en *C. indica* una alta inversión en follaje. Normalmente, la planta invierte más biomasa en el órgano responsable de captar radiación y, por consiguiente, obtiene un crecimiento más rápido (Poorter y Nagel, 2000). La materia seca producida en el proceso fotosintético, tiende a acumularse y los productos son distribuidos a los diferentes órganos de la planta (Gómez, Buitrago, Cante y Huertas, 1999).

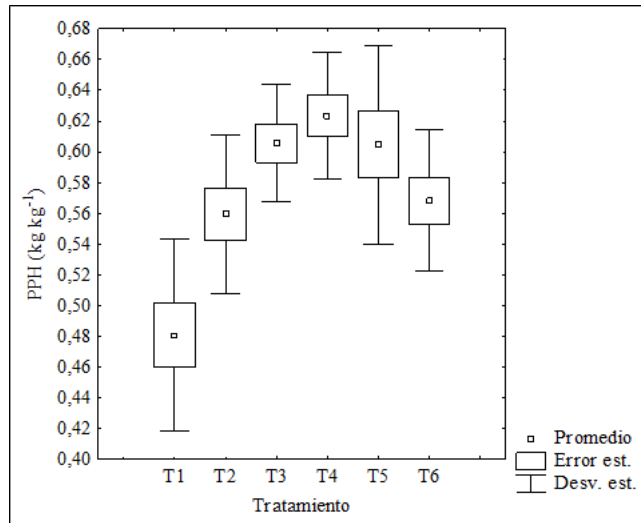


Figura 9. Proporción del peso de la hoja de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.

Las plantas de los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas para el PPT ($F=0.775$; $p=0.593$). La inversión de biomasa en tallo fue pequeña en todos los casos (Fig. 9). Debido a que es una especie herbácea, generalmente, la inversión en tallo no es tan significativa como lo es en especies leñosas.

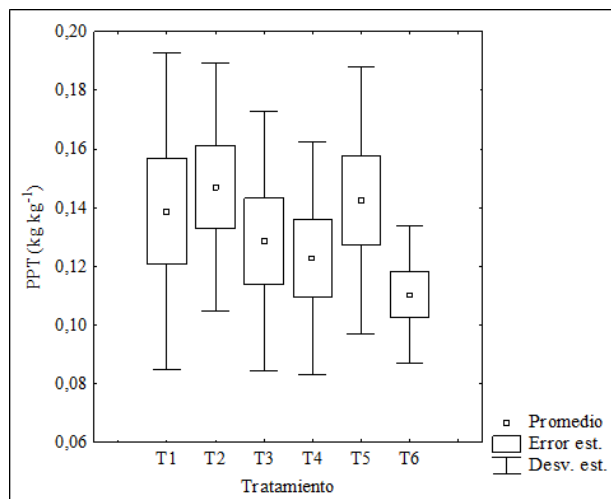


Figura 10. Proporción del peso del tallo de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.

Con respecto a la PPR, se encontraron diferencias entre los tratamientos ($H = 28.075$; $p = 0.000$), siendo las plantas del T1, las que presentaron una mayor inversión en raíces y rizoma (Fig. 10). Esto puede ser un mecanismo de respuesta ante una baja disponibilidad de nutrientes, ya que estas plantas crecieron en 100% de suelo sin lombricompuesto. Generalmente, las plantas que crecen con poca disponibilidad de nutrientes invierten en biomasa radicular para captar más agua y nutrientes minerales del suelo (Poorter y Nagel, 2000). Aunque esto limita el crecimiento de la planta, podría tener algunas ventajas, como una mayor superficie de absorción y una mayor supervivencia en hábitats donde los recursos del suelo (agua y nutrientes) son limitantes (Villar *et al.*, 2004).

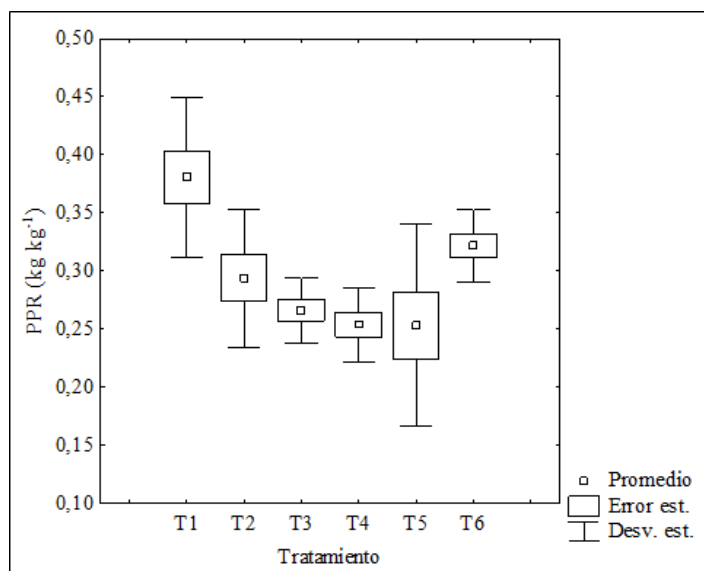


Figura 11. Proporción del peso de la raíz de las plantas de *C. indica* cultivadas en seis sustratos formulados con suelo y lombricompuesto.

Peil y López-Gálvez (2005) indican que la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo, ya que el rendimiento de este viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha. En el caso de la achira, la inversión de biomasa en follaje representa un incremento en la expansión foliar, lo que significa una máxima actividad fotosintética, convirtiéndose en una fuente de asimilados que pueden ser

exportados al tallo para producción de rizomas. La respuesta al comportamiento de las plantas y la inversión que realizan en sus diferentes partes refleja las condiciones medio ambientales.

8.3 Estrategia pedagógica

Una vez realizada la guía de laboratorio para estudiantes de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental del curso de ecología de sexto semestre de la Universidad del Quindío, se realizaron tres laboratorios (Anexo 1). El primer laboratorio consistió en la desinfección, tratamiento de semilla y siembra en vermiculita, que realizaron los estudiantes en el Bioterio de la Universidad del Quindío. El segundo laboratorio, pasados 15 días que las plantas estuvieron en crecimiento en vermiculita y hubieran alcanzado una altura máxima de 10 cm, los estudiantes las trasplantaron a tres tipos de suelo, suelo franco-arcilloso, suelo orgánico y suelo fumífero, recolectados en la vereda la Aldana de la Universidad. Durante tres meses, se regaron las plantas dos veces por semana; siempre y cuando no hubiera lluvia, pues de lo contrario no se regaban; las plántulas estuvieron a temperatura ambiente cubiertas por un polisombra. Finalmente las plantas se llevaron al laboratorio y cuidadosamente se lixiviaron, separando hojas, tallo y raíz. Las hojas se fotografiaron cada una por separado y se analizó la superficie foliar de cada hoja, utilizando el programa Image-J. Después de obtener esta medida, se colocaron en bolsas de papel, al igual que la raíz y el tallo, y se secaron en una estufa de aire forzado a 65°C, hasta peso constante (aproximadamente 48 horas), se obtuvo el peso de cada planta en una balanza. Al final cada grupo de trabajo entregó un informe de laboratorio (Anexo 5,6).

