



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA
Y VETERINARIA



CARRERA DE AGRONOMÍA

TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“Importancia de la humedad del suelo en el cultivo de soya (*Glycine
max. L*) en el Ecuador”.

AUTOR:

José Fernando Murillo Ripalda

TUTOR:

Ing. Agr. Orlando Segundo Diaz Romero. M.Sc.

Babahoyo - Los Ríos – Ecuador

2023

RESUMEN

“Importancia de la humedad del suelo en el cultivo de soya (*Glycine max.* L) en el Ecuador”.

Autor

José Fernando Murillo Ripalda

Tutor

Ing. Agr. Orlando Segundo Diaz Romero. M.Sc

A pesar de la limitada superficie de cultivo de soya en Ecuador, esta tiene un alto potencial para mejorar la economía y la seguridad alimentaria del país, pero la falta de comprensión sobre la importancia de la humedad del suelo ha resultado en pérdidas significativas en la producción. El propósito de esta investigación es destacar la importancia crítica de medir y gestionar adecuadamente la humedad del suelo en el cultivo de soya en Ecuador, con objetivos específicos centrados en describir sus efectos en las diferentes etapas de desarrollo de la soya e identificar métodos efectivos de medición, utilizando una metodología exploratoria que involucra la recopilación y el análisis de datos de diversas fuentes. El marco conceptual proporciona información esencial sobre la soya, abordando su origen, clasificación taxonómica, descripción botánica y aspectos relacionados con su fisiología, manejo agronómico y condiciones edafoclimáticas. Se destaca la importancia crítica del riego adecuado en el cultivo de la soya para promover un óptimo crecimiento de las plantas y aumentar el rendimiento. La gestión precisa de la humedad del suelo es fundamental para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de la industria de la soya en Ecuador, requiriendo colaboración con agricultores locales y pruebas controladas para optimizar su cultivo y contribuir al desarrollo económico del país.

Palabras claves: Soya, Cultivo, Humedad del suelo, Riego, Producción.

SUMMARY

“Importance of soil moisture in soybean cultivation (*Glycine max. L*) in Ecuador.”

Author

José Fernando Murillo Ripalda

Tutor

Ing. Agr. Orlando Segundo Diaz Romero. M.Sc

Despite the limited soybean cultivation area in Ecuador, it has high potential to improve the country's economy and food security, but the lack of understanding about the importance of soil moisture has resulted in significant losses in production. . The purpose of this research is to highlight the critical importance of properly measuring and managing soil moisture in soybean cultivation in Ecuador, with specific objectives focused on describing its effects on the different stages of soybean development and identifying effective measurement methods. , using an exploratory methodology that involves the collection and analysis of data from various sources. The conceptual framework provides essential information about soybeans, addressing its origin, taxonomic classification, botanical description and aspects related to its physiology, agronomic management and edaphoclimatic conditions. The critical importance of adequate irrigation in soybean cultivation is highlighted to promote optimal plant growth and increase yield. Precise soil moisture management is critical to food security and the sustainability of Ecuador's soybean industry, requiring collaboration with local farmers and controlled testing to optimize its cultivation and contribute to the country's economic development.

Keywords: Soybean, Crop, Humidity of soil, Irrigation, Production.

INDICE

RESUMEN.....	II
SUMMARY	III
1.1. INTRODUCCIÓN	- 1 -
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	- 2 -
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	- 3 -
1.4. OBJETIVOS.....	- 4 -
1.4.1. Objetivo General.....	- 4 -
1.4.2. Objetivo Específicos.	- 4 -
1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	- 4 -
2. DESARROLLO.....	- 5 -
2.1.1. Fundamentación teórica.....	- 5 -
2.1.2. Origen y Distribución.....	- 6 -
2.1.3. Clasificación taxonómica.....	- 6 -
2.1.4. Descripción botánica.....	- 7 -
2.1.5. Fisiología.....	- 7 -
2.1.6. Etapas fenológicas de la soya.	- 8 -
2.1.7. Manejo agronómico.....	- 10 -
2.1.8. Plagas y enfermedades.	- 13 -
2.1.9. Condiciones edafoclimáticas.....	- 13 -
2.1.10. Riego.....	- 14 -
2.1.11. Suelo.....	- 14 -
2.1.12. Humedad del suelo.....	- 15 -
2.1.14. Humedad del suelo en la soya.	- 15 -
2.1.15. Etapas para medir la humedad del suelo en el cultivo de soya. ...	- 16 -
2.1.16. Manejo de humedad en suelos para el cultivo de soya.	- 17 -
2.1.17. Estrategias para sembrar soya en lotes con baja humedad. .-	- 18 -

