



**Evaluación del crecimiento y desarrollo de *Cannabis sativa* L. en condiciones de
producción a cielo abierto en el municipio de Sonsón Antioquia**

José Rodolfo Ramírez Orozco

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Agropecuario

Asesora

Claudia Patricia Londoño Serna, Magíster (MSc) en Ejemplo Ciencia del suelo

Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería Agropecuaria
Sonsón, Antioquia, Colombia
2024

Cita	(Ramírez Orozco, J. R. 2024)
Referencia	Ramírez Orozco, J. R. (2024). Evaluación del crecimiento y desarrollo de Cannabis sativa L. en condiciones de producción a cielo abierto en el municipio de Sonsón Antioquia. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Sonsón, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Biblioteca Sede Sonsón

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este logro especialmente a mi familia, la cual siempre me estuvo apoyando y creyó firmemente en mis capacidades, ayudándome a superar las adversidades que se presentaron en el proceso. También a mis profesores y muy especialmente a mi asesora Claudia Patricia Londoño Cerna, los cuales, mediante su pedagogía, permitieron que desarrollara las capacidades necesarias para asumir esta profesión, este sueño.

Le agradezco a Dios y a la vida, por darme el valor necesario para luchar por mis sueños y mis propósitos, ya que, de no ser así, no hubiese sido posible llegar hasta este momento.

Le agradezco a la universidad de Antioquia, por los espacios de aprendizaje y la metodología de estudio, ya que esto además de formarme como profesional, también me ayudo a formarme como persona y poder visionar y establecer un mejor estilo de vida.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	10
1 Planteamiento del problema	11
2 Justificación	12
3 Objetivos.....	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos.....	13
4 Marco teórico.....	14
5 Metodología.....	15
6 Resultados.....	18
7 Análisis estadístico	35
8 Conclusiones	39
Referencias	40
Anexos	42

Lista de tablas

Tabla 1 Experimento ¡Error! Marcador no definido.

Lista de figura

Figura 1 Suelo utilizado en el sustrato.....	17
Figura 2 40% de suelo andisol.....	18
Figura 3 28% de compost.....	18
Figura 4 30% de abono oragnico.....	18
Figura 5 2% ceniza organica proveniente de la zona.....	18
Figura 6 Preparacion de 15l de agua por 150cc de hipoclorito.....	19
Figura 7 Irrigacion con regadora manual en el sustrato.....	19
Figura 8 Inbibicion por 24 horas.....	20
Figura 9 Toallas humedas.....	20
Figura 10 Distribucion de las semillas.....	20
Figura 11 Cobertura de las semillas.....	20
Figura 12 Germinacion de las semillas.....	21
Figura 13 Hidratacion del sustrato.....	21
Figura 14 Cobertura de agentes externos.....	21
Figura 15 Cobertura de la precipitación.....	21
Figura 16 Evolucion en el recipiente de icopor.....	22
Figura 17 Evolucion en el recipiente de icopor.....	22
Figura 18 Evolucion en el recipiente de icopor.....	22
Figura 19 Evolucion en el recipiente de icopor.....	23
Figura 20 Evolucion en el recipiente de icopor.....	23
Figura 21 pH 3 despues de la mezcla.....	24

Figura 22 Comparacion en la escala de colores.....	24
Figura 23 Evolucion en el recipiente de icopor.....	24
Figura 24 Elementos de preparación.....	24
Figura 25 Plantación.....	24
Figura 26 Capa de vinipel.....	24
Figura 27 Capa de papel aluminio.....	24
Figura 28 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	25
Figura 29 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	25
Figura 30 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	26
Figura 31 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	26
Figura 32 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	26
Figura 33 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	26
Figura 34 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 35 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 36 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 37 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 38 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 39 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	27
Figura 40 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	28
Figura 41 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	28
Figura 42 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	28
Figura 43 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	28
Figura 44 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	29
Figura 45 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	29
Figura 46 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	29
Figura 47 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	29
Figura 48 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	30
Figura 49 Desarrollo de la planta despues del transplante.....	30
Figura 50 Deficiencia de nitrogeno.....	31
Figura 51 Deficiencia de potacio.....	31

Siglas, acrónimos y abreviaturas

APA	American Psychological Association
ANOVA	Análisis de Varianza
Cms.	Centímetros
cc	Centímetros cubicos
ERIC	Education Resources Information Center
Esp.	Especialista
l	Litros
MP	Magistrado Ponente
MSc	Magister Scientiae
Párr.	Párrafo
PhD	Philosophiae Doctor
PBQ-SF	Personality Belief Questionnaire Short Form
PostDoc	PostDoctor
UdeA	Universidad de Antioquia

Resumen

La planta de *Cannabis sativa* L. se ha popularizado en diversos países del mundo, debido a su fuerte impacto en la industria médica y textil, las cuales brindan testimonio de los múltiples aprovechamientos positivos que se pueden obtener de esta especie, en contraposición a los estigmas que se le han atribuido debido a su efecto psicoactivo, proveniente del compuesto “Delta-9 Tetrahidrocannabinol”.

Por esta razón, se plantea una investigación que propone cultivar las plantas de Cannabis en un ambiente periurbano y en potes con el objetivo de identificar el crecimiento y desarrollo de las plantas tanto con el sustrato cubierto como descubierto.

Esto mediante un ensayo que consto de 8 plantas, en las cuales se tuvo 4 plantas sin cobertura y 4 con una cobertura de vinipel y papel aluminio. De este experimento se hizo un seguimiento en todo su ciclo (130 días) donde mediante un análisis ANOVA se pudo concluir que no hay diferencias significativas entre las pantas cubiertas y las descubiertas.

Palabras clave: *Cannabis Sativa L*, desarrollo vegetativo, investigación, cobertura.

Abstract

The *Cannabis sativa* L. plant has become popular in several countries of the world, due to its strong impact on the medical and textile industry, which testify to the multiple positive benefits that can be obtained from this species, as opposed to the stigmas that have been attributed to it due to its psychoactive effect, coming from the compound "Delta-9 Tetrahydrocannabinol".