9 Conclusiones

- El porcentaje de germinación de semillas sexuales tratadas fue mayor al de las no tratadas.
- No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para la PAF, el AFE y la PPT.
- Los tratamientos T1, T2 y T5, obtuvieron mayor área foliar, que los tratamientos T3, T4 y T6.
- La TCR fue mayor en T1, T2 y T5 que en los otros tratamientos.
- Los tratamientos T1, T2, T4 y T6 presentaron mayor tasa de incremento en materia seca por unidad de área foliar (TAN) que los otros tratamientos.
- La proporción de lombricomposteo a utilizar debe ser en proporciones menores a la cantidad de suelo aplicado, para atender los requerimientos de *C. indica* para la producción de rizoma y reproducción vegetativa.
- Por medio de los informes de laboratorio, se evidenció un aprendizaje sobre productividad a partir de los parámetros de crecimiento de una especie vegetal por parte de los estudiantes del curso de ecología de sexto semestre del programa de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental de la Universidad del Quindío.

10 Recomendaciones

- Se sugiere realizar una adaptación a este trabajo donde las plantas tengan un espacio más abierto.
- Durante la fase de germinación, se deben aislar las cajas Petri de superficies frías ya que es un factor limitante.
- En la fase de invernadero cubrir el cultivo con polisombra ya que la radiación puede quemar las hojas fácilmente; evitar el exceso de humedad en el suelo, finalmente controlar las plagas preferiblemente con pesticidas orgánicos.
- Se recomienda estudiar el hongo que le da a la semilla en su proceso de germinación.
- Para los agricultores que al obtener plántulas de las semillas, realizar el tratamiento de desinfección y tratamiento de semilla para obtener el éxito reproductivo de las mismas.
- Finalmente, las guías de laboratorio se deben implementar a los estudiantes de universidades para que desarrollen sus conocimientos científicos e investigativos.

11 Bibliografía

Aalok, A., A.K. Tripathi, y P. Soni. (2008). Vermicomposting: A better option for organic solid waste management. *Journal of Human Ecology* 24(1):59-64.

Aguirre-Obando, O y Tapiera, N. (2018). *Laboratorio 5: áreas para responder a preguntas de ecología, en Armenia, Quindío*. Universidad del Quindío.

Andrade-Mahecha, M., Tapia-Blacido, D. & Menegalli, F. (2012). Physical–chemical, thermal, and functional properties of achira (*Canna indica* L.) flour and starch from different geographical origin. *Starch/Starke*, 64, 348-358. doi: 10.1002/star.201100149.

Azofeifa, A y Moreira, M. A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía costarricense*, 28(1), 57-67

Barrera, H., Tapia, C., y Monteros, A (Ed.) (2004). *Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. Quito, Ecuador: Editorial Cosude.

Barraza, F.,Fisher, G. & Cardona, C. (2004). Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el valle del Sinú medio, Colombia. *Agron. Colomb.*, 22(1), 81-90.

Barrera, J., Suárez, D. & Melgarejo, L. (2010). Análisis de crecimiento en plantas. En Melgarejo, L. (ed.), *Experimentos en Fisiología Vegetal* (pp. 25-37). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Caicedo, G., Rozo, L., y Rengifo, G. (2003). *La achira alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina*. Huila, Colombia: Produmedios.

Calapi, M. (2010). *Estudio de factibilidad para la creación de una microempresa productora y comercializadora de harina de achira para la ciudad de Quito* (tesis de pregrado) Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador.

Camacho, A., Acosta, C., Gomez, N., Martinez, J., Romero, J., Vargas, J., y Banda, L. (2013). Crecimiento de *Raphanus sativus* l. con *Arvences Plantago media* L. y *Polygonum nepalense* Meins. *Ciencias agropecuarias*, 1(1), 37-38.

Cooke, I. (2001). *The Gardener's Guide to growing Canna*. Oregón, Estados Unidos. Timber Press. ISBN 978-0-88192-513-5.

De Grazia, J., Tiftonell, P.A. & Chiesa, A. (2006). Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento del pimiento (*Capsicum annun*). *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 195-204.

García, H. Arias, R y Camacho, J. (1998). *Almidón de achira, producción y uso industrial*. Corpoica, Programa nacional de maquinaria y poscosecha. Santa Fé de Bogotá.

Duque, L. & Landázuri, P. (1999). Introducción, micropropagación, conservación *in vitro* y aclimatización a invernadero de *Canna edulis*. *Raíces y tuberculos andinos*. *Avances de investigación 1*. Centro internacional de la papa (CIP). Lima, Perú.

García, H., Arias S., y Camacho, J. (1998) Almidón de Achira, Producción y uso industrial. (tesis de pregrado) Corpoica, Programa Nacional de Maquinaria y Poscosecha. Santa Fé de Bogotá, Colombia.

Gómez, C., Buitrago, C., Cante, M. & Huertas. B. (1999). Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para cultivo fresco y para la industria. *Revista Comalfi*, 26(1-3), 42-55.

Hunt, R. (1978). *Plant growth analysis*. Londres, Inglaterra: Edward Arnold.

Jarma, A., Rengifo, T & Araméndiz-Tatis, H. (2006). Fisiología de estevia (*Stevia rebaudiana*) en función de la radiación en el Caribe colombiano. II. Análisis de crecimiento. *Agronomía Colombiana*, 24(1), 38-47.

Konnerup, D. & Brix, H. (2010) Nitrogen nutrition of *Canna indica*: Effects of ammonium versus nitrate on growth, biomass allocation, photosynthesis, nitrate reductase activity and N uptake rates. *Aquatic Botany*, 92, 142–148. doi:10.1016/j.aquabot.2009.11.004

Khoshoo, T. & Mukherjee, I (1970). Genetic-evolutionary studies on cultivated cannas. *Theoretical and Applied Genetics*, 40(5), 204-217.

Maeso, D. y Walasek, W. (2012). *Evaluación de métodos de desinfección de semillas para disminuir la incidencia del cancro bacteriano del tomate (Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis)*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay. Recuperado de <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429181210174103.pdf>

Martinat, J. (2012). *Efecto del choque térmico simulando la acción del fuego, en la germinación de Fabáceas y Poáceas forrajeras de las Sierras Chicas de Córdoba* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba. Recuperado de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/2329>

Mishra, T., Kumar, A. & Sen, A. (2015). An overview on the *in vitro* regeneration of *Canna*. *Rev. International Journal of Fundamental & Applied Sciences*, 4(2), 39-49.

Orozco-Vidal, J., Palomo-Gil, A., Gutiérrez-Del Río, E., Espinoza, A. B. & Hernández-Hernández, V. (2008). Dosis de nitrógeno y su efecto en la producción y distribución de biomasa de algodón transgénico. *Terra Latinoamericana*, 26(1), 29-35.

Paul, L.C., & Metzger, J.D. (2005). Impact of vermicompost on vegetable transplant quality. *Hort Science*, 40(7), 2020-2023.

Peñaherrera León, M., Chiluita García, K., & Ortiz Colón, A. M. (2014). Inclusión del Aprendizaje Basado en Investigación (ABI) como práctica pedagógica en el diseño de programas de postgrados en Ecuador. Elaboración de una propuesta. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 5(2), 204–220.

