

**Evaluación del Manejo Integrado de Riego y Fertilización (MIRFE) en la Producción de
Flor Seca de *Cannabis Sativa* en Ambientes Controlados Tipo Invernadero**

Camilo Andres Bayona Ferrucho

Asesor

Yenny Maritza Camacho Torres

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Programa de Agronomía

2023

Resumen

El Cannabis sativa es una planta usada en la actualidad en la medicina alrededor del mundo, especialmente en países como Estados Unidos, Australia y algunos países europeos. En Colombia desde el año 2021 existe una marcada tendencia hacia la explotación regulada de estos sistemas productivos, lo cual implica un desarrollo y aumento de la investigación y mejora de este tipo de sistemas productivos, por tal motivo se estableció como una prioridad desarrollar y evaluar actividades encaminadas al manejo integrado de riego y fertilización (MIRFE) en la producción de flor seca de Cannabis sativa en ambientes controlados tipo invernadero, actividad que fue desarrollada en el municipio de Pesca, (Boyacá) en la vereda Tobacá dentro de la empresa Clever Leaves. La actividad se realizó en plantas sembradas en suelo y sustrato Cannasoil, contiene una mezcla de tierra, perlita, compost, y algunos auxiliares naturales especiales. Para poder cumplir con el objetivo propuesto fue necesario realizar un constante monitoreo del sustrato, una verificación de factores climáticos, establecer los requerimientos del cultivo, las técnicas de riego y programación, además de la frecuencia de riego. Para el caso de las condiciones físico químicas del agua se encontró que en un inicio el agua utilizada para riego presentó un pH promedio por encima de 6,8, dato no apto para fertirrigación. El promedio de la dureza del agua usada en el riego de las plantas se reporta en 114 mg CaCO₃/l, considerándose como aguas semiblandas. Así mismo al revisar el parámetro conductividad eléctrica en suelo y sustrato se puede concluir que estos dos parámetros pueden ser considerablemente más altos en el suelo con respecto a las mediciones realizadas en el sustrato. Sin embargo, las plantas sembradas en suelo pueden ofrecer un mayor rendimiento, como se pudo determinar a lo largo de la práctica.

Palabras clave: Aforo, conductividad eléctrica, nutriente, pH, sustrato.

Abstract

Cannabis sativa is a plant widely used nowadays in medicine around the world, especially in countries such as the United States, Australia and Europe, according to this and the impact that this type of productive bets have, it was established the development of some specific activities of the MIRFE management whose objective was the evaluation of the integrated management of irrigation and fertilization in the production of dried flower of Cannabis sativa in controlled greenhouse type environments, activity that was developed in the municipality of Pesca, (Boyacá) in the Tobacá village of the Clever Leaves company's domain. The activity was carried out on plants planted in soil and plants planted in a substrate composed of fine jiffy peat with perlite. In order to achieve the proposed objective, it was necessary to monitor the substrate, verify climatic factors and crop requirements, irrigation techniques and programming and/or frequency of irrigation. The average pH of the water used for irrigation is above 6.8, in this case the water is not suitable for irrigation until the respective correction is made; the average hardness of the water used for irrigation of the plants is 114 mg CaCO₃/l, so it is considered semi-soft water; the electrical conductivity of the substrate used for planting the plants is 114 mg CaCO₃/l, so it is considered semi-soft water; the electrical conductivity of the substrate used for planting the plants is 6.8, in this case the water is not suitable for irrigation until the respective correction is made; the average hardness of the water used for irrigation of the plants is 114 mg CaCO₃/l, so it is considered semi-soft water; the average hardness of the substrate used for planting the plants is 6.8, in this case the water is not suitable for irrigation until the respective correction is made.

Keywords: Capacity, electrical conductivity, nutrient, pH, substrate.

Tabla de contenido

Introducción	9
Justificación	11
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
Marco Referencial.....	13
Marco Conceptual.....	13
Cannabis sativa	13
Conductividad eléctrica	13
Dureza del agua	14
Nutrición de las plantas.....	14
Flor seca de cannabis	14
Nutrientes.....	14
pH.....	14
Riego.....	15
Riego por drench.....	15
Riego por goteo.....	15
Sustrato	15
Marco Teórico.....	15
Generalidades del Cannabis sativa	15
Metodología	20
Análisis de Resultados	23

Determinación de Calidad del Agua Cruda Usada Para Riego de <i>Cannabis Sativa</i>	23
Condiciones edafológicas y propiedades fisicoquímicas del sustrato	26
Cantidad de agua requerida por planta de <i>Cannabis</i> en cada etapa de crecimiento	28
Conclusiones.....	33
Recomendaciones	34
Referencias Bibliográficas	35
Apéndices.....	38

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Aforo de plantas sembradas en sustrato</i>	29
Tabla 2 <i>Aforo plantas sembradas en suelo</i>	29
Tabla 3 <i>Cantidad de agua por planta en sustrato</i>	30
Tabla 4 <i>Consumo de agua por planta en suelo</i>	31

Lista de figuras

Figura 1 <i>Rango de pH en suelo e hidroponía</i>	18
Figura 2 <i>pH y conductividad eléctrica.....</i>	23
Figura 3 <i>pH del agua utilizada para el riego de Cannabis sativa.....</i>	24
Figura 4 <i>Dureza del agua utilizada para riego de Cannabis Sativa</i>	25
Figura 5 <i>Conductividad eléctrica (CE) del agua utilizada para el riego de Cannabis sativa</i>	25
Figura 6 <i>pH y conductividad eléctrica (mS/cm) del sustrato.....</i>	26
Figura 7 <i>pH de lixiviados del sustrato de las plantas de Cannabis sativa</i>	27
Figura 8 <i>CE de lixiviados del sustrato de las plantas de Cannabis sativa.....</i>	27
Figura 9 <i>pH del suelo donde están establecidas las plantas de Cannabis sativa.....</i>	28
Figura 10 <i>Promedio de consumo de agua durante el ciclo de la planta sembrada en sustrato..</i>	31
Figura 11 <i>Promedio de agua por planta en suelo</i>	32

Lista de apéndices

Apéndice A <i>Registro de aforos</i>	38
Apéndice B <i>Registro de pH y Conductividad eléctrica del agua y la fertilización</i>	39
Apéndice C <i>Plantas de Cannabis sativa sembradas en sustrato</i>	40
Apéndice D. <i>Plantas de Cannabis sativa sembradas en suelo</i>	41
Apéndice E <i>Sistema de riego por goteo en suelo</i>	42
Apéndice F <i>Medición de la conductividad eléctrica del suelo</i>	43
Apéndice G. <i>Medición de pH del suelo</i>	44
Apéndice H <i>Toma de aforo del sustrato</i>	45

Introducción

La inflorescencia de *Cannabis sativa* deshidratada conocida como flor seca, es la parte de la planta que se usa para la elaboración y consumo como medicamento. Según Asocolcanna, (s.f.) la flor seca representa uno de los productos más importantes de la industria farmacéutica a partir de la cual se realiza extracción y producción de derivados, llevándolos al mercado como productos terminados para que el paciente los consuma.

La producción de flor seca en Colombia, tiene como principales mercados a Europa, Estados Unidos y Australia, sin embargo, estos lugares imponen diferentes restricciones para su cultivo y manufactura, con el fin de garantizar los más altos estándares de calidad para no afectar la salud de los pacientes que van a consumir el producto final. Además de las restricciones agronómicas y productivas, estos mercados exigen que el cultivo cumpla con todos los parámetros legales establecidos dentro de Colombia, según el decreto 811 del 23 de Julio del 2021, donde se estipula que los permisos de siembra y producción de *Cannabis sativa* son otorgados por el Ministerio de Justicia y del Derecho a través de la Subdirección de Control y Fiscalización de Sustancias Químicas y Estupefacientes para el cultivo de plantas de *Cannabis* psicoactivo (p. 11).