For this reason, a research is proposed to cultivate *Cannabis* plants in a periurban environment and in pots in order to identify the growth and development of the plants both with the substrate covered and uncovered.

This was done by means of a trial consisting of 8 plants, in which 4 plants were grown without cover and 4 with a vinipel and aluminum foil cover. This experiment was followed throughout its cycle (130 days) where by means of an ANOVA analysis it was possible to conclude that there were no significant differences between the covered and uncovered plants.

Key words: *Cannabis Sativa* L, vegetative development, research, cover.

1 Planteamiento del problema

La planta de *Cannabis sativa* L. se ha popularizado en diversos países del mundo, debido a su fuerte impacto en la industria médica y textil, las cuales brindan testimonio de los múltiples aprovechamientos positivos que se pueden obtener de esta especie, en contraposición a los estigmas que se le han atribuido debido a su efecto psicoactivo, proveniente del compuesto “Delta-9 Tetrahidrocannabinol”.

Es por esto por lo que países como Colombia, han buscado reconstituir sus leyes con el fin de permitir mayor autonomía en la producción y transformación de la planta de *Cannabis* spp. como lo aclara el “decreto 811 de 2021” el cual no solamente se limita a los usos medicinales o farmacéuticos de esta planta, sino que además entra en detalle en relación con los usos industriales de la misma, según el ministerio de justicia de Colombia en el año 2021.

De esta manera, con un gobierno encaminado hacia la legalidad en la producción y transformación de la planta de *Cannabis sativa* L., surge la necesidad de investigar e implementar metodologías de cultivo, que permitan alcanzar un óptimo rendimiento, bajo diferentes situaciones ambientales y económicas en Colombia, las que suelen ser en ambos casos fortuitas.

En consecuencia, se plantea llevar a cabo este ensayo, en el cual se evaluará el crecimiento y desarrollo de las plantas de *Cannabis sativa* L. en cultivo a cielo abierto y en potes. Utilizando herramientas tecnológicas y metodologías agronómicas, que permitan controlar algunas condiciones del sustrato y por ende nutricional de las plantas.

2 Justificación

El alto costo que conlleva tener una planta de *Cannabis* spp. en condiciones totalmente controladas de temperatura, luminosidad, aireación, humedad relativa, etc. especialmente por el alto consumo de energía eléctrica, es un factor limitante para medianos y pequeños productores de países en vías de desarrollo como Colombia.

En lugares con espacios reducidos y ausencia de terrenos cultivables a disposición como en las zonas periurbanas, es necesario optar por alternativas que permitan cultivar plantas de *Cannabis sativa* L. en recipientes, al aire libre, lo que a su vez facilita el control en el suministro tanto de agua como de nutrientes, favoreciendo posiblemente, las condiciones medioambientales y nutricionales de la planta.

Cannabis sativa L. es susceptible a la alta humedad, la cual está directamente relacionada con la pluviosidad en la zona de cultivo; cuando plantas en general son sembradas en recipientes al aire libre, es común que, en lugares como el municipio de Sonsón ubicado al sur del oriente antioqueño, se presente encharcamiento, modificando las condiciones ambientales del sustrato y afectando la salud de la planta, por ejemplo, al causar hipoxia, provocando estrés y como consecuencia baja producción.

De este modo, es probable que, mediante la implementación de la cobertura del sustrato en recipientes, se pueda controlar la cantidad de agua y nutrientes que tome la planta. Además, se pretende aumentar la luminosidad disponible para la misma, mediante un material reflectante posibilitando un aumento en la actividad fotosintética.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el crecimiento y desarrollo de *Cannabis sativa* L. en recipientes con sustrato cubierto en la intemperie.

3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de la cobertura del sustrato en potes, sobre la longitud y grosor del tallo de *Cannabis sativa* L. en dos épocas de su ciclo productivo.
2. Evaluar el efecto de la cobertura del sustrato en potes, sobre la cantidad y la biomasa de inflorescencias en las plantas de *Cannabis sativa* L.
3. Observar el efecto de la cobertura del sustrato en potes, sobre el estado nutricional de *Cannabis sativa* L.

4 Marco teórico

4.1. La Ubicación y las Condiciones Agroambientales del Lugar del Estudio

Municipio: Sonsón

Departamento: Antioquia

País: Colombia

Latitud: W075° 18' 23.1"

Longitud: N 05° 42' 46.2"

Altura: 2492 m s n m

Temperatura promedio mensual: 10 - 19°C

Humedad relativa promedio mensual: 76%

Precipitaciones promedio mensual: 147,125mm

Luz diurna media mensual: 12 horas

Zona de vida: Bosque muy húmedo montano alto (bmh-MA) y bosque muy húmedo premontano (bmh-PM)

Suelo: principalmente andisoles derivados del batolito Sonsoneño, de pH ácidos

4.2 Material Vegetal:

Semillas Super Skunk auto florecientes, las cuales fueron cosechadas en su estado óptimo de madurez, resaltando una coloración oscura y parda. Son fruto de la selección de las semillas más sanas y vigorosas de toda la cosecha. La Super Skunk Autoflorecente es un cruce de la Skunk #1 y una planta de hachís Afghan de alta calidad. En su genética anterior también se incluye una de las líneas de crianza autoflorecente de Sensi Seeds, por lo tanto, resulta una planta con facilidad para cultivarse.

5 Metodología

Teniendo en cuenta las políticas públicas que cohiben la producción y cultivo de plantas de cannabis sin licencia y adaptándose rigurosamente a políticas de uso personal o autocultivo, que como definición exacta por el gobierno nacional en el decreto 811 es:

“Pluralidad de plantas de cannabis en número no superior a veinte (20) unidades, de las que pueden extraerse estupefacientes exclusivamente para uso personal, limitándose a personas naturales”

Con base en esto se plantea medir mediante variables biométricas el crecimiento de las plantas.

5.1. Diseño Experimental:

El diseño experimental será completamente al azar lo cual representa 2 tratamientos y cada tratamiento tendrá 4 repeticiones. Los tratamientos consisten en un testigo sin emplear una cobertura (T1) y con cobertura de vinilpel y papel aluminio (T2).