Peil, R. M. N. & López-Gálvez, J. (2005). Effect of fruit removal on growth and biomass partitioning in cucumber. *Acta Horticultrae*, 588. DOI:10.17660/ActaHortic.2002.588.9.

Poorter, H. & Nagel, O. (2000). The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO₂, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology*, 27(12), 595-607.

Picardo Joao, O., Balmore Pacheco, R., & Escobar Baños, J. C. (2004). Diccionario enciclopédico de ciencias de la educación. San Salvador: El Salvador.

Rakesh, P., Vijay, P., Madurima, D., Mahesh, M. & Ramesh, Ch. M. (2017). Plant Growth Analysis. En Vijay, P., Rakesh, P. & Madam, P. (Eds.), Manual of ICAR Sponsored Training Programme for Technical Staff of ICAR Institutes on Physiological Techniques to Analyze the Impact of Climate Change on Crop Plants (pp 103-107). New Delhi, India: ICAR-Indian Agricultural Research Institute (IARI).

Rodríguez, G.; García, H. & Otros. EL almidón de Achira o Sagú (*Canna edulis* Ker) Manual Técnico para su elaboración. Corpoica Y Programa nacional de Transferencia de tecnología Agropecuaria. Tibaitatá, Colombia 2003 p. 33.

Sánchez, J. (2004). *Las especies del género Canna L. (cannaceae) cultivadas en España*. Recuperado de: <http://jmanuel.arrakis.es/Canna.pdf>

Sanabria, D. Silva-Acuña, R. Oliveros, M. y Barrios, R. (2001). Escarificación química y térmica de semillas subterráneas de *Centrosema rotundifolium*. *Bioagro*. Recuperado de <https://www.redalyc.org/html/857/85713305/>

Schaffer, B.C., Searle, C., Whiley, A.W. & Nissen, R.J. (1996). Effects of atmospheric CO₂ enrichment and root restriction on leaf gas exchange and growth of banana (*Musa*). *Physiol. Plant.*, 97, 685-693.

Solis, J. (2012). *Eliminación de latencia en semilla de falsa yuca (Hesperaloe funifera Trel.) utilizando tratamientos físicos, químicos y mecánicos, bajo condiciones de laboratorio*. (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Tombion, L., Puerta, A. V., Barbaro, L. A., Karlanian, M. A., Sangiacomo, M. A. & Garbil, M. (2016). Características del sustrato y calidad de plantines de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según dosis de lombricompost. *Chilean J. Agric. Anim. Sci.*, 32(2), 110-116.

Tun, G. (2008). *Efectividad biológica del fungicida oxiclóruo de cobre para el control del tizón tardío *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary en papa *Solanum tuberosum* L.* (Tesis de pregrado)

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Recuperado de [http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4279/T16756%20TUN%20TUCUC H,%20GERARDO%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4279/T16756%20TUN%20TUCUC%20H,%20GERARDO%20MANUEL%20%20TESIS.pdf?sequence=1)

UNOCANC. (Sf). Capítulo 5. Producción orgánica de achira, achera o atzera (*Canna edulis Ker-Gawler*) En M.B. Suquilanda. (Ed.), *Producción orgánica de cultivos andinos (Manual técnico)* (pp. 59-71). Apoyo: FAO y Ministerio de agricultura, ganadería, acuacultura y pesca.

Villar, R., Ruíz, R. J., Quero, J. L., Poorter, H., Valladares, F. & Marañón, T. (2004). Tasas de crecimiento en especies leñosas: Aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. En Valladares F. (ed.), *Ecología del bosque Mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 191-227). Madrid: Ministerio del Medio Ambiente, EGRAF, S.A.

Zhang, Z., Rengel, Z., & Meney, K. (2007). Growth and resource allocation of *Canna indica* and *Schoenoplectus validus* as affected by interspecific competition and nutrient availability. *Hydrobiologia*, 589(1), 235-248. doi:10.1007/s10750-007-0733-3.

12 Anexo 1. Guía de laboratorio para práctica de productividad

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

FACULTAD DE EDUCACIÓN

PRÁCTICA DE ECOLOGÍA: Productividad (Parámetros de crecimiento)

DOCENTES PRÁCTICANTES: Tatiana Flórez Londoño y Jessica Valencia Correa

Introducción

Los estudios detallados del crecimiento de las plantas permiten cuantificar diferentes aspectos del mismo: la duración del ciclo de vida, la definición de las etapas de desarrollo y la distribución de los fotoasimilados por órganos. Además, los análisis de crecimiento son básicos para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal, y así fundamentar racionalmente las prácticas de manejo de los cultivos: nutrición, riego, podas, estrategias de protección, entre otras (Azofeifa y Moreira, 2004).

El crecimiento se define como un incremento constante en el tamaño de un organismo, que está acompañado de dos procesos: morfogénesis y diferenciación. El primero es el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano y el segundo, es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas (Taiz y Zeiger, 1991). Ambos procesos se pueden medir mediante la tasa absoluta de crecimiento, en función de la cantidad de materia seca en crecimiento presente y la tasa de funcionamiento de esta, en relación con la influencia del ambiente (Milthorpe y Moorby, 1982).

El peso seco es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido, frecuentemente al área foliar total. Esta es la medida usual del tejido fotosintetizador de las plantas. Además, la cantidad de área foliar es importante porque determina el importe de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos.

Con el fin de conocer el potencial y las limitaciones de las plantas en cualquier situación de manejo, es necesario entender la naturaleza del proceso de crecimiento. Para esto existen parámetros vegetales como la biomasa foliar y el Área Foliar Específica (AFE $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), los cuales son fáciles de medir y están muy correlacionados con la tasa de crecimiento de las plantas. El AFE se define como la razón entre el área foliar y el peso de la hoja; es un índice de espesor y

densidad de la hoja, o bien, es la medida del follaje de la planta con base en el peso seco (Welschen y Bergkotte, 1994).

Para la evaluación del crecimiento de las plantas se utilizan también los siguientes índices:

RGR (Relative Growth Rate) Tasa de Crecimiento Relativo

$TCR = (\ln \text{ peso seco final} - \ln \text{ peso seco inicial}) / \text{tiempo}$

El TCR se da en mg por día, entonces el peso que está en gramos se pasa a miligramos, multiplicándolo por mil.

NAR (Net Assimilation Rate) Índice de Asimilación Neta

$TAN = RGR / \text{Área foliar}$

El TAN se da en g por m² por día

LAR (Leaf Area Rate) Índice de Área Foliar

$IAF = \text{Área foliar} / \text{Peso seco total de la planta}$

El IAF se da en m² por kg

SLA (Specific Leaf Area) Área Foliar Específica

$AFE = \text{Área foliar} / \text{Peso seco de las hojas}$

El área foliar específica se da en m² por kg.

LWR (Leaves Weight Rate) Relación del Peso Foliar

$RPF = \text{Peso seco de las hojas} / \text{Peso total de la planta}$

La RPF se da en g.

SWR (Stem Weight Rate) Relación del Peso del Tallo

$RPT = \text{Peso seco del tallo} / \text{Peso total de la planta}$

La relación del peso del tallo se da en g.