2.1.18.	Importancia de la humedad del suelo para el cultivo de soya.-	18
-		
2.1.19.	Efectos de la humedad del suelo en el cultivo de soya (<i>Glycine max. L</i>). -	18
2.1.20.	Métodos de medición de humedad del suelo del cultivo de soya (<i>Glycine max. L</i>).....	19
2.2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.	22
2.3.	RESULTADOS.....	23
2.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.	24
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	25
3.1.	CONCLUSIONES.	25
3.2.	RECOMENDACIONES.....	25
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS	27
4.1.	BIBLIOGRAFÍA	27
4.2.	ANEXO.....	30

1. CONTEXTUALIZACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Según el Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (2016), la producción mundial de soya se ha incrementado significativamente debido a la demanda de la industria alimentaria. En el ciclo de producción 2014-2015, Estados Unidos lideró el mundo con el 33 % de la producción, seguido por Brasil con el 30 % y Argentina con el 19 %, la producción mundial de soya en 2022-2023 se estima actualmente en 391,17 millones de toneladas, un aumento de unas 640.000 toneladas con respecto al pronóstico del mes pasado.

En la temporada de cultivo de 2021/2022 se registraron las cifras más elevadas en cuanto superficie de cultivo de soya a nivel global, con cerca de 131 millones de hectáreas. Ahora bien, las previsiones apuntan a que la superficie cultivada de soya aumente todavía más durante la campaña 2022/2023, situándose por encima de los 136 millones de hectáreas (Orús 2023).

En el año 2022 la superficie sembrada de soya en el Ecuador es de 27.960,01 hectáreas, lo que representa apenas el 5,7% de la superficie total que se requiere para cubrir la demanda nacional. Las provincias productoras de soya del país son Los Ríos, Guayas, Santa Elena, Bolívar, Loja y Santiago de Morona. De 2014 a 2019, el volumen promedio de ventas nacional fue de 34.000 toneladas, y la cosecha en el mismo período representó el 96,7% del área total de siembra (Sánchez et al. 2020).

El período crítico ocurre principalmente entre R4 y R6, especialmente en R5.0, cuando los granos comienzan a crecer dentro de las vainas. Si en ese momento del ciclo se produce estrés hídrico, “el rendimiento será sensiblemente menor”(Marín 2023).

Tanto la humedad insuficiente como la excesiva pueden perjudicar la uniformidad de la distribución y el número de plantas por unidad de superficie. Durante la floración, el exceso de agua es más restrictivo que el déficit de agua, por lo que es importante medir la humedad del suelo para que la soya obtenga una buena germinación.

La germinación es el proceso por el cual una semilla se convierte en una nueva planta. Implica la absorción de agua, la activación de procesos metabólicos y la aparición de la radícula, que finalmente crece en el sistema radicular. La importancia de medir la humedad en el suelo de los cultivos de soya nos ayudará a mantener el agua disponible que la planta requiere para ayudarla a sobrevivir a eventos de estrés, y de esta forma mantener saludable y con un buen desarrollo; una mejor producción.

La humedad del suelo ejerce un papel crucial en el desarrollo de la soya, siendo fundamental en la germinación y etapas posteriores. La carencia de humedad en las fases críticas provoca problemas como el amarilleo de plantas, la caída de flores y la disminución del llenado de vainas, lo que impacta negativamente en los rendimientos. Esta importancia resalta la necesidad de una gestión precisa de la humedad y riego adecuado en la agricultura de soya.

Este trabajo de titulación explorará la importancia de la medición de la humedad del suelo para la germinación de la soya, discutiendo la relación entre la humedad del suelo y la germinación, los métodos para medir la humedad del suelo y la importancia de la medición precisa de la humedad del suelo para la soya.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La soya (*Glycine max.* L) es un cultivo de gran importancia económica y alimentaria en el Ecuador, pero su rendimiento y calidad están fuertemente influenciados por la humedad del suelo. A pesar de su relevancia, la falta de estudios exhaustivos y herramientas de gestión de la humedad del suelo específicos para la soya en el contexto ecuatoriano plantea desafíos significativos. La falta de comprensión y control de los niveles de humedad óptimos y la ausencia de prácticas de riego adecuadas podrían estar limitando el potencial de este cultivo en el país.