De acuerdo a esto y considerando los avances que se han alcanzado en Colombia en los últimos años para poder llegar a la producción estandarizada y ajustados a la normatividad de producción de *Cannabis sativa*, se planteó como objetivo el poder evaluar el manejo integrado de riego y fertilización (MIRFE) en la producción de flor seca de *Cannabis sativa* en ambientes controlados tipo invernadero, para lo cual fue necesario realizar actividades de aforos de salida de goteros, revisión de requerimientos de humedad y conductividad eléctrica del sustrato con el

equipo Bluelab Meter Multimedia, observación de características organolépticas en suelo y pruebas de conductividad eléctrica, pH y dureza del agua para riego.

Finalmente, y como resultado de la actividad se logró determinar que el pH del agua del riego puede ser muy alto de acuerdo a los requerimientos de la planta para alcanzar un buen desarrollo, por lo que se recomienda el tratamiento del agua para optimizar las condiciones y de esta manera realizar el riego y la fertilización con seguridad. De otra parte, se logró establecer la cantidad de agua de acuerdo al ciclo de crecimiento de la planta y el mejor método de siembra de *Cannabis sativa*.

Para el desarrollo del objetivo se realizaron aforos para medir la cantidad de agua que el sistema de goteo entrega en un determinado tiempo, utilizando como instrumentos una probeta de 100 ml y un cronometro, con los datos recolectados se realizó un documento sacando los promedios para poder determinar la frecuencia de riego y la cantidad de agua que se debe suministrar a la planta de *Cannabis sativa* de acuerdo a los factores agroclimáticos que se presenten, con la ayuda de Bluelab Pulse Meter medidor EC que es un equipo que mide la humedad y la Conductividad eléctrica se realiza la estandarización del riego.

Justificación

La correcta evaluación del manejo integrado de las actividades relacionadas con riego y fertilización en el cultivo de *Cannabis sativa* garantiza un uso racional del recurso hídrico en la producción de flor seca, buscando un mejor rendimiento en el sistema de riego de tal forma que se genere una producción constante y eficiente; donde el suelo y el sustrato a partir de condiciones óptimas de humedad, facilitara la desintegración de los nutrientes para ser absorbidos por la planta y en consecuencia la activación de sustancias químicas como: Tetrahidrocannabinol (THC), usado en la industria farmacéutica como analgésico y objeto de la actividad productiva del cultivar de *Cannabis sativa*.

De acuerdo a lo anterior es importante considerar que una correcta fertilización de las plantas desencadena una serie de ventajas como: desarrollo correcto radicular, foliar y floral, resistencia a las plagas como: trips (*Thysanoptera*), áfidos (*Aphidoidea*), ácaros (*Acari*), gusano cogollero (*Helicoverpa armigera*), y enfermedades como: pudrición de raíz (*Fusarium*), mildew polvoso (*Sphaerotheca pannosa*), moho gris (*Botrytis*), adaptación a los cambios climáticos y aumento en la cantidad (gramos/planta) de flor seca el cual es principal objetivo de la siembra de *Cannabis sativa*.

Por otra parte, no se puede desconocer que el uso del agua es uno de los costos de producción más alto de la empresa, por lo que con el desarrollo de las actividades aquí planteadas se fortalecerán otras alternativas para la disminución en el uso de este recurso, evitando pérdidas en el momento de la fertilización, optimizando la producción y aumentando la calidad de la flor seca exportada dirigida al mercado internacional con altos estándares de calidad.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el manejo integrado de riego y fertilización (MIRFE) en la producción de flor seca de *Cannabis sativa* en ambientes controlados tipo invernadero.

Objetivos específicos

Determinar aspectos de la calidad de agua como: dureza, pH y conductividad eléctrica en el sistema de fertirriego por goteo y drench en todas las etapas de desarrollo de la planta de Cannabis Sativa para flor seca.

Analizar las condiciones edafológicas de pH y conductividad eléctrica en el desarrollo de cada etapa de la planta de *Cannabis sativa*.

Establecer la cantidad de agua requerida por planta en la producción de flor seca en *Cannabis sativa*.

Marco Referencial

Marco Conceptual

Cannabis sativa

La clasificación botánica es:

Nombre científico: *Cannabis*

Clasificación superior: *Cannabaceae*

Categoría: *Género*

Clase: *Magnoliopsida*

División: *Magnoliophyta*

Orden: *Urticales*

Cannabis sativa es una planta herbácea anual de hasta 4 m de alto, dioica, de tallo erecto y hojas palmadas estipuladas, las inferiores opuestas y las superiores alternas. Las hojas se encuentran sobre pecíolos de hasta 7 cm de largo. Cada hoja se compone de entre 3 a 9 folíolos angostos dependiendo de la variedad, es una planta usada para uso medicinal por la producción de THC (Tetrahidrocannabinol, Psicoactivas) y de cannabidiol (CBD, no psicoactivas) (Universidad Nacional Autónoma de México, 2014).

Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica del suelo es una medida indirecta de la concentración de sales. El suelo naturalmente tiene sales disueltas, por lo que la conductividad eléctrica puede ser muy baja pero nunca nula. Las sales son buenas para los organismos que las consumen disueltas en el agua, sin embargo, el exceso puede afectar tanto al crecimiento de las plantas como a la actividad de los microorganismos del suelo (Cremona & Enriquez, 2020).

Dureza del agua

La dureza del agua es producida por sales más fijas como los cloruros (Cl⁻), sulfatos (SO₄²⁻), encontrando que la dureza total es la suma con la dureza temporal y que se representarla en función de los bicarbonatos de calcio y de magnesio (Julián Soto, 2010).

Nutrición de las plantas

La nutrición es aportar los nutrientes que la planta necesita para que esta sea plenamente productiva en cantidad y en calidad, los nutrientes se clasifican en macro y micronutrientes dependiendo de la concentración en los tejidos de las plantas (Mengel & Kirkby, 2000).

Flor seca de cannabis

Es el material final obtenido y consiste en deshidratar la inflorescencia fresca, bajo condiciones controladas de humedad y temperatura, hasta llegar a contenidos de agua en el tejido menores al 12% (Sánchez, 2020).

Nutrientes

Los nutrientes esenciales para las plantas son elementos que las plantas necesitan para un crecimiento adecuado. Diecisiete elementos entre macro y micronutrientes son considerados nutrientes esenciales para las plantas (Rodríguez & Flórez, 2004).

pH

Potencial de hidrógeno. Medida convencional que permite expresar la concentración de iones hidrógeno de manera simplificada. con medición de pH se permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo. La escala de medición del pH está entre los valores de 0.0 a 14.0 (García, 2011).

Riego

El riego consiste en aportar agua al suelo o sustrato, para que las plantas puedan cumplir con su debido desarrollo. Esta actividad es necesaria tanto en la hidroponía, como en la agricultura tradicional, jardinería y otras (Yagüe, 2003).

Riego por drench

Es una técnica de fertilización que consiste en aplicar sobre la superficie del suelo, la mezcla de fertilizantes tradicionales disueltos en agua (Miriam, 2018).

Riego por goteo

Consiste en suministrar el agua a las raíces, de una manera más segura de forma que se puede controlar la cantidad de agua que se libera. de esta forma se puede realizar los riegos de una forma más segura (Bautista, Sánchez, & Tamayo, 2012).

Sustrato

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que protege y da soporte a la planta para el desarrollo de la raíz además es un medio adecuado para la sustentación y retención de cantidades suficientes y necesarias de agua, oxígeno y nutrientes, además de ofrecer un pH compatible, ausencia de elementos químicos en niveles tóxicos y conductividad eléctrica adecuada (Abanto, y otros, 2016).