Sustrato Cobertura de vinilpel y papel aluminio	Sustrato Cobertura de vinilpel y papel aluminio	T2 ₁
Sustrato Cobertura de vinilpel y papel aluminio	Sustrato Cobertura de vinilpel y papel aluminio	T2 ₂
Sustrato Testigo sin cobertura	Sustrato Testigo sin cobertura	T1 ₁
Sustrato	Sustrato	T1 ₂

Testigo sin cobertura	Testigo sin cobertura	
-----------------------	-----------------------	--

Tabla 1

5.1.1 Sustrato:

El sustrato en el cual se cultivarán las plantas de *Cannabis sativa* L., fue una mezcla de un suelo del orden Andisol con alta retención de nutrientes, compost de fuentes vegetales, abono orgánico (ferticiclo) y ceniza de leña de la zona; con una proporción 40: 28: 30: 2 unidades respectivamente.

Este sustrato fue desinfectado mediante la aplicación de hipoclorito de sodio con 5,3% de concentración, utilizando una dosis de 10 ml*L⁻¹ de agua. El sustrato fue caracterizado de manera física y química en el laboratorio de suelos de la universidad Nacional de Colombia mirar *anexo 1*.

5.1.2 Método de germinación:

Paso 1: imbibición: se hidratan las semillas por 24 horas en un recipiente con agua muy limpio.

Paso 2: mediante papel absorbente se forma un colchón en el cual las semillas estarán cubiertas y húmedas.

Paso 3: este papel absorbente se ubica sobre un plato de cerámica, asegurándose de que este bien hidratado y luego se cubre con otro plato para mejorar las condiciones de humedad temperatura y luminosidad.

Paso 4: poner en un lugar oscuro y regar 2 veces por día por medio de un aspersor.

Paso 5: Las semillas se pondrán en una bandeja plásticas de germinación de 200 alvéolos previamente desinfectadas al igual que el compost que se usara como medio para la germinación, esta bandeja cuenta con alveolos de 15 cm³, donde cuentan con un pequeño orificio en la parte de abajo que sirve como drenaje para el sustrato empleado.

Paso 6: Luego de haber desinfectado el sustrato, se procederá a llenar las bandejas e introducir las semillas a una profundidad de 2 veces su tamaño. Posteriormente se llevarán a un lugar oscuro y aireado, debido a que de las semillas de cannabis son fotosensibles y el oxígeno favorece el fortalecimiento y precocidad de su germinación.

Se aplico riego diario para facilitar la hidratación de la semilla, hasta que estas emergieron y se pudieron apreciar los cotiledones de las plántulas, en este momento la bandeja se colocó en un lugar con buena iluminación, para evitar la elongación desmedida de su tallo, lo que no es conveniente.

5.1.3 Trasplante:

Cuando las plántulas tengan su primer par de hojas verdaderas se trasplantarán a una bolsa con capacidad para volumen de 12 litros con el sustrato desinfectado, allí permanecerán las plantas con el propósito de endurecer la raíz y favorecer su crecimiento.

Al momento del trasplante se inocularán micorrizas y se aplicarán nutrientes, de acuerdo con el análisis físico químico del sustrato y los requerimientos nutricionales de *Cannabis sativa* L para favorecer el crecimiento de la planta y su adaptación al nuevo medio.

Luego se cubre la parte superior alrededor de la planta con papel vinilpel o (polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)) y con papel aluminio 3, con el fin de aislar el sustrato de la lluvia y de los rayos del sol directos para controlar parcialmente la humedad y el papel aluminio con el objeto de reflejar la luz hacia las hojas favoreciendo su desarrollo vegetativo en sus primeras etapas.

6 Resultados

03/03/023

Recolección de suelo:

Lugar: vereda Chaverras 05°42'08.9" N
075°15'47,5" W

Altura: 2633 msnm.

Características: cultivo de pasto nativo al cual no se le aplican fertilizantes ni compuestos de origen químico. Su fertilización se da a partir del excremento de bovino y equinos





Suelo utilizado en el sustrato, *Figura 1*



Proporción del sustrato = 40:28:30:2

Suelo: compost: abono orgánico: ceniza

Para la medición de las proporciones se utilizan recipientes de iguales proporciones, donde cada uno representa 10%

Preparación del sustrato	
40% de suelo andisol, <i>Figura 2</i>	
	
28% de compost, <i>Figura 3</i>	
	
30% de abono organico, <i>Figura 4</i>	
	
2% de ceniza proveniente de madera de la zona, <i>Figura 5</i>	
	

- Para el 8 % de la dosis de compost se calcula de la siguiente manera:

H del recipiente= 36.5cm

36.5cm-----→100%

h-----→80%

h= 29.2cm

- Para la medición de la ceniza: $36.5\text{Cm} - 29,2\text{Cm} = 7,3\text{Cm}$

Nota: todos los elementos del sustrato se uniformizan, utilizando una pala para mezclar homogéneamente por 3 ocasiones

Desinfección del sustrato:

Se utiliza una proporción de hipoclorito de sodio de 10ml por cada litro de agua. El hipoclorito utilizado tiene una concentración de 5,3%

Luego de la desinfección se deja secar el suelo.

Preparación de 15l de agua con 150cc de hipoclorito, <i>Figura 6</i>	Irrigación con regadora manual de manera uniforme, <i>Figura 7</i>
	

6.1. Proceso de germinación de las semillas de cannabis sativa autoflorescentes de la variedad Super skunk

21/05/2023

Inicio de la germinación de las semillas de cannabis variedad Super skunk

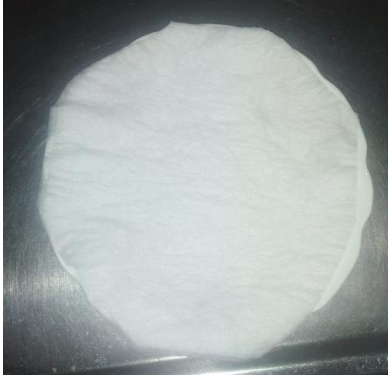


Imbibición por 24 horas, *Figura 8*



22/05/2023

6.2. Método ovni:

Para facilitar la germinación se hace un colchón humectado de 5 toallas absorbentes y se pone una cobertura de platos de losa para mejorar condiciones de humedad, temperatura y oscuridad, al mismo tiempo que mantiene protegidas las semillas.