La humedad del suelo es una pieza fundamental en el ciclo de la soya, desde su germinación hasta la producción de granos. Sin embargo, la dificultad para medir con precisión la humedad remanente después de un riego o lluvia representa un problema significativo. Esta carencia de herramientas efectivas

puede llevar a la mala gestión del riego, resultando en rendimientos inferiores y un uso ineficiente de los recursos hídricos.

La soya requiere una humedad adecuada a lo largo de su ciclo de crecimiento para garantizar un desarrollo y rendimiento óptimos; en caso de no cumplir con los parámetros requeridos en este cultivo puede provocar un crecimiento atrofiado de las plantas, una reducción de la formación de vainas, puede debilitar su resistencia a enfermedades y plagas, lo que podría requerir un aumento en el uso de pesticidas y fungicidas y, en última instancia, un menor rendimiento de los cultivos.

1.3. JUSTIFICACIÓN.

La soya (*Glycine max.* L) es una oleaginosa que tiene una gran demanda a nivel mundial, pero Ecuador no considera su potencial. Debido a la simbiosis de sus raíces con la bacteria *Rhizobium*, es una planta fijadora de nitrógeno y considerada un cultivo mejorador del suelo. Las prácticas agrícolas importantes traen muchos beneficios a los ecuatorianos, como la seguridad alimentaria, la agricultura vulnerable, la generación de empleo, el impulso de la producción y la economía nacional.

La humedad del suelo juega un papel crucial en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Se refiere a la cantidad de agua presente en el suelo, que es esencial para la absorción, utilización, una gestión eficaz de los cultivos y la optimización del rendimiento. Esta información es crucial para agricultores que se dedican a la producción de soya, ya que les ayuda a tomar decisiones informadas con respecto a las prácticas de riego, fertilización y manejo de cultivos.

Se utilizan varios métodos para medir la humedad del suelo, incluidos métodos gravimétricos, sensores de humedad del suelo y técnicas de detección remota. Los niveles adecuados de humedad del suelo son necesarios para la germinación de las semillas, el desarrollo de las raíces, la absorción de nutrientes y la fotosíntesis.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General.

Establecer la importancia de la humedad del suelo para el cultivo de soya (*Glycine max*) en el Ecuador.

1.4.2. Objetivo Específicos.

Describir los efectos de la humedad del suelo en el cultivo de soya (*Glycine max*).

Identificar los métodos de medición de humedad del suelo del cultivo de soya (*Glycine max*).

1.5. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.

En el tipo de investigación que se realizará se tomarán en consideración las siguientes líneas pertenecientes a la Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, teniendo en cuenta el tema del trabajo de componente práctico sobre la Importancia de la medición de humedad del suelo para la germinación de la soya (*Glycine max*) en el Ecuador.

Se utilizan recursos agropecuarios como dominio, sosteniendo a la línea basada en el Desarrollo Agropecuario, Agroindustrial Sostenible y Sustentable dado a que ayudamos a gestión de agua y conservación del suelo; con las Sublíneas de la Carrera de Agronomía se fundamentan en una “Agricultura sostenible y sustentable” y “Conservación de suelos y agua”.

2. DESARROLLO.

2.1. MARCO CONCEPTUAL.

2.1.1. Fundamentación teórica.

Por medio de algunas investigaciones realizadas se ha comprobado que en suelos arcillosos, el momento de regar en la primera etapa del desarrollo del cultivo que comprende desde la siembra hasta poco antes de iniciarse la floración, o sea unos 45 días después de la siembra, es cuando la humedad aprovechable en la capa formada por los primeros 30 cm del espesor del suelo, se ha reducido al 20 % de la humedad existente a capacidad de campo; en cambio en una segunda etapa, que se extiende desde la floración hasta la madurez, debe regarse cuando la humedad aprovechable es del 30 %. Aplicando los riegos en estos momentos, es cuando se obtienen los mejores resultados, a igualdad de otros factores (Almansa 2013).

La humedad del suelo es esencial para la germinación, con las semillas necesitando alrededor del 50% de su peso en humedad. Sin embargo, un exceso de humedad en el suelo puede ser perjudicial debido a la falta de oxígeno, promoviendo enfermedades en semillas y raíces, y afectando características como la altura de la planta, diámetro del tallo, número de flores, semillas y peso. La falta de humedad durante la germinación y formación de las semillas es la principal causa de disminución en el rendimiento (Campi 2019).

Según Cherlinka (2020) aborda los métodos de medición de la humedad del suelo, que se dividen en directos, indirectos y remotos. Los métodos directos implican la extracción de agua y cálculos basados en el peso extraído. Los métodos indirectos miden características del suelo en función del contenido de agua. Los métodos remotos utilizan datos satelitales basados en la radiación electromagnética reflejada por la superficie. La relación entre la humedad del suelo y sus propiedades físicas y químicas aún no se comprende completamente.