Marco Teórico

Generalidades del Cannabis sativa

La historia del *Cannabis sativa* como ingrediente activo en la medicina es muy antigua y actualmente está en auge como planta medicinal, según Guadalupe (2014): El *Cannabis sativa* es originario de Asia central, el primer dato que se tiene del uso medicinal de esta planta es el del emperador chino y herbario, Shen Nung, quien hace 5.000 años recomendaba la *Cannabis* contra

el paludismo, el beriberi, las constipaciones, los dolores reumáticos, la distracción continua y los padecimientos femeninos. Hoa-Glio, otro antiguo herbario chino, recomendaba una mezcla de resina de cáñamo y vino como analgésico para la cirugía (...) prácticamente todas las culturas de la antigüedad la utilizaron, pero su difusión y utilización mayor se debe a los árabes. Se estudió por primera vez desde un punto de vista científico a finales del siglo XVIII en Francia, donde se extendió dentro del mundo cultural de la Bohemia. (8). En 1800 la *Cannabis* se usó ampliamente en Europa como sedativo y calmante y se registraron los primeros casos de su uso como “estimulante” (p.3).

Arcila 2022, por su parte, comento que “hay muchos usos, no solamente en la industria medicinal y científica, también en usos industriales que empieza desde sectores como alimentos y bebidas, pasando por el sector textil, sector construcción y hasta el de bioplásticos” (p. 1).

Según el medico anesthesiólogo Cobarrubias, (2019) “Hoy en día se considera el uso terapéutico de esta planta como un coadyuvante en el tratamiento de algunas patologías: glaucoma, artritis reumatoide, VIH, Alzheimer, asma, cáncer, dolores crónicos de difícil control, enfermedad de Crohn, epilepsia, esclerosis múltiple, insomnio y Parkinson” (p. 3).

El ciclo fenológico de las plantas de cannabis empieza desde su germinación hasta la cosecha, en enraizamiento tiene una duración de 2 a 3 semanas de acuerdo a la acumulación de horas día o de la radiación solar, el ciclo vegetativo que va del trasplante al inicio de la floración es de 6 semanas y la floración tiene una duración de 8 a 10 semanas según la variedad y la acumulación de horas día, según Prade (2011) “el *Cannabis Sp.* se adapta a condiciones climáticas templadas y frescas, y crece mejor en suelos bien drenados, fértiles, especialmente franco limoso, franco arcilloso y arcillas limosas” (p.1) lo que facilita el ciclo de vida de la planta, por esta razón, es tan importante regar de forma correcta y en las cantidades adecuadas

como saber cuándo hacerlo, demasiada agua puede llevar al encharcamiento y la pudrición de las raíces, mientras que muy poca agua puede hacer que la planta se marchite y no pueda absorber nutrientes. “Uno de los problemas del riego de plantas es que no es una ciencia exacta, y hay numerosas circunstancias que influyen en la cantidad de agua que se les debe administrar como el crecimiento de las plantas, el clima, el tamaño de recipiente, la salud de las plantas. Estos factores determinan cuánto debes regar tus plantas” (Cannabis, 2015).

Así mismo la flor seca de *Cannabis sativa* es exigente en la cantidad de los nutrientes y agua que requiere en su desarrollo, como lo afirma Jaime; Cruz (2021). Las plantas de *Cannabis* requieren tres nutrientes en grandes cantidades. Estos macronutrientes son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), y constituyen la base de la salud de las plantas (...). Por tanto, estos tres nutrientes suelen ser los protagonistas de los fertilizantes, en diferentes formas y proporciones, sin embargo, el *Cannabis* no solo necesita tres nutrientes para sobrevivir y desarrollarse. También depende de otros nutrientes como el calcio, magnesio y azufre, para desempeñar funciones vitales en el desarrollo de las plantas:

- El calcio es importante para el desarrollo de las paredes celulares, puede ayudar a reducir la salinidad del suelo y mejora la penetración del agua cuando se usa como mejorador del terreno.
- El magnesio desempeña un papel clave en la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos, y también ayuda a estabilizar las paredes celulares de las plantas.
- El azufre es necesario para la formación de clorofila, así como la producción de proteínas, aminoácidos, enzimas y vitaminas, y protege las plantas contra enfermedades.

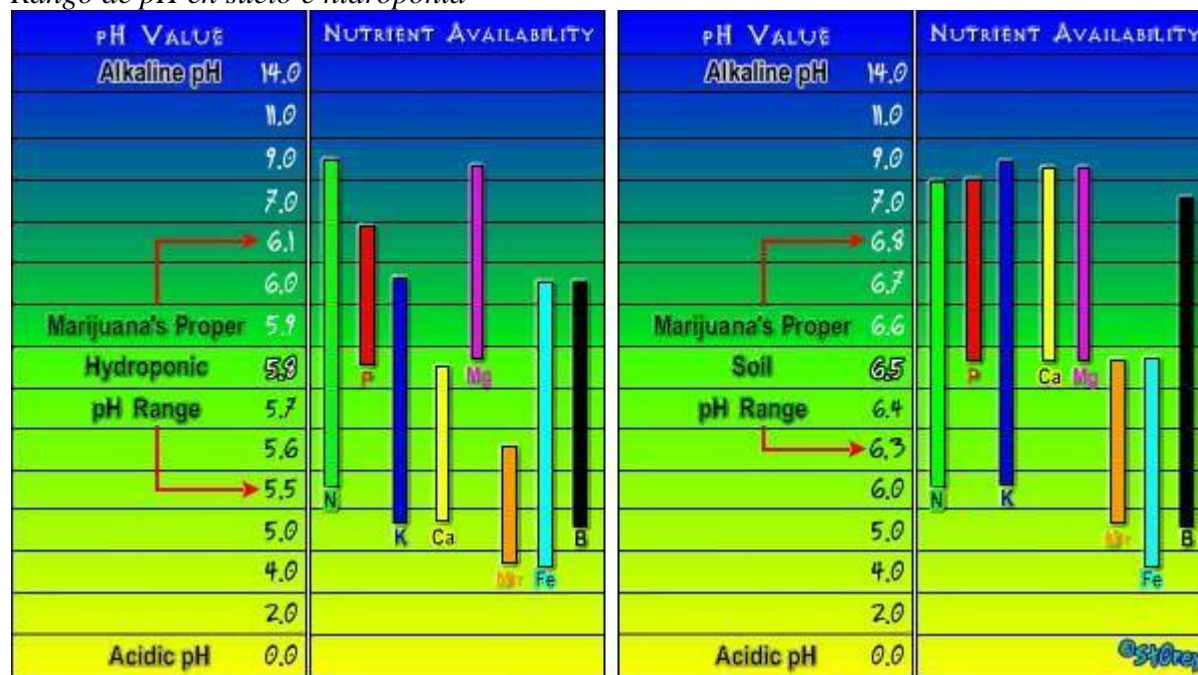
Además, las plantas también necesitan micronutrientes; y aunque estos sean necesarios en pequeñas cantidades, son extremadamente importantes. Los micronutrientes incluyen: boro,

cloro, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc. Aunque no son los principales nutrientes para la fertilización del cannabis, desempeñan funciones muy importantes para la salud de las plantas (p.1).

El pH requerido para el cultivo de *Cannabis sativa* varía de acuerdo al desarrollo de la planta, una de las principales variables en los suelos, debido a que controla muchos procesos químicos que se tienen en este lugar, afecta específicamente la disponibilidad de los nutrientes que requieren las plantas, mediante el control de las formas químicas de éstos. El requerimiento de pH en cannabis es de 5,5 a 7 con un óptimo para la sustracción de nutrientes de pH 6,5 (Martínez, 2022).

Figura 1

Rango de pH en suelo e hidroponía



Nota. Adaptado de rango de pH en suelo e hidroponía. Fuente. Martínez.

El valor de CE es proporcional a la concentración de cationes y aniones del medio. Esto significa que, a mayor CE, mayor es el contenido total de sales en el agua o en la solución del

suelo. Por ello, la medida de la CE permite estimar el contenido de sales disueltas de la muestra de agua o de sales en la solución del suelo (Díaz, 2022).