Toallas húmedas, <i>Figura 9</i>	Distribución de las semillas, <i>Figura 10</i>	Cobertura de las semillas, <i>Figura 11</i>
		

Se ponen en un lugar oscuro y aireado, dando un riego prudente todos los días.

30/05/2023

Germinación exitosa de las semillas teniendo un porcentaje de germinación de 83.3% equivalente a 15 semillas germinadas de 18.

18-----100%

15-----x

x=83.3%

Germinación, <i>Figura 12</i>


Se hace una selección para la plantación de semillas germinadas, eligiendo las que tienen una radícula de 3 a 5cm de longitud, aparentemente sanas en sustrato de turba.



Trasplante a vasos de icopor con capacidad para 250ml, con sustrato de turba. La hidratación se hace llenando la bañera con agua y sumergiendo los vasos en ella como se observa en la *Figura 13*.

Luego son puestas en una canastilla la cual se cubre con una malla para evitando el daño mecánico de posibles agentes externos como animales e insectos. Después una cobertura con polietileno, para evitar el encharcamiento de los recipientes por posibles precipitaciones.

Iluminación artificial por 5 horas después de la puesta del sol para garantizar al menos 17 horas de luz y evitar la inducción a la floración, debido a su condición auto floreciente.

6.3. Evolución de desarrollo en el recipiente de icopor

<p>01/06/2023 Altura: 5-7cm Riego día: 10cc planta Luz día: 17 horas <i>Figura 16</i></p>	<p>03/06/2023 Altura: 8-10cm Riego día: 10cc planta Luz día: 15 horas <i>Figura 17</i></p>
--	---

	
<p>09/06/2023</p> <p>Altura: 11-13cm</p> <p>Riego día: 10cc planta</p> <p>Luz día: 15 horas</p> <p><i>Figura 18</i></p>	<p>17-06-2023</p> <p>Altura: 13-15cm</p> <p>Riego día: 10cc planta</p> <p>Luz día: 15 horas</p> <p><i>Figura 19</i></p>
	
<p>22/06/2023</p> <p>Altura: 16-18cm</p> <p>Riego día: 12cc planta</p> <p>Luz día: 15 horas</p> <p><i>Figura 20</i></p>	



Análisis físico químico del sustrato

IDENTIFICACION MUESTRA Código / Identificación Cliente	TEXTURA				pH	%			cmol+/kg					mg/kg							
	A%	L%	Ar%	CTx		MO	CO	Al	Ca	Mg	K	Na	CICE	P	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
SP12672	Sustrato	65	28	7	FA	7,5	15,56	9,02	N.A.	36,91	3,86	7,47	1,69	49,93	19,77	168,23	108,70	6,37	3,82	26,45	0,80

Tomada de análisis de suelo 3255 laboratorio de Universidad Nacional, *Anexo 1*.

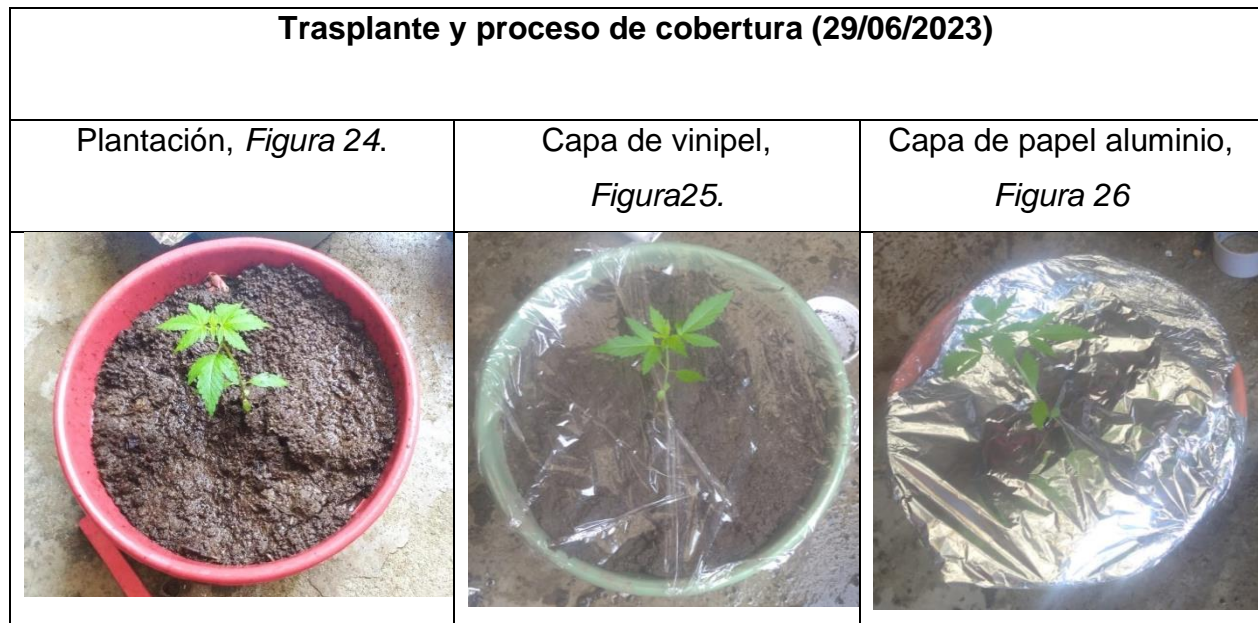
6.4. Corrección del pH del sustrato

De acuerdo con el análisis de suelo (*Anexo 1*), el pH está por encima del ideal para el cultivo de plantas de cannabis según la medición realizada por el convenio CIPA & GeoSemillas (2021) que sitúa un rango en Colombia de 6,0 a 7,4, por lo que se hace necesario reducir el pH para proporcionar mejores condiciones edáficas a las plántulas en cuestión.