La falta de agua reduce la disponibilidad de nutrientes porque las raíces no pueden crecer ni absorber nutrientes en la capa superior seca del suelo. Las condiciones de estrés entre R5.5 y R6 resultan en pérdidas sustanciales de rendimiento debido a una reducción en el número de vainas por planta y semillas por vaina y, en menor medida, en el peso unitario de las semillas (Soto *et al.* 2006).

2.1.2. Origen y Distribución.

La soya cultivada (*Glycine max.* L) es originaria del norte y centro de China. Se tiene entendido que llegó a Cuba procedente de Estados Unidos en 1904 y fue plantado en la Estación Agronómica de Santiago de Las Vegas, en La Habana, hoy Instituto de Investigaciones Básicas de Agricultura Tropical (Mederos y Ortiz 2021).

Se introdujo por primera vez en Europa y América del Norte en el siglo XX como cultivo forrajero. Por su alto contenido en proteínas (40%) y grasas (18%), es una de las legumbres más utilizadas en la alimentación actual (Guzman 2018).

2.1.3. Clasificación taxonómica.

Según Guzman (2018) la clasificación taxonómica de la soya es:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Traqueofita
- **Clase:** Angiospermae
- **Subclase:** Dicotyledonea
- **Orden:** Fabales
- **Familia:** Fabaceae (Leguminosae)
- **Subfamilia:** Papilionoideae
- **Tribu:** Phaseoleae.
- **Subtribu:** Glycininae
- **Género:** *Glycyne*
- **Especie:** *max*
- **Nombre científico:** *Glycine max* (L)

2.1.4. Descripción botánica.

Cortez (2020) expresa que la altura, según variedades y condiciones de cultivo, está comprendida entre los 0.40 y 1.50 m. las hojas son compuestas excepto las primeras, que son simples y tienen un color verde característico. Las flores mariposadas, se encuentran formando racimos en las axilas de las hojas y su colores normalmente blanco o púrpura. El fruto es una legumbre o vaina que contiene de una a cuatro semillas, es generalmente esférica. La fecundación es autógena. Las hojas, tallos y las vainas son pubescentes, siendo el color de los pelos rubios o pardo más o menos agrisado. El aparato radical es extenso y rico en nódulos.

2.1.5. Fisiología.

La composición fisiológica de la soya (*Glycine max.* L) tiene una amplia variabilidad genética y puede utilizarse para el mejoramiento genético para obtener genotipos más efectivos. Además, la soya se puede hibridar con otras especies de la misma familia, ampliando aún más su potencial (Agudelo y Riveros 2019).

La sensibilidad de la soya al fotoperiodo es crucial para su adaptación y maduración en diferentes regiones. Esta planta es catalogada como de días cortos, ya que la mayoría de sus variedades florecen cuando el día dura menos de 16 horas. En el trópico, donde el fotoperiodo es constante alrededor de 12 horas durante todo el año, todas las variedades de soya tienden a florecer a una edad temprana debido a estas condiciones lumínicas consistentes (Barces 2011).

La soya se asocia con la bacteria *Rhizobium japonicum*, formando nódulos en las raíces donde la bacteria convierte nitrógeno atmosférico en un depósito que la planta utiliza para su crecimiento. Para este proceso, la planta suministra energía a la bacteria en forma de carbohidratos, lo que requiere abundante luz solar debido a la fotosíntesis (Campi 2019).

2.1.6. Etapas fenológicas de la soya.

Según Toledo (2011). En condiciones ambientales adecuadas, la germinación comienza cuando la semilla absorbe, aproximadamente, el 50% de su peso en agua. Los 2 primeros estados vegetativos se los identifican con letras:

VE - Emergencia - Se observa el hipocótilo en forma de arco, empujando al epicótilo y a los cotiledones, haciéndolos emerger sobre la superficie del suelo

VC - Etapa cotiledonar - El hipocótilo se endereza, los cotiledones se despliegan totalmente y en el nudo inmediato superior los bordes de las hojas unifoliadas no se tocan. A partir de aquí el resto de los estados vegetativos se los identifican con el número de nudos.

V1 - (1er nudo) - El par de hojas opuestas unifoliadas están expandidas totalmente, y en el nudo inmediato superior se observa que los bordes de cada uno de los folíolos de la 1er hoja trifoliada no se tocan

V2 - (2do nudo) - La 1er hoja trifoliada está totalmente desplegada, y en el nudo inmediato superior los bordes de cada uno de los folíolos de la 2da hoja trifoliada no se están tocando.