RWR (Root Weight Rate) Relación del Peso de la Raíz

$RPR = \text{Peso seco de la raíz} / \text{Peso total de la planta}$

La relación del peso de la raíz se da en g.

Objetivo

- Evaluar el crecimiento de una especie vegetal, de interés económico, en tres tipos de suelo con características físicas y químicas diferentes.

Materiales y métodos

Materiales

- 30 vasos desechables grandes
- Vermiculita
- Suelo franco-arcilloso
- Suelo orgánico
- Suelo fumífero
- Semillas pregerminadas de achira
- Estufa de secado
- Periódico
- Balanza

Metodología

Germinación y diseño experimental.

Para realizar el experimento, primero se deben someter las semillas a un proceso de desinfección básico y pasar por un choque térmico para ablandar la testa, después se ponen a germinar en cajas de Petri sobre papel secante de cocina humedecido con agua destilada para conservar la humedad. Una vez hayan germinado y alcanzado una longitud máxima de 2 cm, se pasan a vasos que contengan vermiculita.

La vermiculita es el nombre que se le otorga a este mineral proveniente de la familia de las Micas. Está compuesto de silicatos de magnesio, hierro y aluminio. Se puede utilizar como sustrato de cultivo para favorecer la propagación de todo tipo de plantas, siempre que exista una buena aireación. También sirve para realizar ensayos de germinación de semillas. Incluso es capaz de retener gran cantidad de agua, ayudando a mantener los nutrientes para que puedan asimilarse de la mejor forma. Las características de la vermiculita son las siguientes: Tiene un pH neutro, es liviana, es libre de plagas, enfermedades y flora arvense, favorece la aireación, absorbe agua en grandes cantidades y su brillo incrementa la reflexión de la luz.

Cuando las plantas alcancen una altura máxima de 10 cm (esta altura es de la parte foliar), se trasplantan a bolsas de un kilogramo de acuerdo con el siguiente diseño experimental:

Seis bolsas con suelo fumífero, seis bolsas con suelo franco-arcilloso y seis bolsas con suelo orgánico. En cada bolsa se siembra una plántula. Las plántulas a trasplantar deben tener la misma edad.

Cosecha y estimación del crecimiento de las plantas.

Para realizar el análisis de crecimiento se debe tener en cuenta la biomasa seca inicial y final de las plántulas. La biomasa seca inicial se infiere a partir de 6 plántulas con 5 cm de altura, secadas en una estufa a 65 – 70 °C, hasta peso constante (aproximadamente 48 horas).

Después de transcurridos 45 días se cosechan las plantas que se trasplantaron a las bolsas, teniendo cuidado de no dañar las raíces cuando se extraigan del sustrato. Las plantas se separan en hojas, tallo y raíces. Cada parte vegetal se coloca en una bolsa de papel periódico, debidamente rotulada. Las raíces y los tallos guardados en sus respectivas bolsas, se ponen a secar en la estufa, a la misma temperatura y tiempo de secado utilizado con las plántulas iniciales. Las hojas frescas de cada planta se deben fotografiar, cada hoja por separado, con una escala (regla o instrumento de longitud conocida). Se encuentra la superficie foliar de cada hoja, utilizando el programa Image-J (Aguirre-Obando y Tapiero, 2018). Después de obtener esta medida, se secan en la estufa a la misma temperatura que se secaron las raíces y los tallos.

Los pesos secos obtenidos se utilizan para obtener los índices de crecimiento, descritos en la introducción. A los parámetros de crecimiento se les realizará un ANOVA para comprobar si hay diferencias entre tratamientos para los parámetros de crecimiento.

Bibliografía

Aguirre-Obando O y Tapiera N. 2018. Laboratorio 5: áreas para responder a preguntas de ecología, en Armenia, Quindío. Universidad del Quindío.

Azofeifa A, Moreira M. 2004. Análisis del crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. CV. Hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 28(001):57-67.

Milthorpe F, Moorby J. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 259 p.

Taiz L, Zeiger E. 1991. Plant physiology. California. Benjamin Cummings. USA. 565 p.

Welschen R, Bergkotte M. 1994 *Handbook of methods ecophysiology. Dpt. Plant Ecology and Evolutionary Biology*. Utrecht University, Uthrecht.

13 Anexo 2. Fotos de trabajo en campo, laboratorio y desarrollo de la guía propuesta con estudiantes de ecología de Licenciatura en Biología y Educación Ambiental de la Universidad del Quindío



Figura 12. Secuencia fotográfica de primera práctica de laboratorio. Germinación y siembra de semillas de *Canna indica* en vermiculita dirigida por las autoras de este trabajo. 2018





Figura 13. Secuencia fotográfica de segundo laboratorio de siembra de *Canna indica* en los diferentes tipos de suelo, dirigida por las autoras de este trabajo. (2018)



Figura 14. Fotografías de tercer laboratorio; análisis de parámetros de crecimiento de *Canna indica* dirigida por las autoras de este trabajo (2019)

14 Anexo 3. Análisis de suelo de la vereda la Aldana, realizado por la Universidad Tecnológica de Pereira.

 Universidad Tecnológica de Pereira	VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES, INNOVACIÓN Y EXTENSIÓN LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES INFORME DE ENSAYOS DE SUELO		Código Versión	123-LAS-F02 1
			Fecha Página	12/05/2018 1 de 1

LABORATORIO DE ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS Y FOLIARES

Solicitante: Tatiana Florez Londono Finca: La Aldana Departamento: Quindío Municipio: Armenia Vereda: La Aldana Teléfono: 3110640130	Tipo de muestra: Suelo Tipo de análisis: Fertilidad Número de muestras: 1 Cultivo: Avena	Fecha de aplicación del ensayo: 12/05/2018-02/02 Fecha de impresión: 17 de agosto de 2018 # de Registro: 127 Fecha de registro: 12 de agosto de 2018
---	---	---

#Registro	Lote	p.H	%		mg/100 g Suelo				partes por millón							mg/100g de suelo	C.E	Textura			
			N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.I.C					
137	1	5.8	0.05	0.9	0.2	1.0	0.1	***	9	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	Arcilloso

#Registro	RELACIONES							S/C	S/Mn	D _a	D _r	S/Potencial	Relacion Humedad (1:1)cm	Relacion Humedad (1:5)cm
	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca(Mg+K)	S/C	S/Mn							
137	2	10	1	0.4	10.0	4	3.0	0.5	9.2	1.24	2.54	51	26	18

Mm: Mineralización
 Da: Densidad aparente
 Dr: Densidad relativa

METODOLOGIAS

Muestra seca a 60°C durante 48 horas
 pH: Potenciométrico en agua (1:1)
 Materia Orgánica (M.O): Walkley Black Potenciométrico
 Fósforo (P): Bray E. Fotométrico
 Sales (K, Ca, Mg, Na): Acetato de Amonio Absorción Atómica
 Sulfuro: Extracción KCl Volumétrica
 ***: Si pH < 6 = a 5.2

Magnesio (Ca, Mg, Zn, Cu): Acetato de Amonio + EDTA Absorción Atómica
 Boro (B): Extracción con Fosfato monocalcico Azorina H. Fotométrica
 Azufre (S): Extracción con Fosfato monocalcico Turbidimétrica
 Textura: Al tacto
 Solubilidad: Pasta salina con agua Absorción Atómica
 Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C): Pasta salina con agua Conductometría


 Coordinador Laboratorio de Análisis de Suelos y Foliar
 GERMAN ANTONIO MUNERA VELEZ

*El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez ingrese al mismo.
 *Los análisis fueron realizados en las condiciones ambientales del laboratorio.
 *Este resultado hace referencia única y exclusivamente a la muestra analizada.
 *Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados.
 *No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya autorizado previamente, permiso por escrito del cliente.
 *Este reporte es confidencial entre el cliente y el Laboratorio de Suelos de la U.T.P.