Para reducir el pH se utiliza ácido cítrico con una concentración del 30% utilizando 1,5gr por cada litro de agua.

pH de 3 después de la mezcla, <i>Figura 21</i> .	Comparación en la escala de colores, <i>Figura 22</i> .	Elementos de preparación, <i>Figura 23</i> .

Por cada maseta de 12 litros de capacidad, se aplicaron 30 litros de agua para obtener un pH en el sustrato de 7.







A los 43 días después de la germinación se aporta una solución nutritiva como fertilizante solido 15-15-15.

Tabla 1. Adaptado de DIPROAGRO C.A. sobre la composición del fertilizante sólido.



COMPOSICIÓN GARANTIZADA	% P/P
NITRÓGENO TOTAL (% N)	15
FÓSFORO TOTAL (% P ₂ O ₅)	15
POTASIO TOTAL (% K ₂ O)	15
AZUFRE TOTAL (% S)	10





Se toma la decisión de utilizar esta solución nutritiva a partir de Van der Werf quien plantea que los tres nutrientes limitantes del cultivo para alcanzar sus máximos productivos son nitrógeno, potasio y fósforo en el año 2004. Esto debido a que son los elementos que la planta demanda en mayores cantidades.





Esta solución se proporciona en función de 1 gramo por cada litro de agua irrigado en cada maseta de 12 litros hasta la floración.





Desarrollo de la planta después del trasplante	
<p>Riego día:350cc Luz día: 15 horas 13/07/2023</p>	
<p><i>Figura 27</i></p> 	<p><i>Figura 28</i></p> 
<p>17/07/2023</p>	
<p><i>Figura 29</i></p> 	<p><i>Figura 30</i></p> 
<p>23/07/2023</p>	
<p><i>Figura 31</i></p>	<p><i>Figura 32</i></p>



Inducción a la floración	
Riego día: 400cc Luz día: 12 horas 26/07/2023	
Figura 33 	Figura 34 
03/08/2023	
Figura 35	Figura 36

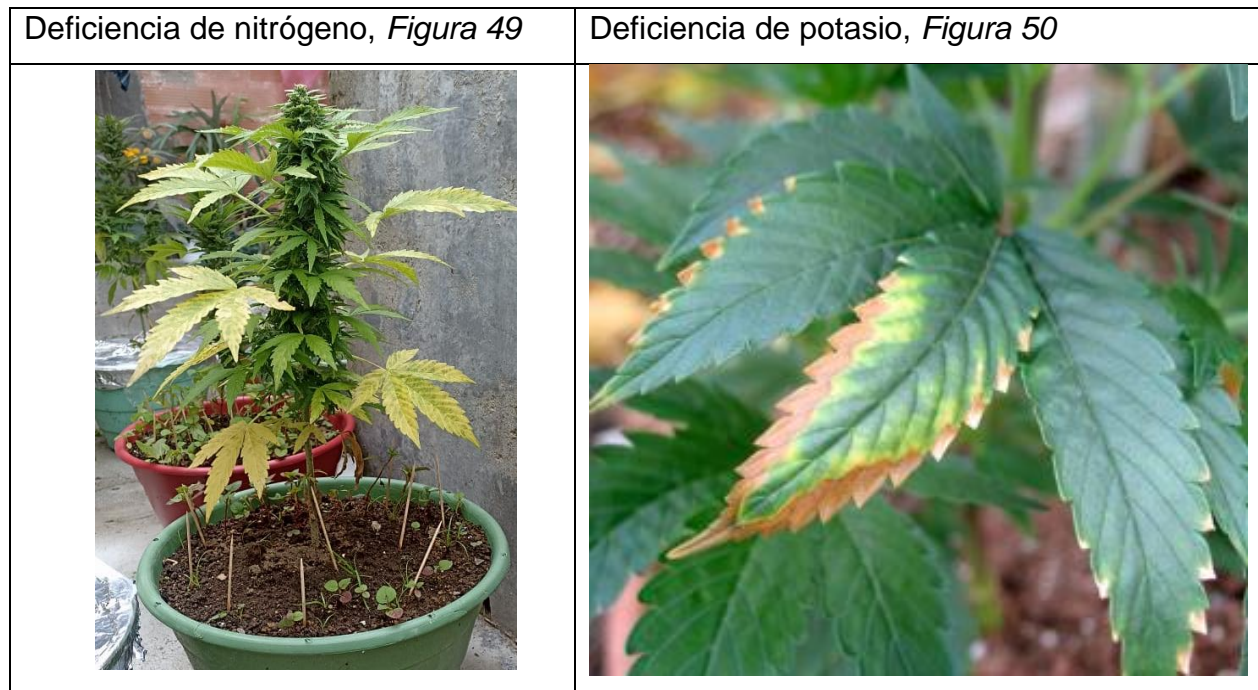
	
<p>11/08/2023</p>	
<p><i>Figura 37</i></p> 	<p><i>Figura 38</i></p> 
<p>16/08/2023</p>	
<p><i>Figura 39</i></p>	<p><i>Figura 40</i></p>

	
<p>26/08/2023</p>	
<p style="text-align: center;"><i>Figura 41</i></p> 	<p style="text-align: center;"><i>Figura 42</i></p> 
<p>29/08/2023</p>	
<p><i>Figura 43</i></p>	<p><i>Figura 44</i></p>

	
<p>31/08/2023</p>	
<p><i>Figura 45</i></p> 	<p><i>Figura 46</i></p> 
<p>5/09/2023</p>	
<p><i>Figura 47</i></p>	<p><i>Figura 48</i></p>



Durante el desarrollo de la floración, donde se para la aplicación de la solución nutritiva, se empiezan a notar deficiencias nutricionales las cuales Mengel et al.n en el año 2001 lo describe como una concentración del elemento por debajo de la necesaria para un óptimo crecimiento de la planta, lo que provoca una alteración en una de las rutas metabólica en la cual participa, viéndose involucrados otros procesos. Esta deficiencia se ocasiona probablemente por el cambio de la demanda en la nutrición de la planta al entrar en un estado de floración, inducida por el cambio del fotoperiodo, de 15 a 12 horas de luz día.