La conductividad eléctrica (CE) se maneja de igual manera que el pH, una correcta CE para las plantas de *Cannabis* estaría entre 0,75 y 2 milisiemens (mS), y en plantas que están en floración y van llegando al final de su ciclo o a cosecha puede llegar hasta 3 milisiemens en cultivos establecidos en suelo. Para cultivos hidropónicos o aeropónicos no se aconseja sobrepasar los 2,2 mS. Cuando la CE es muy baja, se debe revisar el programa de fertilización y hacer un ajuste aumentando la dosis de fertilizante a la planta. Cuando la CE es alta hay que hacer un lavado de raíces, esto consiste en regar la planta sólo con agua, se suele regar hasta que el agua drenada y la planta se ve limpia, también se debe ir revisando la CE desde que inicia a drenar y cuando ya bajé la CE se para el riego (p.1).

Metodología

El desarrollo de esta pasantía se dio en el municipio de Pesca, (Boyacá) en la vereda Tobacá, empresa CLEVER LEAVES, entidad especializada en la obtención de flor seca de cannabis en el departamento.

Para llegar al cumplimiento del objetivo de la pasantía se proyectó la aplicación de aforos y recolección de datos que luego serian sometidos a análisis y formulación de posibles alternativas de solución todo esto en miras de ofrecer un buen manejo del agua para el riego y la fertilización de las plantas.

De acuerdo a esto se establece la obtención de datos a partir del uso de los siguientes equipos así:

- Computador; registro digitalización y análisis de información.
- Medidor Combinado pH/EC/TDS; equipo que permite la medición de rangos de pH y la conductividad eléctrica en campo.
- Probeta: indispensable en la determinación de aforos.
- Bluelab Pulse Meter medidor EC; equipo que permite medir humedad y temperatura del sustrato.
- Checker colorímetro determinador de la cantidad de cloro que contiene el agua.
- Test kit de dureza; determinador de la cantidad de metales que contiene el agua y sales del agua.

En cumplimiento del plan de trabajo formulado en concordancia con las actividades de manejo ofrecidas por la empresa al sistema productivo de flor seca de *Cannabis sativa* de uso medicinal, se observa la importancia del riego dentro del sistema por lo que se plantea el

monitoreo del sustrato, factores climáticos, requerimiento del cultivo, técnica de riego, programación y/o frecuencia de riego.

- Monitoreo de sustrato; Actividad que se realiza a través del método organoléptico, el cual tiene en cuenta características como el color del sustrato además de la verificación de humedad por prueba de puño, aplicando presión con la mano a una muestra de sustrato, además de verificar la CE y el pH, esta metodología se desarrolló según, Rizo (2023). De igual forma se utilizó el medidor BlueLab Pulse Meter el cual arroja resultados de % de humedad del sustrato.
- Factores climáticos; Son aquellos agentes que modifican el comportamiento de los elementos del clima, y de acuerdo a su interacción, a su presencia e intensidad, es que determinan las características particulares de los diferentes tipos de clima que existen en el mundo (Núñez, 2023).
- Requerimientos hídricos del cultivo; el cultivo de cannabis se caracteriza por poseer cierta complejidad frente a la disponibilidad y suministro de agua; una planta puede fácilmente marchitar y morir en poco tiempo. Si se presentan excesos o ausencia del líquido la planta propicia condiciones de estrés que pueden retrasar el proceso de crecimiento de las plantas (Cannabis, 2015).
- Técnica de riego; existen varios métodos de riego entre ellos por drench que consiste en suministrar agua al suelo por medio de una manguera y riego localizado o por goteo que consiste en usar manguera de 16 mm con goteros autocompensados de 1 Lt/Hora, de esta manera se aporta a la planta la cantidad de agua requerida por el cultivo sembrado en suelo y en sustrato (Cannabis, 2015).

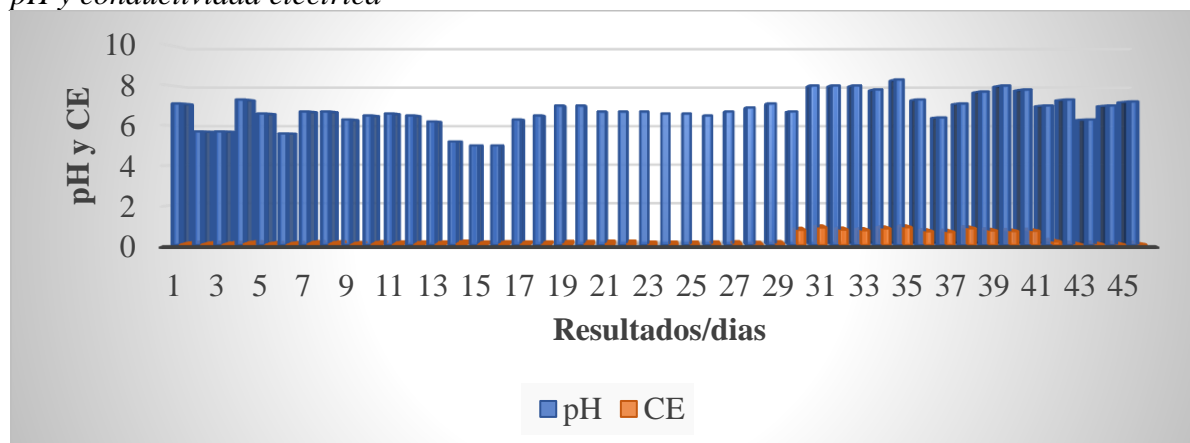
- Programación y/o frecuencia de riego; la programación y frecuencia de riego se debe realizar diariamente de acuerdo a las condiciones climáticas presentadas (T° , Pmm, y % H), de igual forma es necesario tener en cuenta el estado físico del sustrato, la condición de la plantas (presencia o ausencia de signos de deshidratación) además de la programación de actividades de fertirrigación o riego, según sistematización establecido para la plantación de tal forma que no se altere el desarrollo de las plantas (Gutiérrez, 2023).
- Aforo de la cantidad de agua por planta; hace referencia al monitoreo de la cantidad de agua consumida por planta dada en ml/planta/ día.

Análisis de Resultados

Determinación de Calidad del Agua Cruda Usada Para Riego de *Cannabis Sativa*

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos a partir de la toma, registro y análisis de información en cuanto a los parámetros de pH y conductividad eléctrica del agua que se utiliza para riego de *Cannabis sativa*, cuyo ideal debiera estar entre pH de 5.5 a 7 y el agua que se utiliza, que en ocasiones puede alcanzar un pH mayor a 8, es importante observar la gráfica 1 donde el pH de agua para riego se encuentra en un promedio de 6,78 el cual está entre los rangos que requiere la planta de *Cannabis sativa*. Teniendo en cuenta estos resultados es importante mencionar la necesidad de establecer un plan de manejo con suministros de ácido cítrico hasta alcanzar un rango adecuado de pH (5,5 a 6,5) para el riego de *Cannabis sativa*. De acuerdo a lo anterior y según los resultados obtenidos con la actividad, se logra determinar que el comportamiento del pH resulta directamente proporcional, ya que cuando el pH sube la conductividad sube como se observa en la gráfica 1, lo que obedece a la acción que ejercen la mayoría de fertilizantes de síntesis química que se caracterizan por poseer una alta carga de sales que al final se mezclan con el agua como agente transportador.

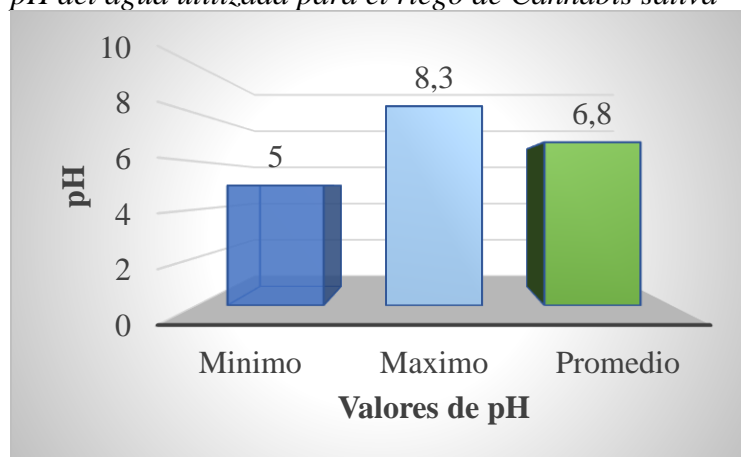
Figura 2
pH y conductividad eléctrica



Fuente. Propia, tomada de los datos de representación de pH y CE recolectados durante el ciclo de las plantas después del trasplante.