15 Anexo 4. Análisis de lombricomposto de la Universidad del Quindío realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad del Quindío.



UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

LABORATORIO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS



Solicitante MARIA OLIVA BONILLA

Departamento QUINDIO

Municipio ARMENIA

Vereda _____

Finca LA ALDANA U.Q.

Fecha de Recepción muestra OCTUBRE 12/2018

Tipo de análisis CARACTERIZACIÓN

Identificación o No de la muestra 491

Cultivo actual _____

Densidad _____

# Registro	Lote	p.H	%		meq/100 g Suelo					Partes por millon							Textura	
			N	M.O	K	Ca	Mg	Na	Al	P	Fe	Cu	Zn	Mn	B	S		
491	LOTE UNICO	6,4	2,66	13,3	13,00	20,98	4,20	0,00	0,0	>140								FRANCO ARENOSO

RELACIONES

Lote	Ca/k	Mg/k	Ca/Mg	a+Mg)/k	%C
491	1,61	0,32	5,00	1,94	7,71

METODOLOGIAS

Muestra seca a: 60°C durante 48 horas

pH : Potenciómetro en agua (1:1)

Materia Orgánica (M.O) Walkley-Black Fotométrico

Fósforo (P) Bray II. Fotométrico

Bases (K,Ca,Mg) Acetato de Amonio. Absorción Atómica

Aluminio Extracción KCL. Volumetría

Nitrógeno Si pH < 5,2
Cálculo

Menores (Fe,Mn,Zn,Cu): Acetato de Amonio+EDTA. Absorción atómica

Boro (B) Azomethina H. Fotométrico

Azufre (S) Extracción con Fosfato monocálcico. Turbidimétrico

Textura Al Tacto

Capacidad de Intercambio catiónico (C.I.C) colorimetría

Carbono Cálculo

* Este resultado hace referencia exclusivamente a la muestra analizada

* Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados

* Igualmente el reporte es confidencial entre el cliente y el Laboratorio de suelos de la Universidad del Quindío.



Firma del Responsable

NOVIEMBRE 12/2018

Fecha de Reporte



UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

INDICE GENERAL DE FERTILIDAD DEL SUELO



PARAMETROS RESULTADO INTERPRETACIÓN

TEXTURA

ELEMENTOS		
pH	6,4	LIGERAMENTE ACIDO
% DE MATERIA ORGÁNICA (MO)	13,3	
% de C.O.	7,71	
Fósforo (P) ppm	>140	ALTO
Potasio (K) cmol/kg o meq/100gr	13	ALTO
Calcio (Ca) cmol/kg o meq/100gr	20,98	ALTO
Magnesio (Mg) cmol/kg o meq/100gr	4,2	ALTO
Alumino (Al)cmol/kg o meq/100 gr	0	BAJO
Boro (B) ppm	0	BAJO
Azufre (s) ppm	0	BAJO
Manganeso (Mn) ppm	0	BAJO
Hierro (Fe) ppm	0	BAJO
Zinc (Zn) ppm	0	BAJO
Cobre (Cu) ppm	0	BAJO

% Materia Orgánica			
	Bajo	Medio	Alto
Frío	< 5	5 - 10	> 10
Medio	< 3	3 - 5	> 5
Cálido	< 2	2 -3	> 3

16 Anexo 5. Informe final de práctica de laboratorio realizada por los estudiantes Juan

Felipe Morales, Valentina Cortéz y Maria Isabel Caicedo



Productividad, parámetros de crecimiento

Juan Felipe Morales, Valentina Cortez y Maria Isabel Caicedo

Universidad del Quindío



INTRODUCCIÓN

La achira es de origen Sudamericano, según Gade, hallazgos arqueológicos en el Perú demuestran que su cultivo data de 2500 años A.C. Los Incas la cultivaron hace once siglos. Se especula que Colombia sería el centro de dispersión. La achira existe en toda la América tropical; es cultivada en Brasil, Perú, Bolivia, India, Asia, Polinesia, y Africa. En Colombia es cultivada con fines comerciales en el oriente de Cundinamarca (Provincia de Cáqueza), en Nariño, Cauca y en el departamento del Huila en los municipios de Isnos, San Agustín, Gigante, Tarqui, Altamira, Suaza y La Plata.

La Achira mejor conocida en otros lugares como Canna Indica, biri o caña de India, es una planta perenne la cual pertenece al reino plantae de la familia Cannaceae. Se caracteriza por medir alrededor de 4 m de altura y por ser originaria del Sur de América específicamente en Colombia (principalmente cultivada por culturas indígenas).

Presenta las siguientes características generales: Rizomas abundantes, esféricos, cilíndricos o en forma de trompo, miden de 5 a 20 cm de largo por 3 a 12 cm de ancho. En su superficie presentan surcos transversales que marcan la base de las escamas que los cubren; de la parte inferior del rizoma salen generalmente las raicillas blancas y cilíndricas y del ápice el pseudotallo, las hojas y el vástago floral.

Los tallos son de 0.40 a 2.5 metros de altura, están cubiertos por las vainas envolventes de las hojas; los peciolo son generalmente oblongos, ovales, oblongo elípticos de 0 a 70 cm de largo y de 5 a 30 cm de ancho. Las flores tienen racimos laxos, simples o bifurcados de color amarillo, rojo; son rojas por dentro y por fuera anaranjadas. Los frutos son cápsulas de tres celdas con semillas esféricas de color negro.

Es una de las raíces más robustas; crece en una amplia variedad de climas y en suelos donde otros rizomas no podrían desarrollarse, tienen pocos problemas con

enfermedades y plagas, es fácil de propagar y generalmente es plantada en surcos que ayudan a retener la humedad. Los rizomas tienden a emerger a la superficie (geotropismo negativo) y son cosechados en la misma forma que la papa.

La achira se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2700 msnm. En el Huila se han obtenido rendimientos óptimos entre los 800 y 1850 msnm, donde se desarrolla la investigación. Requiere temperaturas tropicales, áreas libres de heladas durante el periodo de maduración de los rizomas. Los máximos rendimientos son obtenidos donde los días y las noches son medio cálidos con períodos cortos de variación de temperatura. En términos generales se desarrolla desde los 9 hasta los 30 a 32 °C (Caicedo, 2004).

Con la práctica se pretendió evaluar el crecimiento de una especie vegetal, de interés económico, en un tipo de suelo con características físicas y químicas específicas.

MATERIALES Y METODOS

Germinación y diseño experimental:

Para realizar el experimento, primero se sometieron las semillas a choque térmico para ablandar la testa y después se colocaron a germinar en cajas de Petri sobre papel de filtro. Una vez germinó y alcanzó una longitud de 5 cm, se pasaron a vasos que contenían vermiculita.