Durante la floración de las plantas de *Cannabis Sativa L* utilizadas para la investigación se empezó a presentar clorosis en las hojas más viejas de la planta y fue aumentando progresivamente de abajo hacia arriba, como se aprecia en la *Figura 49*, la cual está relacionada con una deficiencia de uno o varios macronutrientes.

Las plantas necesitan los macronutrientes en cantidades relativamente elevadas, por esta razón es más común que se presenten deficiencias de estos. El contenido del N como macronutriente en los tejidos de las plantas, es, por ejemplo, superior en diversos miles de veces al contenido de un micronutriente como el Zinc. Teniendo en cuenta esta clasificación, basada en la cantidad del contenido de los nutrientes en el material vegetal pueden definirse como macronutrientes los siguientes elementos: C, N, H, O, S, P, K, Ca, Mg, Na y Si (K. Menguel y E.A. Kirkby, 2000)

En este orden de ideas, la deficiencia de nitrógeno es característica por mostrar una clorosis generalizada en las hojas de la parte baja de la planta, la cual inicia en el ápice de la hoja y se extiende hacia el pedúnculo (Devlin, 1970), ya que este elemento está involucrado en la producción de clorofila y debido a su naturaleza móvil, este es absorbido por los brotes nuevos, perdiendo su presencia en las hojas más viejas, lo que

generando una coloración amarilla clara como se nota en la *Figura 49*. Samra y Arora (1997) describen en nitrógeno como uno de los elementos más importantes en el crecimiento de la planta al promover la producción de ramas hojas y frutos.

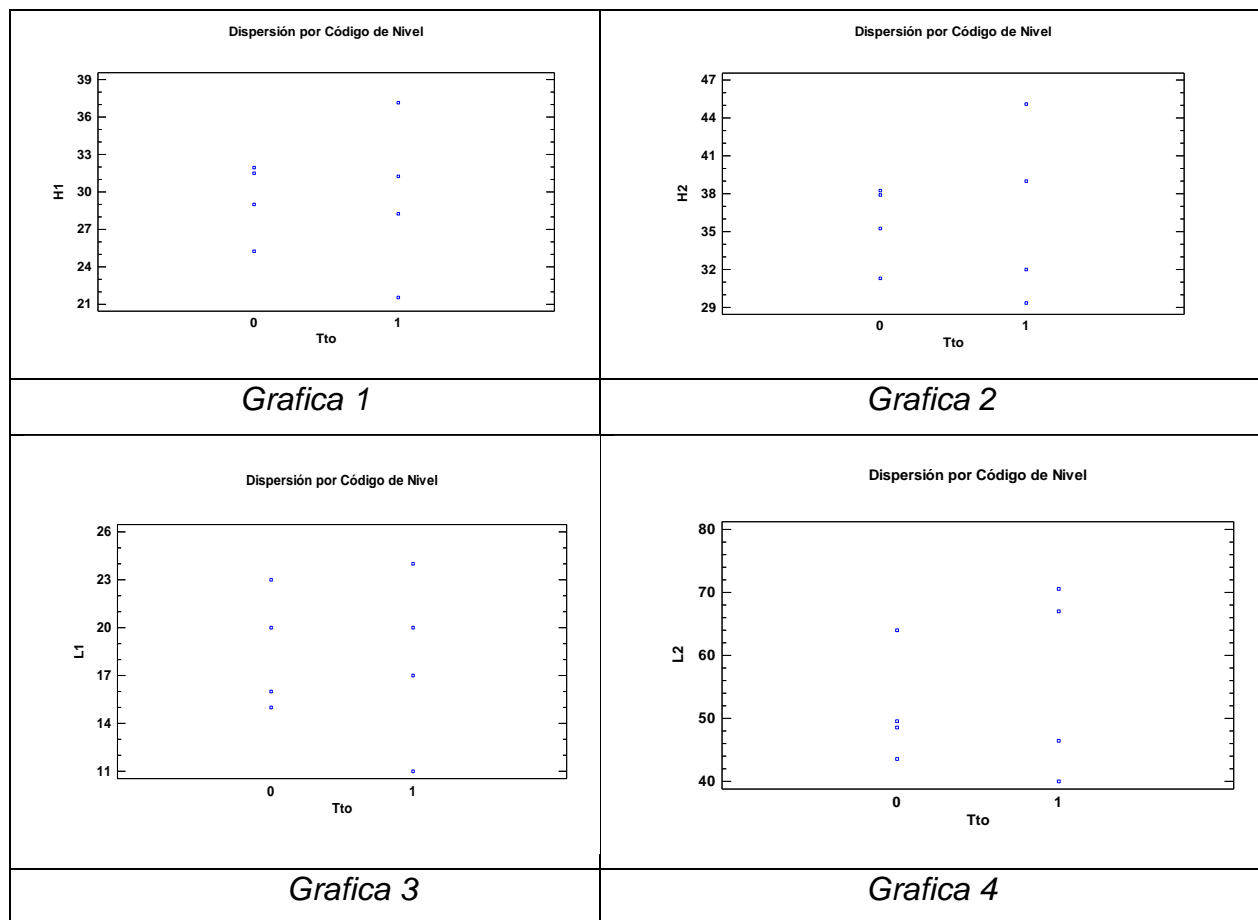
Además, una de las funciones más importantes de este elemento (N) es la de dar el color verde de las hojas y aumentar el vigor general en la planta, también está involucrado en la formación de los tejidos y se puede decir que es el elemento del crecimiento (Guerrero, 1988).