V3 - (3er nudo) - La 2da hoja trifoliada está completamente desarrollada, y en la 3er hoja trifoliada los bordes de cada uno de sus folíolos no se tocan.

R1 - Inicio de Floración - Se observa una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal. La floración comienza en la parte media de la planta progresando hacia la parte superior e inferior. La aparición de nuevas flores alcanza su máximo entre R2,5-R3 y culmina en R5. hasta 50% de las plantas con flor

R2 - Floración completa - La floración en la soya señala el inicio de la acumulación continua de materia seca y nutrientes, fundamental para la formación de granos, y coincide con un rápido aumento en la fijación de nitrógeno por los nódulos radiculares.

R3 - Inicio de formación de vainas - Una vaina de 5 milímetros de largo en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal, y con hojas totalmente

desplegadas. La formación de vainas se inicia en los nudos inferiores, en este momento en la misma planta se encuentran vainas formándose, flores marchitas flores abiertas y pimpollos.

R4 - Vainas completamente desarrolladas - Una vaina de 2 cm en uno de los 4 nudos superiores del tallo principal con hojas totalmente desplegadas. Alguna de las vainas de los nudos inferiores del tallo principal ha alcanzado su máximo tamaño, pero en general la mayoría lo logra en R5.

R5 - Inicio de formación de semillas - La etapa R5 en la fenología de la soya representa el inicio del llenado de granos, con varios subestadios que van desde el 10% de llenado (R5.1) hasta la etapa final en la que la mayoría de las vainas alcanzan un llenado de granos del 76% al 100% (R5.5). Estos subestadios son cruciales para evaluar el desarrollo de las semillas y la calidad del cultivo, permitiendo a los agricultores tomar decisiones precisas para la cosecha y la gestión de la soya.

R6 - Semilla completamente desarrollada - En la etapa R6 de la soya, una vaina en los nodos superiores contiene una semilla verde que llena completamente la cavidad. Sin embargo, poco después de R6.5, la acumulación de peso seco y nutrientes disminuye, las hojas amarillean y comienza su caída, primero en los nodos inferiores y luego en los superiores.

R7 - Inicio de maduración - Una vaina normal en cualquier nudo del tallo principal ha alcanzado su color de madurez. La semilla alcanza la madurez fisiológica cuando ésta finaliza la acumulación de peso seco, y generalmente, junto con la vaina, van perdiendo su coloración verde. La semilla en este momento contiene el 60 % de humedad.

R8 - Maduración completa - El 95 % de las vainas de la planta han alcanzado el color de madurez. Luego de R8, se necesitan cinco a diez días de tiempo seco (baja humedad relativa ambiente), para que las semillas reduzcan su humedad por debajo del 15 %.

2.1.7. Manejo agronómico.

Selección de terreno.

Según Proain Tecnología Agrícola (2020), la soya es versátil en términos de tipos de suelo, pero su mejor rendimiento y menor incidencia de problemas se observa en suelos de textura franca. Es importante evitar suelos con altos niveles de salinidad (más de 2 dScm⁻¹) y pH alcalinos (superior a 8.0) para un cultivo exitoso de soya. Estos factores pueden afectar negativamente su crecimiento y producción.

Preparación del terreno.

El éxito de la producción de soya depende en gran medida de la preparación del terreno para la siembra; esto debe ocurrir inmediatamente después de la cosecha de la cosecha anterior. La profundidad del barbecho es de 25 a 30 centímetros y luego se realiza una rastrillada en dos pasos para eliminar grandes terrones de tierra y malezas y evitar efectos adversos en el crecimiento inicial de las plantas de soya (Barces 2011).

Según Instituto para la Innovación Tecnológica en la Agricultura (2016), Para preparar el suelo de manera óptima para el cultivo de soya, se pueden seguir dos sistemas: labranza convencional y labranza de conservación. La labranza convencional implica arar el terreno a una profundidad de 20-30 cm para mejorar la aireación y la retención de humedad. En cambio, la labranza de conservación se realiza sobre la superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, conservando la humedad, reduciendo la erosión y aumentando la materia orgánica, con la condición de que al menos el 30% del suelo esté cubierto con rastrojos después de la siembra.

Inoculación de semilla.