Cuando las plantas alcanzaron una altura máxima de 10 cm (esta altura es de la parte foliar), se trasplantaron a bolsas de 2 kilos de acuerdo con el siguiente diseño experimental: 6 bolsas con tierra negra, 6 con arena y 6 con mezcla de suelo negro y lombricompostado (relación 1:1). En cada bolsa se sembró una plántula. Las plántulas a trasplantar debían tener la misma edad.

Cosecha y estimación del crecimiento de las plantas:

Para realizar el análisis de crecimiento se debió tener en cuenta la biomasa seca inicial y final de las plántulas. La biomasa seca inicial se infiere a partir de 6 plántulas, secadas en una estufa a 65 – 70 °C, hasta peso constante (aproximadamente 48 horas).

Después de transcurridos 126 días, se cosecharon las plantas, se trasplantaron a las bolsas, teniendo cuidado de no dañar las raíces cuando se extrajeron del sustrato. Las plantas se separaron en hojas, tallo y raíz. Cada parte vegetal se colocó en una bolsa de papel, debidamente rotulada. Las raíces y los tallos guardados en sus respectivas bolsas, se pusieron a secar en la estufa, a la misma temperatura y tiempo de secado utilizado con las plántulas iniciales. Las hojas frescas de cada planta se fotografiaron, cada hoja por separado, con una escala (regla o instrumento de longitud conocida). Se encontró la superficie foliar de cada hoja, utilizando el programa Image-J. Después de obtener esta medida, se secaron en la estufa a la

misma temperatura que se secaron las raíces y los tallos.

Los pesos secos obtenidos se utilizan para obtener los índices de crecimiento, descritos a continuación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La planta de Achira por lo general presenta unos rizomas que miden de 5 a 20 cm de largo y un tallo de 0.40 a 2.5 m de altura (Caicedo, 2004), el ciclo de vida de esta planta es de 6 a 12 meses, en este tiempo las hojas y los tallos de la planta se marchitan, esto dependiendo también de las condiciones agro ecológicas de cada región (Caicedo y col. 2003). Teniendo en cuenta estos datos podemos inferir que nuestras plántulas no estaban ni en la mitad de su ciclo de vida, por consiguiente su desarrollo no estaba completo ya que las plántulas estudiadas tenían aproximadamente 126 días (4 meses).

En promedio la planta de Achira tuvo una **tasa de crecimiento relativo (TCR)** de 0.029 mg por día y un error estándar de 0.0007, lo que nos indica la exactitud de los datos. Cabe resaltar que no se encontraron trabajos de referencia para la variante (TCR) en la planta de Achira, pero en comparación con el trabajo del chile jalapeño *Capsicum annuum* de Azofeifa y Moreira en el 2004, el crecimiento de las plántulas de Achira fue mayor a las de jalapeño en un periodo de tiempo relativamente igual, ya que el jalapeño tuvo una baja en la TCR a los 120 días, dando un valor negativo de -1 mg; en comparación con las plántulas de

Achira las de jalapeño ya estaban terminando su época reproductiva por eso la planta entro en decadencia, por su parte las plántulas de Achira cultivadas no habían entrado todavía a su adultez.

La tasa de asimilación neta (TAN) es la eficiencia fotosintética promedio de la muestra (21 plantas), la capacidad que tiene la planta para incrementar su masa seca en función del área asimilatoria en un periodo de tiempo depende del área foliar, la disposición y edad de las hojas y en los procesos de regulación interna (Ayala, 2016). En promedio la TAN de la muestra de Achira fue de 0.001 g/m²/día, con un error estándar de 0.0001; en comparación con las 3 especies de Sacha inchi transcurridos el mismo intervalo de tiempo la Achira fue más eficiente fotosintéticamente, ya que Sacha inchi tuvo una TAN de 0.0005 g/m²/día a los 130 días. Esto porque la Sacha inchi en esta etapa ya estaba grande y algunas de sus hojas estaban en la sombra por lo tanto no podían hacer fotosíntesis, por su parte la Achira aún era una planta pequeña y todas sus hojas estaban expuestas la luz solar.

(IAF) Índice Área Foliar es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área de las hojas de un cultivo expresado en m² y el área de suelo sobre el cual se encuentra establecido, también expresado en m². El IAF permite estimar la capacidad fotosintética de las plantas y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada (Intagri, 2017). Se compararon los valores obtenidos 6.82

m²/kg con un error estándar de 0.950 más o menos alto, con los resultados obtenidos por Warnock y colaboradores en el 2006 en cuanto a 6 cariotipos de Caraota (un tipo de frijol), en donde se obtuvo un IAF de 5.2 m²/kg a los 73 días de sembrado, se puede observar un valor un poco mayor en la Achira, esto se explica porque en esta última se todo el dato a los 126 días de la siembra, además la Achira presenta unas hoja mucho más grandes y gruesas que el Caraota.

El **área foliar específica (AFE)** es definido como la superficie por unidad de peso seco de la hoja. En promedio el AFE de la muestra fue de 14.171 m²/kg con un error estándar de 1.192, lo que nos indica que los valores de la muestra no son exactos. Por su parte Norero y Pilatti en el 2002 dicen que normalmente el AFE de hojas individuales varía entre 0.0125 y 0.05 m²/kg y que no es frecuente que el promedio de todas las hojas sea inferior a 0.017m²/kg; comparando estos valores con los valores obtenidos de la muestra de Achira estos últimos tienen una superficie en relación con el peso bastante amplia, cabe resaltar que la inexactitud de la muestra no permite hacer una comparación más acorde a los datos bibliográficos.

La Relación peso Foliar (RPF) determina la distribución de asimilados hacia las hojas, y es un indicador de la frondosidad de la planta. En promedio el RPF de la muestra fue de 0,461 g con un error estándar de 0,125 lo que nos indica que los valores de la muestra son medianamente exactos. En comparación con tres variedades de algodón CIAN precoz 0.46, fiber max 0.45 y nuCot 35B 0.41g podemos decir que la distribución de asimilados hacia las hojas en las cuatro plantas es el mismo a

pesar de las diferencias estructurales de ambas especies (Palomo y col, 2003).

En promedio la **relación del peso seco del tallo (RPT)** en plantas de Achira fue de 0.366 g con un error estándar de 0.024, comparando estos valores con diferentes variedades de papa como Diacol capiro 0.304 g, esmeralda 0.301 g y pastusa suprema 0.280 g, podemos decir que la RST en la Achira y en la las tres variedades oscila en los mismos valores, aunque es un poco más alta la de la Achira tal vez por ser un tallo que aunque pequeño carnoso, por su parte los tallos en la papa son delgados y filamentosos (Ñúste y col, 2009).