Al revisar los resultados obtenidos de pH del agua de riego de *Cannabis* se observa (ver gráfica 2) que este parámetro se encuentran alrededor de 6,8; lo que permite inferir que en este caso el agua usada no sería apta para las labores de riego del cultivo hasta no realizar la corrección del pH y obtener un resultado que se encuentre entre 5,5 a 6,5 antes del suministro de riego o fertilización, según (Saavedra, 2020) Una planta de *Cannabis* requiere un pH entre los rangos 5,5 a 6,5 para que estas puedan absorber los nutrientes necesarios para su correcto desarrollo.

Figura 3
pH del agua utilizada para el riego de Cannabis sativa

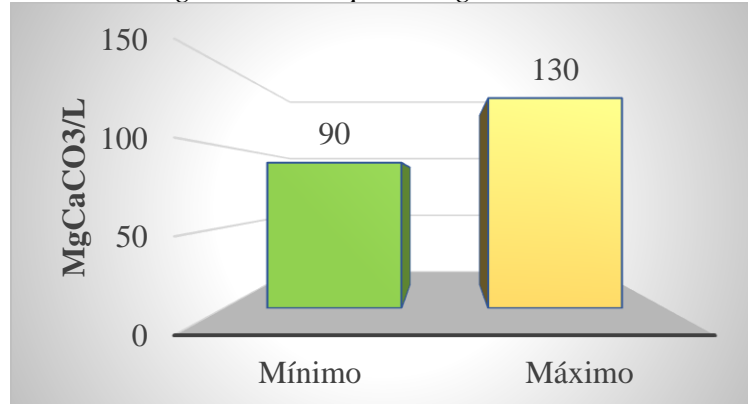


Fuente. Propia, tomada de los datos de pH del agua utilizada para el riego y fertilización del *Cannabis sativa*.

En cuanto al parámetro dureza del agua se reportan datos que oscilan entre 90 mg CaCO_3/l y 130 mg CaCO_3/l con un promedio de 114 mg CaCO_3/l como se puede ver en la gráfica 3, datos que pueden considerarse como aptos para el cultivo de *Cannabis sativa*. Según Soto, 2010, la dureza del agua se refiere a la concentración de minerales, principalmente calcio y magnesio, disueltos en el agua, se mide comúnmente en miligramos de carbonato de calcio por litro (mg CaCO_3/l) o partes por millón (ppm), en consecuencia, el agua que contiene entre 100 mg/l y 150mg/l o ppm de dureza (CaCO_3) es aceptable para el cultivo de cannabis” (p. 1).

Figura 4

Dureza del agua utilizada para riego de Cannabis Sativa

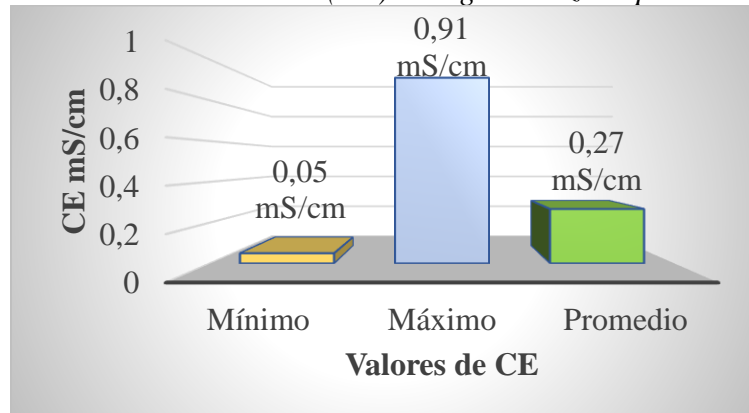


Fuente. Propia, tomada de los datos mínimos y máximos de MgCaCO₃/l (dureza del agua), utilizada en el riego de plantas de Cannabis sativa.

La conductividad eléctrica (CE) reportada dentro de la plantación observada en la gráfica 4 se encuentra por debajo del rango que requiere la planta para la absorción de los nutrientes pues registra un promedio 0,27 mS/cm y teniendo en cuenta lo mencionado por Canovas, (1986) las aguas de menos de 1,2 mS/cm o 1200 μ S/cm no suelen plantear ningún problema, por el contrario aguas con una conductividad por encima de 2,5 mS/cm no son aconsejables para el riego de ningún cultivo.

Figura 5

Conductividad eléctrica (CE) del agua utilizada para el riego de Cannabis sativa



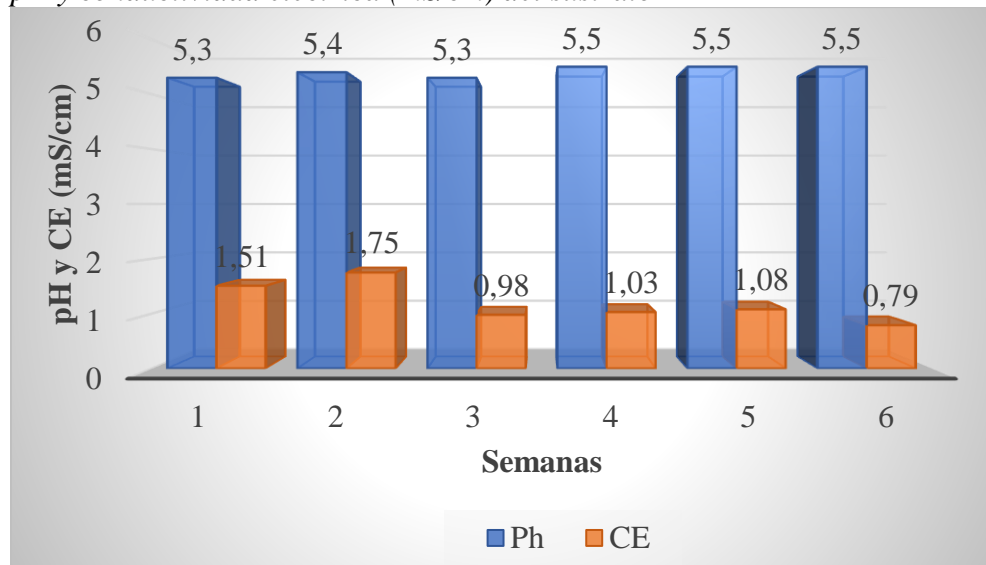
Fuente. Propia, tomada de los datos promedio de la CE (mS/cm) del agua utilizada en riego de las plantas de Cannabis sativa.

Condiciones edafológicas y propiedades fisicoquímicas del sustrato

Los parámetros de CE y pH encontrados en el sustrato usado dentro de la plantación de *Cannabis sativa* para efectos del estudio evidencian resultados promedio de pH de 5,41 y CE de 1,19 considerados como aptos para este tipo de cultivos (ver gráfica 5). La evaluación de las condiciones edafológicas del sistema productivo de *Cannabis* se encuentran relacionadas directamente con el comportamiento del suelo o sustrato frente a los parámetros pH y EC, por lo que es importante mencionar que, según Adriana P, (2022) el sustrato puede registrar valores de pH cercanos a 5,5 hasta llegar a 6,5 en las últimas semanas de producción. Teniendo en cuenta esta información es importante mencionar que los reportes de pH y conductividad eléctrica del sustrato se encuentran dentro de los parámetros ideales (pH 5.5-6.5 y conductividad eléctrica 2,200 Sm/cm) para la planta de *Cannabis sativa*.