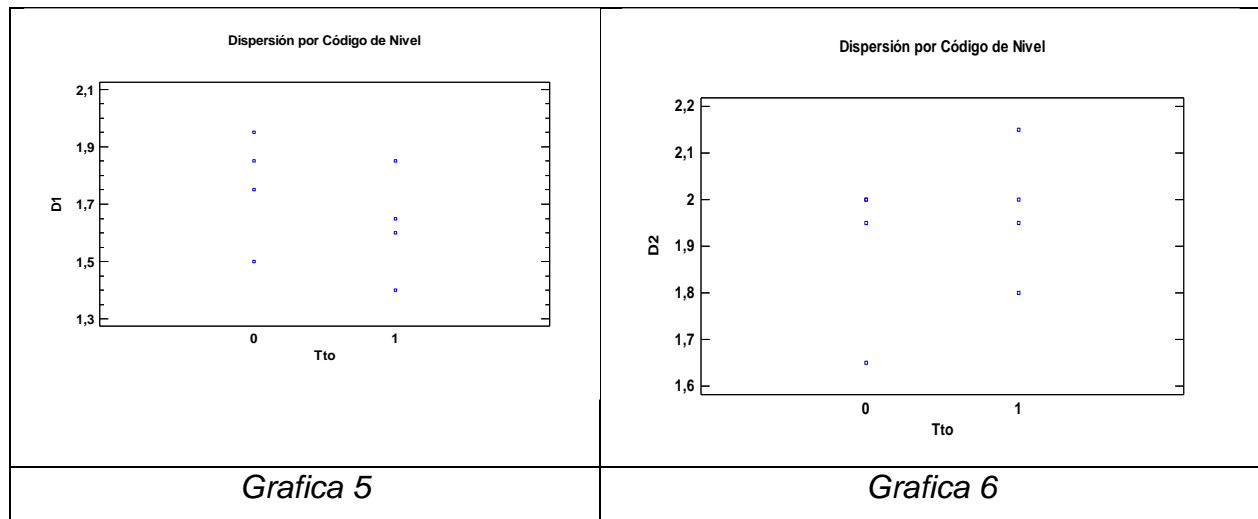
Durante el experimento también se aprecia un síntoma diferenciado, el cual consta de una necrosis progresiva, que inicia en la parte perimetral de las hojas como se nota en las *Figuras 37, 39, 41, 43, 45, 47*.

Según Arjona en el año 1996 la deficiencia de potasio inicia en el margen de las hojas y avanza progresivamente hasta alcanzar la lamina foliar. Cuando el síntoma está avanzado los ápices de las hojas presentan un entorchamiento, como se puede apreciar en la *Figura 47*, esto probablemente a una descompensación en el cierre y apertura de estomas, manifestando una condición estresante similar a la que se presenta en condiciones de extrema sequía (López, 1970).

7 Análisis estadístico

Mediante la toma de los datos biométricos: altura, diámetro del tallo, y número de hojas, en el desarrollo de la planta a partir del trasplante se hace el estudio estadístico mediante el programa Statgraphics Centurion versión XVIII, en el cual mediante el StatAdvisor se hace un análisis de varianza ANOVA, para determinar la significancia estadística entre los tratamientos.