Los inoculantes son productos que contienen bacterias vivas y, por lo tanto, requieren condiciones específicas de almacenamiento y manipulación que deben cumplirse para obtener el máximo beneficio de ellos. Las técnicas de inoculación implementadas correctamente garantizan una transferencia

adecuada de rizobios del inoculante a la semilla y promueven su supervivencia en la semilla (Campi 2019).

Es importante proteger la semilla de soya seleccionada para la siembra utilizando fungicidas e insecticidas adecuados, como carboxina+tiram para controlar patógenos y productos a base de imidacloprid o cipermetrina para controlar insectos, siguiendo las recomendaciones de la etiqueta y el registro del ICA. Además, se aconseja tratar la semilla con micronutrientes como cobalto (1-5 g/ha) y molibdeno (12-25 g/ha) para facilitar la fijación del nitrógeno atmosférico durante el proceso de crecimiento de la planta (Flórez *et al.* 2021).

Siembra.

Para un cultivo exitoso de soya, es clave programar la siembra durante los períodos de lluvia para evitar el estrés hídrico, considerando la información climática local. La siembra, ya sea manual o con máquinas, requiere una calibración precisa de los equipos y el uso de semillas uniformes, con una cantidad recomendada de 50 a 85 kg por hectárea y una germinación superior al 80%. La densidad de plantas por hectárea varía según las características de las semillas y el tipo de crecimiento de la planta, generalmente entre 240,000 y 360,000 plantas/ha para la producción de grano, pero menor para la producción de semilla, adaptándose a factores como la variedad y el sistema de riego (Flórez *et al.* 2021).

Este cultivo requiere un arado profundo y dos pasadas de rastra para aflojar completamente el suelo. La profundidad óptima de plantación es de 2 a 4 cm. Se recomienda no exceder los 5 cm. Una condición importante es que el terreno esté correctamente nivelado. Esto afecta el tiempo que tarda la máquina en cosechar (Campi 2019)

Según Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) (2014). En el método de siembra en surco con distancias de 15 a 20 cm entre planta y 50 a 60 cm entre surcos, se pueden utilizar las siguientes cantidades:

Siembra directa:

Se siembran de 3 a 4 semillas en cada planta.

Se cubren con una capa de tierra de 2 a 3 cm de espesor.

Después de 15 a 20 días de siembra, se realiza un aclareo, dejando 1 a 2 plantas por planta.

Siembra en el semillero:

Cuando las plantas en el semillero tienen 2 a 3 hojas (generalmente después de 15 a 20 días de la siembra), se procede al trasplante a la parcela de acuerdo con las distancias especificadas.

El uso de la siembra directa o labranza cero implica la deposición de semillas en suelos no labrados, conservando los residuos del cultivo anterior en la superficie. Este enfoque minimiza la preparación mecánica del suelo, y la profundidad y el ancho del surco son controlados por las cuchillas de la sembradora. La siembra directa ha experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial, con grandes extensiones de cultivo en países como EE. UU., Brasil, Argentina y otros. Se está volviendo cada vez más atractiva incluso para pequeños agricultores. En el caso de la soya, la siembra en hilera es una práctica común, y la distancia entre surcos es fundamental para un óptimo desarrollo del cultivo, con opciones de siembra mecanizada, manual en hilera y al voleo, cada una con sus ventajas y desafíos (Cortez 2020).

Fertilización.

Según Proain Tecnología Agrícola (2020) Se recomienda aplicar 100 kg/ha de la fórmula 18-46-00 antes de la siembra para satisfacer las necesidades iniciales de N y P en la soya. Además, se aconseja aplicar 20-30 kg/ha de nitrógeno después de 2 semanas de crecimiento para establecer la simbiosis con los nódulos, evitando aplicaciones excesivas que puedan reducir su eficacia, y la mitad del potasio puede ser añadida junto con el fósforo en cualquier método de pre-emergencia, especialmente importante durante el llenado temprano de las vainas.

Para obtener un rendimiento de 4,600 kg/ha de granos de soya, es esencial acumular un máximo de 330 kg/ha de nitrógeno y 31 kg/ha de fósforo en la madurez fisiológica. Esta acumulación anticipada destaca la necesidad de

un suministro constante de estos nutrientes desde el inicio del ciclo para una nutrición óptima, y se observa una fuerte relación entre la acumulación de nutrientes primarios (N, P, K) y el rendimiento, indicando una significativa exportación de estos nutrientes en los granos maduros (Campi 2019).

2.1.8. Plagas y enfermedades.

Plagas.