Figura 6

pH y conductividad eléctrica (mS/cm) del sustrato



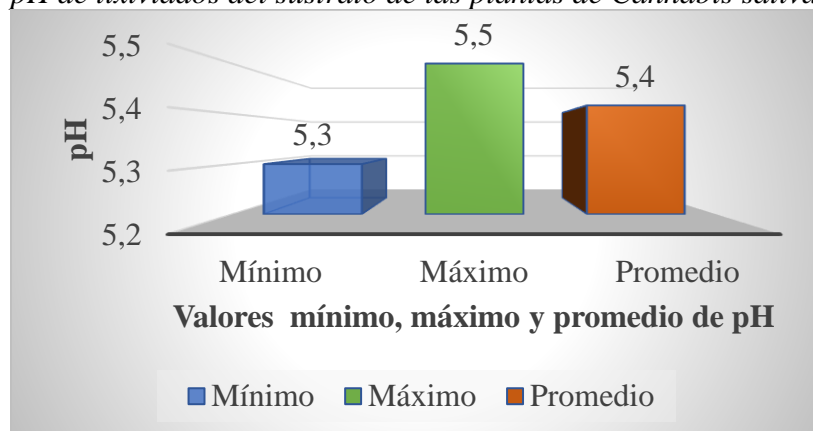
Fuente. Propia, tomada de los datos de valores de pH y CE del sustrato que se utiliza para la siembra de *Cannabis sativa*.

Al revisar el pH de los lixiviados obtenidos del sustrato se encuentran registros entre 5,3 y 5,5, tal como se observa en la gráfica 6, datos que pueden considerarse como bajos para

cultivos de *Cannabis sativa* cuya variación se esperaría estuviese entre 5,5 y 6,5 de acuerdo a la fertilización que se esté aplicando en él momento (Voser, 2020).

Figura 7

pH de lixiviados del sustrato de las plantas de Cannabis sativa

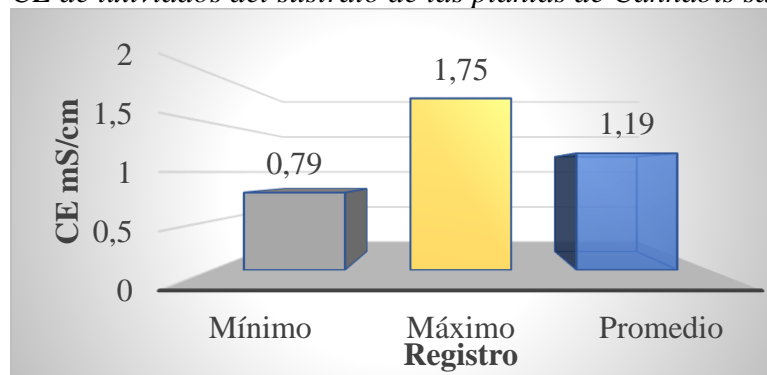


Fuente. Propia, tomada del promedio del pH de los lixiviados que salen del sustrato después del riego de las plantas de Cannabis sativa.

Los resultados de conductividad eléctrica asociados a los lixiviados en el cultivo de *Cannabis sativa* motivo de estudio mantienen un promedio de 1,19 mS/cm y se encuentra dentro de los parámetros que se tienen para las plantas de cannabis en desarrollo, así como se observa en la gráfica 7. Según Torreón, (2011) “la conductividad de los lixiviados en sustrato debe ser menor de 2,9 Sm/cm cuando en la fertilización se aplica CE de 2,0 Sm/cm”.

Figura 8

CE de lixiviados del sustrato de las plantas de Cannabis sativa

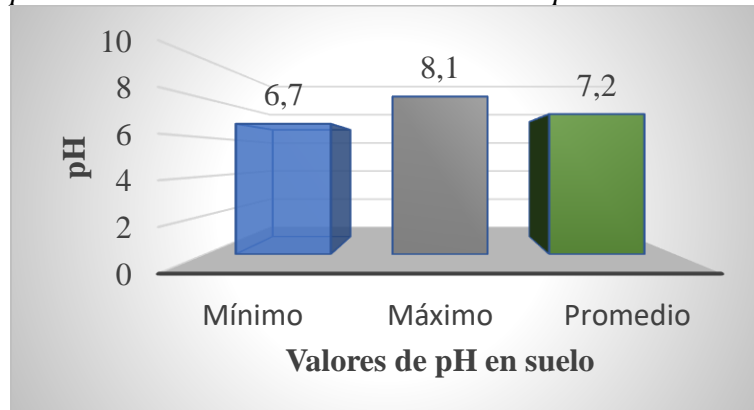


Fuente. Propia, tomada del promedio de la CE de los lixiviados que salen después del riego de las plantas de Cannabis sativa.

Los resultados obtenidos en cuanto a pH del suelo donde se encuentra establecida la plantación de *Cannabis* deja ver un suelo con pH de 7,2 en promedio, como se ve en la gráfica 8, lo que nos permite identificar unas condiciones de pH consideradas como no deseables para el establecimiento y desarrollo de la plantación, esto en virtud de la limitación en la disponibilidad de nutrientes, sin embargo, es de resaltar que las plantas no demostraron ningún tipo de deficiencia durante este periodo. Según REVISTA THC, (2022) “La marihuana deja una brecha muy pequeña de pH en la cual podrá realizar correctamente la absorción de nutrientes provenientes del suelo, para esto el pH debe estar neutro y oscilar entre 5.5 a 7, y el requerimiento puede variar de acuerdo a la fase en la que se encuentre, ya sea de crecimiento, floración o transición ambas.

Figura 9

pH del suelo donde están establecidas las plantas de Cannabis sativa



Fuente. propia, tomada del promedio del pH del suelo donde el cultivo de *Cannabis sativa* está establecido.

Cantidad de agua requerida por planta de *Cannabis* en cada etapa de crecimiento

En general todas las plantas requieren de agua para el desarrollo de sus funciones vitales, es por ello que a continuación se anexa el registro de información relevante en el caso de la determinación de requerimiento de agua para la producción de flor seca de *cannabis*.

A partir de lo mencionado es necesario revisar la información reportada en la tabla 1 y 2 donde se evidencia el número de plantas seleccionadas con un promedio de 15,33 ml/min en sustrato y en suelo de 18,6 ml/min esto aplicado a plantas establecidas en suelo y sustrato respectivamente.

Tabla 1

Aforo de plantas sembradas en sustrato

Plantas/Cama	N° Plantas/Aforadas	Goterros/Cama	Promedio ml/min
60	60	240	15,33

Nota. El lote al cual se le realizo el aforo es de 240 plantas de las cuales se escogieron 60 plantas al azar para obtener el promedio de 15,33 ml/min por gotero.

En la tabla 2 se evidencia la cantidad de plantas aforadas y el promedio en ml/min de la salida de agua por cada gotero que según especificaciones comerciales cada gotero entrega 16,6 ml/min a lo cual se están entregando 18,6 ml/min en promedio, esto indica que el sistema de goteo está en buen funcionamiento.

Tabla 2

Aforo plantas sembradas en suelo

N° Plantas/Cama	Goterros/Cama	Promedio ml/min
30	320	18,6

Nota. El lote al cual se le realizo el aforo es de 240 plantas, 8 camas de 30 plantas de las cuales se escogieron 60 plantas al azar para tomar la cantidad de agua que llega en un minuto.

La tabla 3 representa la cantidad de agua que una planta requiere por día sin presentar deshidratación. En los análisis que se han realizado, se ha obtenido como resultado que el consumo de agua oscila entre 1 y 4 l/m²/día para las condiciones de invernadero en la sabana de Bogotá (Sáenz, 2021). Lo anterior nos ofrece una visión diferenciada del comportamiento de la planta en diferentes entornos los cuales pueden cambiar a partir del estado del tiempo y condiciones climáticas del lugar donde se encuentren establecidas.