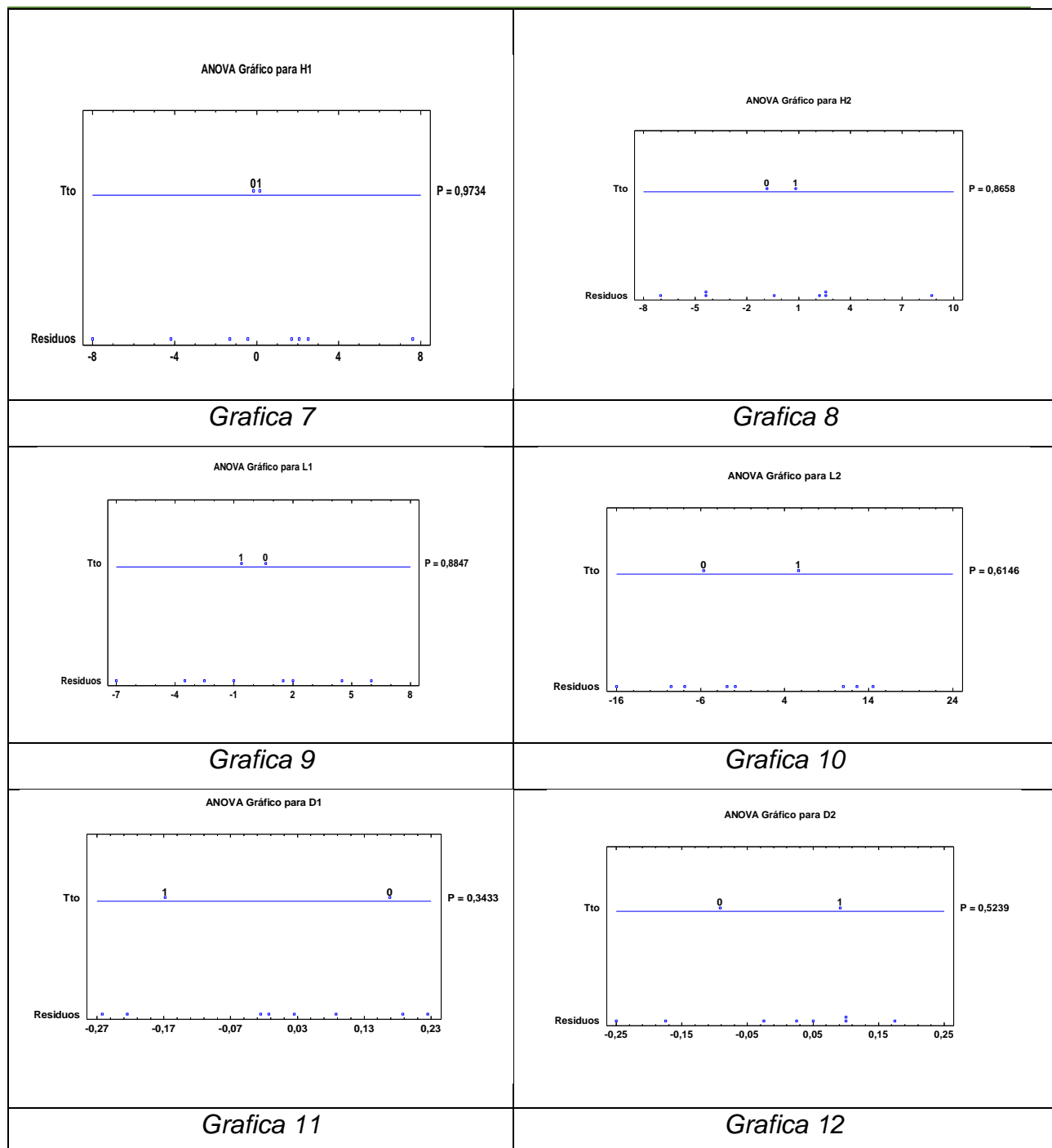




En la *gráfica 1 y 2* podemos observar un paralelo entre dos medias en el crecimiento de la planta del tratamiento con cobertura tratamiento 1 y el tratamiento sin cobertura tratamiento 0, pudiéndose identificar que la dispersión de los datos es mayor para el tratamiento 1. Lo que nos indica menor uniformidad en el crecimiento de las plantas de este tratamiento, lo cual coincide para ambas medias (H1 y H2).

Según la *Grafica 3 y 4*, donde los datos de dispersión se comportan similar a los de altura, podemos decir que la altura está estrechamente relacionada con el número de hojas, y de igual manera los datos del tratamiento 1 correspondiente a los potes con cobertura, tienen una mayor disparidad que los datos con cobertura.

Para el caso del diámetro del tallo el comportamiento estadístico es diferente, ya que las plantas con cobertura en los potes iniciaron con un diámetro de tallo menor y terminan con un diámetro mayor como se observa en las *Grafica 5 y 6* al dado por las plantas sin cobertura que permanecen en un rango intermedio en relación a ambas medias.



Sin embargo, como $P > 0,05$ no hay diferencias significativas entre el tiramiento 1 y 0 en ninguno de los casos que representan las medidas biométricas, como se aprecia en las *Gráficas 7, 8, 9, 10, 11 y 12*, lo que supone que la cobertura de vinipel y papel aluminio en potes, no tuvo un efecto importante en el crecimiento, número de hojas y diámetro del tallo de las plantas de *Cannabis sativa L.* a cielo abierto entre los meses de mayo y

septiembre del año 2023 con las condiciones ambientales dadas en el municipio de Sonsón, Antioquia.

8 Conclusiones

La cobertura de vinipel y papel aluminio, no genera un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas de *Cannabis sativa L.* en condiciones de cielo abierto en el municipio de Sonsón.

En ambos tratamientos, según la observación se notaron deficiencias nutricionales similares en ambos casos, lo que implica que la cobertura no afectó la retención de nutrientes en el sustrato.

Se recomienda hacer un análisis foliar, para identificar más exactamente el estado nutricional de los órganos vegetales de la planta.

Es posible que las deficiencias nutricionales hayan afectado la expresión genética de las plantas de *Cannabis Sativa L.* por la importancia que tienen los macronutrientes en el desarrollo de la planta.

Referencias

- Arjona, D. 1996. Toma, transporte y metabolismo del agua y nutrientes en la planta. *Agronomía Colombiana* 13(2): 138-141p.
- Burgel et al. (2020). Impacto de diferentes sustratos de cultivo en el crecimiento, rendimiento y contenido de cannabinoides de dos genotipos de *Cannabis sativa L*, en un cultivo en masetas.
- Caplan, Dixon y Zheng (2017). Tasa optima de fertilizante orgánico durante la etapa vegetativa para plantas de cannabis cultivado a base de sustrato de coco. Universidad de Guelph.
- Calderon (2021). LINEAMIENTOS EN NUTRICION PARA CULTIVO DE CANNABIS PONENCIA PRESENTADA EN EL IV SEMINARIO TECNICO LA AGRONOMÍA DEL CANNABIS PARA USO MEDICINAL E INDUSTRIAL
- CIPA y Geosemillas (2021) El cultivar del cannabis, Edición 546, Agricultura de las Américas. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/8064052.pdf>
- Devlin, R. Fisiología vegetal. 1970 Trad. Por Xavier Limosa. Barcelona, Omega, 614 p.
- Gaitan y Chivata (2021). Validación de un sustrato, la nutrición y el control de humedad en el cultivo de Cannabis sp.
- Guerrero, R. 1988. Los nutrientes de las plantas. En: fertilización de cultivos en clima medio. 2ª edición. Monómeros Colombo Venezolanos S.A. Bogotá, Colombia. 23-27.
- K. Menguel y E.A. Kirkby, 2000. Principios de la nutrición vegetal. Instituto Internacional de la Potasa Basilea, Suiza. 12 p.

Lopez, G. 1970. Síntomas de deficiencia de algunos elementos en lulo y su influencia en su morfología y anatomía. Tesis de grado de Magister Scientiae. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA Centro de Enseñanza e Investigación. Turrialba, Costa Rica. Pp 9-62.

Mengel K, Kirkby, E. Kosegarten y Appel, T. 2001. Principles of plant nutrition. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 849 p.

Ministerio de justicia (2021) Decreto 811 de 2021, Cannabis con fines Medicinales y Científicos. Available at: <https://www.minjusticia.gov.co/programas-co/cannabis-con-fines-medicinales-y-cientificos> (Accessed: February 8, 2023).

P. Rodgers, K. (1994) Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Loja, oas.org. Available at: <https://www.oas.org/DSD/publications/Unit/oea02s/ch21.htm> (Accessed: February 19, 2023).

Van der Werf, H.m.G. (2004). Life Cycle Analysis of field production of fiber hemp, the effect of production practice on environmental impacts. *Euphytica*, 140, 13-23.

Weatherspark.com (2023) El clima en Sonsón, el tiempo por mes, temperatura promedio (Colombia) - Weather Spark. Available at: <https://es.weatherspark.com/y/22463/Clima-promedio-en-Sons%C3%B3n-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o> (Accessed: February 19, 2023).

Anexos

Análisis de suelo, Universidad Nacional de Colombia

Previo a la investigación se realiza un análisis de suelo, en el sustrato que se utilizó para el experimento. [2023-3255 Analisis de suelo.pdf](#)