La **relación del peso de la raíz (RPR)** se refiere a la proporción de biomasa que esta invertida en la raíz, el promedio de la RPR de la Achira fue de 0.171 g con un error estándar de 0.013. En comparación con el Chile jalapeño en un intervalo de tiempo similar al de la muestra en cuestión (124 a 138 días), el RPR de este último fue de 0.036 y 0.045 g respectivamente, lo que nos indica que la proporción de biomasa invertida en la raíz fue mayor en la Achira, esto teniendo en cuenta el tamaño de la raíz de ambas plantas en comparación con toda la planta, por su parte el Chile jalapeño es una planta mucho más grande que la Achira y, a los 100 días ya estaría pasando su periodo de cosecha, por su parte la Achira es una planta mucho más pequeña, y cuando se tomó para procesarla aún estaba inmadura, por ende la proporción en ambas especies va a ser diferente (Azofeifa y Moreira, 2004).

En conclusión en las muestras que presentaron un error estándar bajo se pudo hacer una comparación más acorde con la bibliografía, que cuando el error estándar era alto y los datos no coincidían

mucho con la teoría. Se hizo evidente la poca teoría que hay frente al tema de evaluación del crecimiento de la planta de Achira y como a pesar de los pocos cuidados que se tuvo con esta, la planta logro crecer de manera normal, sin alteraciones notorias en los índices evaluados.

También se puede decir que los índices de AFE y RPF son útiles para establecer diferencias entre variedades como el grosor de las hojas y vigor de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

Ayala G. (2016). Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. Cundinamarca, Colombia: Universidad de ciencia aplicada y ambiental.

Azofeifa A., Moreira M. (2004). Análisis del crecimiento del chile jalapeño *Capsicum annuum* L. cv. Hot. Alajuela, Costa Rica: Agronomía costarricense.

Caicedo G. (2004). El cultivo de Achira, alternativa de producción para el pequeño productor. Lima, Perú: Centro internacional de la papa.

Caicedo G., Rozo L., Rengifo G. (2003). La Achira alternativa agroindustrial para áreas de economía campesina. Bogotá, Colombia: Produmedios.

Extraído

de www.intagri.com/articulos/cereales/el-indice-de-area-foliar-iaf -

Esta información es propiedad intelectual de **INTAGRI S.C.**, Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial.

Norero A., Pilatti M. (2002). Enfoque de sistemas y modelos agronómicos. Santa Fe, Argentina: centro de publicaciones UNL.

Ñúste C., Santos M., Segura M. (2009). Acumulación y distribución de materia seca de cuatro variedades de papa *Solanum tuberosum* L. Medellín, Colombia: Facultad nacional de agronomía.

Palomo A., Orozco J., Gutiérrez E., Espinoza A., Rodrigas S. (2003). Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales.

Warnock R., Valenzuela J., Trujillo A., Madriz P., Gutiérrez M. (2006). Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. Agronomía tropical.

17 Anexo 6. Informe final de práctica de laboratorio realizada por los estudiantes Daniela Fajardo

Gómez; Linda Katherine García Solano y Dayana Cuatin Pantoja

Productividad (Parámetros de crecimiento) en plántulas de Achira (*Canna indica*)

¹ Daniela Fajardo Gómez; ²Linda Katherine García Solano & ³Dayana Cuatin Pantoja

Introducción

La achira es una planta de origen Sudamericano que pertenece al orden de las Escitamiáceas, familia Cannaceae, en la cual se han descrito más de 100 especies. Las Cannas son cultivadas como flores predilectas de jardín y algunas especies como la *Canna edulis* para la obtención de almidón. Esta especie tiene los siguientes sinónimos *Canna rubricaulis* Link, *Canna esculenta* Lodd. *Canna indica* Ruiz. Presenta las siguientes características: Rizomas abundantes, esféricos, cilíndricos o en forma de trompo, miden de 5 a 20 cm de largo por 3 a 12 cm de ancho. Los tallos son de 0.40 a 2.5 metros de altura, están cubiertos por las vainas envolventes de las hojas; los pecíolos son generalmente oblongos, ovales, oblongo elípticos de 0 a 70 cm de largo y de 5 a 30 cm de ancho. Las flores tienen racimos laxos, simples o bifurcados de color amarillo, rojo; son rojas por dentro y por fuera anaranjadas. Los frutos son cápsulas de tres celdas con semillas esféricas de color negro (Caicedo, 2006).

El crecimiento se define como un incremento constante en el tamaño de un organismo, este está acompañado de 2 procesos como: morfogénesis; el cual consiste en el desarrollo de la forma o modelo de la célula u órgano y diferenciación; que es el proceso por el cual las células cambian estructural y bioquímicamente para formar o adquirir funciones especializadas. Estos procesos se pueden medir mediante la tasa absoluta de crecimiento, en función de la cantidad de materia seca en crecimiento presente y la tasa de funcionamiento de esta, en relación con la influencia del ambiente. Es importante el peso seco ya que es el criterio más apropiado para medir el crecimiento y la magnitud del sistema de asimilación de la planta, referido, frecuentemente, al área foliar total. El área foliar es la medida usual del tejido fotosintetizador de una comunidad de plantas. El área foliar es importante, porque esta determina la cantidad o importe de energía solar que es absorbida y convertida a materiales orgánicos (Álvaro Azofeifa, 2004).

¹ DFAJARDOG@UNIQUINDIO.EDU.CO. Semestre VI

² LKGARCÍAS@UNIQUINDIO.EDU.CO Semestre VI

³ DMCUATINP@UNIQUINDIO.EDU.CO Semestre VI

Objetivo:

Evaluar el crecimiento y productividad de la achira (*Canna indica*) por medio de los índices TCR, TAN, IAF, AFE, RPF, RPT y RPR.

Materiales y métodos

Materiales

- 30 vasos desechables grandes
- Vermiculita
- Arena
- Suelo negro
- Lombri compuesto
- Semillas de achira
- Estufa de secado
- Balanza

Métodos

Para realizar el experimento (auxiliares), lo primero que hicieron fue someter a choque térmico las semillas para ablandar la testa y después se colocaron a germinar en cajas de Petri sobre papel de filtro. Una vez que estas germinaron y alcanzaron una longitud de 5 cm, se pasaron a vasos que contenían vermiculita.

Cuando estas plantas alcanzaron una altura máxima de 10 cm (esta altura es de la parte foliar), se trasplantaron a bolsas de 2 kilos de acuerdo con el siguiente diseño experimental:

6 bolsas con tierra negra, 6 con arena y 6 con mezcla de suelo negro y lombricompostado (relación 1:1). En cada bolsa se sembró una plántula.

Cosecha y estimación del crecimiento de las plantas.

Después de transcurridos 126 días, se cosecharon las plantas que se trasplantaron a las bolsas, teniendo cuidado de no dañar las raíces cuando se extraigan del sustrato. A continuación las plantas se separaron en hojas, tallo y raíces. Después a las hojas frescas de cada planta se fotografiaron, cada hoja por separado, con una escala (regla o instrumento de longitud conocida). Enseguida Cada parte vegetal (raíces, hojas, tallos) se colocaron en una bolsa de papel, debidamente rotulada y se colocaron a secar en la estufa, a la misma temperatura y tiempo. Finalmente se encontró la superficie foliar de cada hoja, utilizando el programa Image-J.