Según Goyena (2019) El cultivo de soya enfrenta plagas a lo largo de su ciclo vegetativo, causando daños que pueden reducir el rendimiento hasta un 40%. Entre las plagas identificadas se encuentran el gusano cortador, que daña el tallo; el falso medidor, que come partes de las hojas; chinches, que succionan la savia y causan caída de vainas y pudrición; gusano de la soya, que raspa y come hojas y vainas; mosca blanca, que succiona savia y causa hongos; trips, que raspan hojas y transmiten virus; y caracoles y babosas, que raspan hojas y pueden transmitir enfermedades, siendo 10 caracoles por metro cuadrado una señal de daño severo que requiere una nueva siembra.

Enfermedades.

El mismo autor deduce que las enfermedades que afectan al cultivo de soya, incluyen la antracnosis, que provoca lesiones en tallos y vainas; el tizón de vainas y tallos, con síntomas en varias partes de la planta; la pudrición por fusarium, que causa marchitez y decoloración del sistema vascular; la roya, con manchas en las hojas; y el Virus del Mosaico de la Soya (V.M.S), una enfermedad viral que puede reducir el rendimiento en más de un 50%.

2.1.9. Condiciones edafoclimáticas.

El clima de la zona es tropical húmedo, temperatura media anual de 24.8° C, precipitación promedio anual de 2252.2 mm, con humedad relativa media de 84% y Heliofanía de 894 horas luz año. Presenta una topografía de relieve irregular, suelo de textura franco –limoso, profundidad de 0,6 m a 1 m en terrenos planos, el análisis de suelo en el sitio experimental muestra los siguientes resultados: M.O = 4%, P = ppm, K = 0,57 mg/100cc, pH de 5,8 (Campi 2019)

2.1.10. Riego.

Según Proain Tecnología Agrícola (2020), el consumo de agua en el cultivo de soya se relaciona con el área foliar, su estructura, la disponibilidad de agua en las raíces y la demanda evaporativa. Las necesidades hídricas varían de 400 a 700 mm (4000-7000 m³/ha) y se producen de tres a nueve kilogramos de grano por milímetro de agua evapotranspirada. Durante el período desde la emergencia hasta la floración, las deficiencias hídricas de mediana intensidad (40-50% del agua disponible en el suelo) no afectan el rendimiento, pero intensidades mayores (20-40% de agua disponible) pueden reducirlo en aproximadamente un 10%.

Mientras que Barces (2011) menciona que mientras que el cultivo de soya requiere una lluvia uniformemente distribuida de al menos 300 mm durante el ciclo vegetativo, en zonas con mayores rendimientos de esta leguminosa se registran hasta 600 mm de lluvia durante el ciclo vegetativo de la planta.

Giménez (2014) citado por Flórez *et al.* (2021), el impacto de la escasez de agua señala que el período de mayor demanda hídrica para los cultivos es entre la etapa de floración y la etapa de llenado de grano (R4 y R6), por lo que la escasez de agua en este momento reducirá el rendimiento final del cultivo hasta 50%.

Los estudios realizados para obtener altos rendimientos de los cultivos indican que se requieren 600 mm por ciclo. Para suelos de textura fina, el requerimiento de agua es de aproximadamente 250 mm durante la etapa de floración, mientras que los suelos de textura media requieren de 25 a 50 mm de agua cada 3 a 7 días durante la etapa crítica (Flórez *et al.* 2021).

2.1.11. Suelo.

Según el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (2015), el suelo, la capa superficial de la tierra, es esencial para el crecimiento de las plantas al proporcionar nutrientes, almacenar agua y permitir el acceso al aire necesario para las raíces. Está compuesto por varias capas horizontales llamadas horizontes, cada una con diferentes propiedades físicas y químicas. El horizonte A es la capa superior, fértil y rica en raíces,

mientras que el horizonte B es más arcilloso y menos fértil, y el horizonte C, más profundo, tiene escasas raíces. El conjunto de estos horizontes forma el perfil del suelo, observable en cortes de caminos o barrancas.

2.1.12. Humedad del suelo.

Según Cherlinka (2020), el agua es esencial para todos los procesos físicos en la atmósfera y el medio ambiente en la Tierra. La humedad del suelo depende de factores como la precipitación, el consumo de agua por las plantas y la temperatura. Los niveles adecuados de humedad del suelo son críticos para el rendimiento de las plantas, ya que afectan la estructura del suelo, la salinidad, la temperatura y evitan la erosión, además de determinar la disponibilidad para la agricultura.