Tabla 3
Cantidad de agua por planta en sustrato

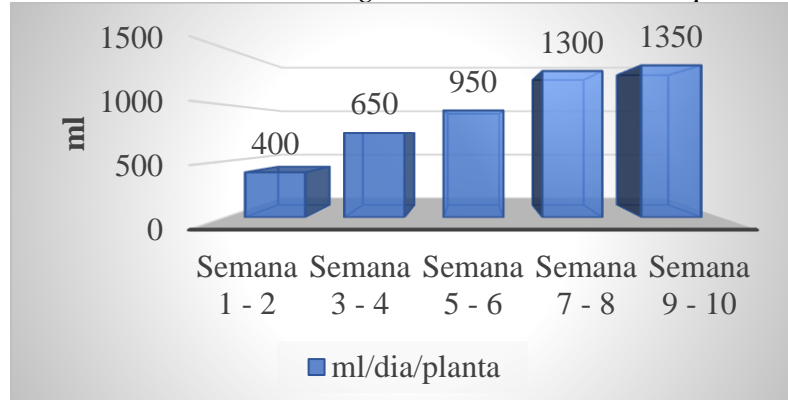
Ciclo de la planta/semanas	1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
ml, día/planta	300 – 500	500 – 800	800 – 1100	1100 – 1500	1200 – 1500
	ml	ml	ml	ml	ml
Tiempo (min/día) /planta	4,89 - 8,15 min	8,15 - 13,05 min	13,05 - 17,94 min	17,94 - 24,46 min	17,57 - 24,46 min

Nota. En la tabla se observa que a medida que las plantas crecen el consumo de agua incrementa.

De acuerdo a lo mencionado hasta ahora es indispensable revisar el comportamiento y consumo de agua por parte de la planta siendo está sembrada en sustrato o suelo. La gráfica 9 representa los promedios de consumo de la planta de acuerdo a su crecimiento demostrado por semanas, se puede evidenciar que en la semana 1 promedio tiene un consumo de 400 ml/día y en la semana 10 tiene un consumo promedio de 1350 ml/día, se evidencia un aumento de consumo promedio de 950 ml/día entre la semana 1 y la semana 10. Así mismo en la gráfica 9 se representan los promedios de consumo de la planta de acuerdo a su crecimiento demostrado por semanas, por lo que se puede evidenciar que en la semana 1 promedio tiene un consumo de 275 ml/día y en la semana 10 tiene un consumo promedio de 1050 ml/día, se evidencia un aumento de consumo promedio de 775 ml/día entre la semana 1 y la semana 10.

Figura 10

Promedio de consumo de agua durante el ciclo de la planta sembrada en sustrato



Fuente. Propia tomada del promedio del consumo de agua en ml/día de las plantas, durante el ciclo vegetativo y floración.

Tabla 4 *Consumo de agua por planta en suelo*

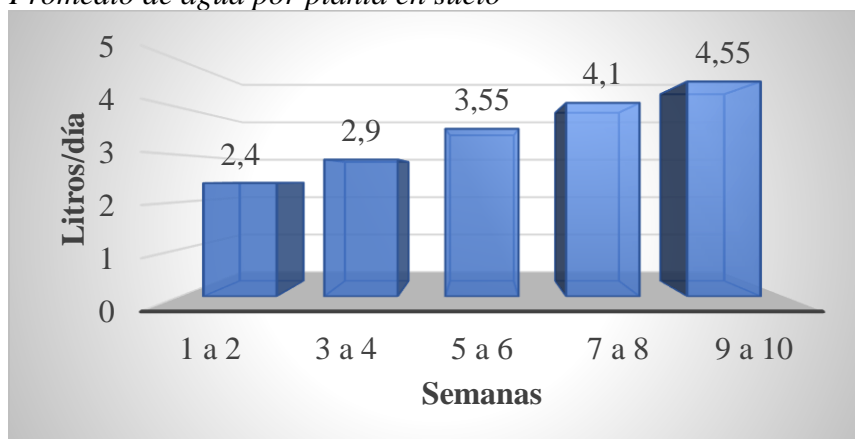
Ciclo de la planta/semanas	1 a 2	3 a 4	5 a 6	7 a 8	9 a 10
L /día/planta	2,2 - 2,6	2,6 - 3,2	3,2 - 3,9	3,9 - 4,3	4,3 - 4,8
Tiempo (min/día) /planta	12,37 - 14,62	14,62 - 18	18 - 21,93	21,93 - 24,18	24,18 - 27

Nota. El agua que las plantas consumen en suelo es mayor que en sustrato por la pérdida de evapotranspiración y de filtración.

El promedio de la cantidad de agua por planta en suelo es de 2400 ml en las 2 primeras semanas y de 4550 ml en las últimas semanas, por lo que se resalta que el consumo de agua en suelo es mayor al de sustrato, como se evidencia en la gráfica 10.

Figura 11

Promedio de agua por planta en suelo



Fuente. Propia, tomada del promedio de consumo de agua donde se evidencia que el consumo es mayor que en las siembras en sustrato.

La cantidad de agua que se suministra en sustrato es menor a la de suelo debido a que la materia es de una disposición controlada, mientras que en suelo el agua es evaporada o filtrada y no es aprovechada por la planta.

Conclusiones

Al determinar los aspectos de la calidad de agua como: dureza, pH y conductividad eléctrica se encontró que el pH del agua está muy alto para los parámetros de 5,5 y 6,5 que requiere la planta, porque el agua de riego del cultivo contiene un promedio de 6,8, por tal motivo, se debe realizar una corrección al agua para poder ser aplicada a las plantas, al contrario de la conductividad y la dureza que están dentro de los requerimientos de la planta.

El análisis de las condiciones edafológicas de pH y conductividad eléctrica se evidenció que es indispensable la medición de estas en el desarrollo de cada etapa de la planta de *Cannabis sativa* al momento de realizar el riego y la fertilización con el propósito de controlar la cantidad de sales que absorbe la planta sembrada en suelo y en sustrato; el manejo de sustrato es más estricto porque el pH y la conductividad eléctrica deben estar dentro de los rangos requeridos por la planta, dado que, el sustrato utilizado es resultado de productos naturales en estado inactivo el cual no genera ninguna regulación de sales para la planta.

Las plantas sembradas en suelo requieren mayor cantidad de agua como lo demuestra los aforos realizados en el suelo y sustrato usados para la siembra de las plantas de *Cannabis sativa*, donde se comprobó que existe un ahorro prolongado del recurso hídrico durante toda la etapa de crecimiento de las plantas sembradas en sustrato por estar en recipientes, lo cual facilita el control de la humedad de acuerdo a la absorción por las raíces con respecto al desarrollo de la planta, por otro lado, en suelo la cantidad de agua es mayor porque no se puede realizar un control eficiente en la absorción de agua por parte de las raíces.

Recomendaciones

Es importante realizar el registro diario de pH y Conductividad eléctrica para tener un soporte en caso de que se presente una deficiencia o una fitotoxicidad por fertilización, y así poder realizar la revisión y verificar si fue por estos parámetros que se presentó dicho problema realizando descarte. De la misma manera es primordial medir pH y conductividad eléctrica del agua y hacer el control de pH antes de realizar los riegos o la fertilización en sustrato y en suelo, porque durante el periodo de pasantía el pH del agua que absorben las plantas está en promedio en 6,8 estando por encima del rango que la planta requiere para la absorción de los nutrientes.

El riego por goteo es más efectivo en plantas sembradas en sustrato porque se puede realizar con una frecuencia y tiempo controlado dado que la planta lo requiere por su necesidad fisiológica de consumo de agua, en ocasiones es necesario realizar lavado de raíces por alguna fitotoxicidad o por terminación del ciclo, el cual se puede hacer el lavado con manguera, llamado drench. Y en suelo se puede hacer fertilización por goteo y hacer aplicaciones de agua adicional por drench para mantener la humedad superficial y hacer manejo de la humedad relativa del cultivo.