Resultados y Discusión

Para la evaluación del crecimiento de las plantas de achira (*Canna indica*) se utilizaron los siguientes índices:

Tasa de Crecimiento Relativo

$$\text{TCR} = (\ln \text{ peso seco final} - \ln \text{ peso seco inicial}) / \text{tiempo}$$

El TCR para las 21 plantas fue de 0,0296 mg por día con un error estándar +/-0,000708968

La tasa de crecimiento relativa expresa el incremento de masa seca, respecto a la masa seca inicial, durante un intervalo de tiempo, representa la eficiencia de la planta como productora de nuevo material, y ha sido propuesta como medida que integra el comportamiento fisiológico de las plantas Martínez C, Degiovanni V y Motta F (2010).

Índice de Asimilación Neta

$$\text{TAN} = \text{TCR} / \text{Área foliar}$$

El TAN para las 21 plantas fue de 0,0012637 g por m² por día y un error estándar +/-0,00012127

El índice de asimilación neta indica la eficiencia fotosintética promedio, individual o en una comunidad de plantas. La capacidad de la planta para incrementar su masa seca en función del área asimilatoria en periodos cortos a lo largo del ciclo de crecimiento depende del área foliar, de la disposición y edad de las hojas y de los procesos de regulación interna relacionados con la demanda de los asimilados (Martínez, 2016). Como se evidencia, el índice de asimilación neta de las 21 plantas de achira tuvo un promedio de 0,0012637 g por m² por día caso que permite determinar que no están generando gran cantidad de masa seca por día, esto puede ser ocasionado por insectos que se devoraron sus hojas o por que las hojas tienen un tamaño pequeño o medianas, esto teniendo en cuenta los días que estuvieron plantadas (caso que también influye en el desarrollo del área foliar). El error estándar 0,00012127 como se puede determinar es muy bajo, caso que permite concluir que el TAN de la población de achira tuvo una eficiencia fotosintética promedio.

Índice de Área Foliar

$$\text{IAF} = \text{Área foliar} / \text{Peso seco total de la planta}$$

El IAF para las 21 plantas fue de 6,8230 en m² por kg y un error estándar +/-0,95032

El índice de área foliar es un cálculo aproximado de la capacidad productiva de la comunidad vegetal (el cultivo). El índice mide la relación entre la superficie asimilatoria (el follaje extendido) y la superficie de suelo ocupada por ese follaje. El IAF expresa la magnitud del área que el cultivo expone a la radiación solar incidente para que realice fotosíntesis(Martínez C,

Degiovanni V y Motta F, 2010). Como se puede evidenciar el IAF de las 21 plantas de achira en promedio es de 6,8230, lo que permite deducir que el IAF de cada individuo tiene el tamaño adecuado o suficiente de follaje para realizar la fotosíntesis y generar con esto su propia energía y masa. Además, como se evidencia el error estándar es alto (0,95032), caso que podría general la conclusión de que hubo algún error en sus medidas.

Área Foliar Específica

$AFE = \text{Área foliar} / \text{Peso seco de las hojas}$

El área foliar específica para las 21 plantas fue de 14,1713 m² por kg y un error estándar +/- 1,192102

El área foliar específica es definida como la razón entre el área foliar y el peso de la hoja; es un índice del espesor y densidad de la hoja, o bien, es la medida de la foliosidad de la planta con base en el peso seco (Pérez, García, Enríquez, et al, 2004). Como se puede determinar el promedio del área foliar de las 21 plantas de achira es de 14, 1713 m² por kg, lo que permite deducir que las hojas de cada planta tienen un alto peso, ya sea por los nutrientes, capacidad fotosintética, etc. Pero el error estándar es muy alto de 1,192102, caso que permite concluir que hubo algún error en la toma de sus medidas tanto en el área como también en su peso seco.

Relación del Peso Foliar

$RPF = \text{Peso seco de las hojas} / \text{Peso total de la planta}$

La RPF para las 21 plantas fue de 0,4616 g y un error estándar +/-0,027424

La relación de peso foliar indica la fracción a la que equivale la hoja con respecto al peso total de la planta (Angulo 2006), las tasa de incremento en el peso del tallo fueron menores con un promedio de 0,3666 g y un error estándar +/-0,024512 frente a la relación peso foliar con un promedio 0,4616 g y un error estándar +/-0,027424, habiendo medianamente diferencias significativas.

Relación del Peso del Tallo

$RPT = \text{Peso seco del tallo} / \text{Peso total de la planta}$

La relación del peso del tallo para las 21 plantas fue de 0,3666 g y un error estándar +/-0,024512

EL establecimiento la especie destina una mayor cantidad de recursos fotosintéticos a la producción de hojas que al crecimiento de tallos y raíces, lo que en consecuencia generaba un incremento sostenido en la producción de la biomasa (Barrios, 2015)

de acuerdo a lo anterior la planta de achira (*Canna indica*) tiene una mayor producción de área foliar con un promedio de 6,8230 en m² por kg y un error estándar +/-0,95032, por tanto en

comparación con lo que invierte en el tallo es menor 0,3666 g y un error estándar +/-0,024512, esto representando una diferencia altamente significativa, en este caso en cuanto a los anteriores, la raíz presentó una menor productividad, ya que el promedio fue de 0,1715 g y un error estándar +/-0,013441.

Relación del Peso de la Raíz

RPR = Peso seco de la raíz/Peso total de la planta

La relación del peso de la raíz para las 21 plantas fue de 0,1715 g y un error estándar +/-0,013441

La RPR es un parámetro morfológico, referido a la distribución de la biomasa en la planta, en este caso, a la relación del peso radical respecto del peso total de la planta (Azofeifa y Moreira, 2004). Como se puede determinar, el promedio del peso seco de la raíz de las 21 plantas de achira es de 0,1715 lo que permite inferir que el peso de la raíz en g por planta no es muy pequeño, siendo su error estándar de 0,013441 (pequeño), lo que permite concluir que hubo un buen crecimiento de la raíz durante los 126 días que estuvieron sembradas.

Bibliografía

Álvaro Azofeifa, M. A. (2004). ANÁLISIS DE CRECIMIENTO DEL CHILE JALAPEÑO *Capsicum annum* L. cv. *Agronomía Costarricense*, 58-65.

Guillermo Caicedo (2006). RAÍCES ANDINAS Contribuciones al conocimiento y a la capacitación III. Achira (*Canna edulis*). El cultivo de achira: Alternativa de producción para el pequeño productor. Huila. 150-156.

Angulo R (2006). Lulo: El cultivo. Centro de investigaciones y asesorías agroindustriales. Bogotá- Colombia.

Martínez C, Degiovanni V y Motta F (2010). Producción eco eficiente del arroz de América Latina. CIAT. Cali- Colombia.

Azofeifa, A y Moreira, M. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 28(1): 57-67.

Martínez, G. 2016. Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el municipio de Tena Cundinamarca. Universidad de Ciencias aplicadas y ambientales. Facultad de ingeniería. Bogotá.

Pérez J, García E, Enríquez J, (2004) et al. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en las hojas de pasto “ mulato” (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Crecimiento, Área foliar y nitrógeno en pasto* 42(3). pág 447-458.

Barrios, M; Buján, A; Debelis, S; Sokolowsky, A; Blasón, A; Rodríguez, H; López, S; Grazia, J; Mazo, C. & Gagey, M. (2014). Relación de raíz/biomasa total de soja (*Glycine max*) en dos sistemas de labranza. *Terra Latinoamericana*. Bueno Aires, Argentina.