Referencias Bibliográficas

- Abanto, García, Guerra, Murga, Saldaña, Vázquez, & Tadashi. (2016). Sustratos orgánicos en la producción de plantas de *Calycophyllum spruceanum* (Benth.). *Scielo*, ppr. 6.
- Alchimia. (2023). *El PH y la marihuana*. <https://www.alchimiaweb.com/blog/ph-marihuana/>
- Angel Maria Jaime Cediél, J. F. (2021). *Cannabis Medicinal CHC*. Colombia.
- Ardila, R. (2022). *Colombia, a medio camino de exportar flor seca de cannabis*.
<https://www.portafolio.co/economia/gobierno/colombia-a-medio-camino-de-exportar-flor-seca-de-cannabis-562058>
- Ariana P. (2022). Medición de pH y Conductividad Eléctrica. *Pordue University*, ppr. 6.
- Asocolcanna. (s.f). *ANÁLISIS DE OPORTUNIDADES Y RIESGOS DE EXPORTAR FLOR SECA*. <https://asocolcanna.org/wp-content/uploads/2021/02/Asocolcanna-Anexo-Carta-Flor-Seca-Gobierno.pdf>
- Bautista, M. C., Sánchez, J. E., & Tamayo, J. H. (2012). Evaluación de dos sistemas de riego por goteo en la producción y la calidad de la fruta de pera (*Pyrus communis* L.) variedad Triunfo de Viena. *Redalyc*, ppr. 3.
- Cannabis, R. (2015). Cómo regar las plantas de marihuana: guía completa. *Royal Queen Seeds*, ppr. 23.
- Canovas Cuenca J.(1986) Calidad Agronómica de las agua de riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid
- Corrochano, A. (2012). *Factores en el cultivo de la Marihuana: Conductividad eléctrica*.
<https://www.agrobeta.com/agrobetablog/2012/10/factores-en-el-cultivo-de-la-marihuana-conductividad->

- Rizo, E. (2013). Recomendaciones para monitorear tu sustrato. *Hortalizas.com*, prr. 3.
- Rodríguez, M., & Flórez, V. J. (2004). Elementos esenciales y beneficiosos. *Core*, prr. 12.
- Saavedra, K. R. (2020). *REQUERIMIENTOS AGRONÓMICOS PARA UN MODELO PRODUCTIVO DE CANNABIS EN LA PROVINCIA DEL SUMAPAZ. FUSAGASUGÁ.*
- Sáenz, F. C. (2021). *Lineamientos en nutrición para cultivo de Cannabis*. Bogotá : Grupo Monteverde.
- Sánchez, P. A. (2020). Panorama del cannabis con fines médicos y científicos en Colombia. *Scielo*, prr. 9.
- Soto, J. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Scielo*, prr. 2.
- THC, R. (2023). Cómo medir y corregir el pH en suelos. *THC*, prr 7.
- Torreón, I. T. (2011). Uso de diferentes sustratos y frecuencias de riego para disminuir lixiviados en la producción de tomate. *Scielo*, prr 5
- Torres, C. (2019). Uso medicinal de la Marihuana. *Scielo*, prr. 5.
- Universidad Nacional Autónoma de México. (2014). *Cannabis sativa L., una planta singular*.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004
- Veldman, M. (2021). *Marihuana en Colombia – Leyes, Uso e Historia*.
<https://sensiseeds.com/es/blog/paises/cannabis-en-colombia-leyes-uso-historia/>
- Voser, S. (2020). *Fundamentos del pH y cómo afecta a las plantas de marihuana*. Barcelona: RQS.
- Yagüe, J. L. (2003). *Técnicas de riego*. Madrid: Mundi Prensa.

Apéndices

Apéndice A

Registro de aforos

BLOQUE 7																																	
NAVE	CAMA	N° GOTERO	NUMERO DE PLANTA																														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
132	1019	1	18	18	18	18	19	19	18	19	18	15	20	17	19	17	20	20	20	20	20	19	19	20	20	20	20	19	20	18	20	20	
		2	18	18	16	18	19	17	20	18	18	15	19	18	20	19	20	20	18	20	19	20	19	18	20	19	20	20	20	17	20	20	
		3	18	18	19	18	19	19	19	19	18	15	20	18	18	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	21	20	20	18	21	20
		4	18	19	17	20	19	18	19	19	20	15	20	16	18	20	20	20	19	20	21	20	18	18	20	20	20	20	19	19	20	23	
	1024	1	18	18	20	19	20	19	17	19	17	16	20	17	22	19	20	20	18	18	18	35	21	20	22	19	20	20	20	19	19	20	
		2	20	19	20	20	17	20	17	20	18	19	19	17	19	20	18	19	19	19	19	26	20	20	20	18	21	20	19	20	17	20	
		3	20	20	20	20	19	19	19	20	20	16	18	16	20	20	19	18	20	18	19	28	20	22	22	17	20	20	17	18	18	19	
		4	20	20	18	20	20	19	18	20	17	18	18	18	20	19	19	19	20	19	18	30	19	21	20	16	18	19	19	19	19	20	
133	1027	1,2,3,4	50	40	58	65	75	68	76	72	76	73	74	69	70	74	70	70	70	73	68	72	79	72	89	73	70	74	70	69	67	72	
	1032	1,2,3,4	75	65	64	65	67	71	73	65	62	58	65	59	74	64	69	76	72	72	70	40	66	78	70	80	77	74	72	100	85	78	
134	1035	1,2,3,4	50	45	50	60	37	55	57	59	65	54	60	54	55	49	55	43	54	60	59	46	50	60	50	59	56	67	53	56	55	54	
	1040	1,2,3,4	56	85	65	92	68	62	85	60	55	62	60	60	52	54	64	64	58	56	75	105	50	65	55	78	62	80	75	60	85	90	
135	1043	1,2,3,4	75	77	73	75	70	77	75	81	72	70	67	60	65	80	73	74	78	72	62	68	68	72	70	83	75	72	78	80	68	61	
	1046	1,2,3,4	80	75	60	68	75	80	72	76	79	108	75	73	90	104	80	72	72	100	90	60	78	76	80	80	65	104	75	90	60	78	
136	1051	1,2,3,4	65	60	64	62	60	63	61	67	58	64	54	53	22	45	62	70	75	15	54	60	54	55	65	61	74	60	60	66	55	63	
	1054	1,2,3,4	65	61	63	63	64	65	64	68	66	64	65	67	64	63	63	74	65	65	61	65	55	66	65	64	66	63	66	65	65	61	

Fuente. Autor, 2023

Apéndice B

Registro de pH y Conductividad eléctrica del agua y la fertilización

FERTILIZACION SIEMBRA								
FECHA	VALVULA	NAVE	VARIEDAD	PRODUCTOS	PH-INICIAL	PH-FINAL	CE-INICIAL	CE-FINAL
16/05/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	6,7	6,1	0,78	1,39
18/05/2023	12	136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	8	6,7	0,9	1,69
19/05/2023	12	135	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	8	6,5	0,79	1,72
23/05/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	8	6,6	0,76	2,5
25/05/2023	12	135	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,8	7	0,85	1,38
26/05/2023	12	136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	8,3	6,9	0,91	1,4
27/05/2023	12	135	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,3	6,3	0,71	1,86
28/05/2023	12	136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	6,4	6,4	0,68	1,45
29/05/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,1	6	0,86	1,3
30/05/2023	12	135	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,7	6,6	0,75	1,55
1/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	8	7,1	0,72	1,75
2/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,8	7,2	0,73	1,24
3/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7	7	0,2	0,89
4/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,3	6,3	0,06	1,11
6/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	6,3	6,1	0,07	1,65
7/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7	6,1	0,06	0,05
8/06/2023	12	135 - 136	PS 97 LINEA	NITRATOS, SULFATOS	7,2	6,2	0,06	0,93

Fuente. Autor,2023

Apéndice C

Plantas de Cannabis sativa sembradas en sustrato



Fuente. Autor, 2023

Apéndice D.

Plantas de Cannabis sativa sembradas en suelo



Fuente. Autor, 2023

Apéndice E

Sistema de riego por goteo en suelo



Fuente. Autor, 2023

Apéndice F

Medición de la conductividad eléctrica del suelo



Fuente. Autor, 2023

Apéndice G.

Medición de pH del suelo



Fuente. Autor, 2023

Apéndice H

Toma de aforo del sustrato



Fuente. Autor, 2023