2.1.13. Importancia de la humedad del suelo.

La determinación de la curva de humedecimiento superficial del suelo es esencial para abordar problemas relacionados con el riego, aspectos ambientales y excesos de agua. En particular, al calcular el escurrimiento en eventos de lluvia, se pueden utilizar modelos simplificados o modelos de cálculo de infiltración, que ofrecen información más precisa sobre las condiciones de humedad del suelo y la interacción entre la infiltración y la escorrentía (Reyna et al. 2011).

El manejo del agua de riego basado en la tensión de humedad del suelo permite determinar el momento y la profundidad óptimos para el riego, lo que lleva a un uso más eficiente de recursos como agua y fertilizantes. Este enfoque no solo mejora el crecimiento y el rendimiento de los cultivos, sino que también aumenta la calidad de las cosechas. No obstante, es esencial considerar el entorno agroclimático local para obtener resultados precisos y maximizar la eficiencia en el uso de los recursos aplicados (Núñez et al. 2020).

2.1.14. Humedad del suelo en la soya.

La soya es una planta sensible a la duración del día y es una planta de días cortos. Es decir, es necesaria una determinada cantidad de luz para que florezca una determinada variedad, pero no para que otra variedad. En cuanto a la humedad, la soya requiere al menos 300 mm de agua durante su cultivo, ya

sea en forma de riego o en forma de lluvia en zonas templadas húmedas con precipitaciones suficientes (InfoAgro 2023).

Según Goyena (2019), el número de riegos varía con las condiciones de clima y suelo. Donde la insolación sea mayor y la evaporación más rápida, se precisará más agua. Las necesidades máximas tienen lugar durante las siguientes etapas del cultivo:

Etapas de Germinación (V1-V2): Durante esta fase, la soya necesita humedad constante para permitir la germinación de las semillas. La humedad del suelo debe mantenerse alta y uniforme, generalmente alrededor del 70-80% de la capacidad de campo.

Etapas de Desarrollo Vegetativo (V3-V6): En esta etapa, la soya todavía necesita humedad constante, pero se vuelve un poco más tolerante a condiciones ligeramente más secas. La humedad del suelo puede mantenerse alrededor del 60-70% de la capacidad de campo.

Etapas de Floración y Fructificación (R1-R6): Esta es la etapa crítica para el llenado de los granos. La soya requiere un suministro constante de agua y es más sensible al estrés hídrico en esta fase. La humedad del suelo debe mantenerse en el rango de 70-80% de la capacidad de campo para maximizar el rendimiento.

Etapas de Madurez (R7-R8): A medida que la soya se acerca a la madurez, se vuelve menos sensible a la humedad del suelo. En esta etapa, se puede permitir que el suelo se seque gradualmente, aunque es importante asegurarse de que haya suficiente humedad para completar la madurez y la cosecha.

Para la obtención de producciones máximas, la necesidad de agua en el cultivo durante todo su ciclo varía entre 450 y 800 mm, dependiendo de las condiciones climáticas, del manejo del cultivo y de la duración del ciclo. Normalmente se dan de cinco a diez riegos durante el ciclo vegetativo de la planta.

2.1.15. Etapas para medir la humedad del suelo en el cultivo de soya.

Según Flores et al. (2021). La humedad del suelo se mide en diversas etapas a lo largo del ciclo de cultivo de la soya, y estas mediciones ayudan a

tomar decisiones informadas sobre cuándo y cuánto regar. Es por ello que se debe medir la humedad en las siguientes etapas:

1. Antes de sembrar la soya, es importante medir la humedad del suelo para determinar si se encuentra en las condiciones ideales para la siembra.
2. Durante la siembra, se puede medir la humedad del suelo para asegurarse de que las condiciones sean óptimas para la germinación.
3. A medida que las plántulas de soya comienzan a crecer, se pueden realizar mediciones periódicas de la humedad del suelo para evaluar si es necesario irrigar.
4. Durante estas etapas críticas del ciclo de la soya, la medición de la humedad del suelo es esencial para garantizar que las plantas tengan suficiente agua para el desarrollo de las vainas y la producción de granos.
5. En la etapa final del ciclo de la soya, se puede medir la humedad del suelo para evaluar si es necesario regar antes de la cosecha. También es importante conocer la humedad del suelo al momento de la cosecha, ya que un suelo muy húmedo puede dificultar la recolección de la soya.

2.1.16. Manejo de humedad en suelos para el cultivo de soya.

Los suelos de textura pesada (arena fina, franco-arenoso): Tienen una limitada capacidad de retención de agua. Para su manejo, se aconsejan riegos frecuentes y ligeros (20-50 mm) con un control estricto para no permitir que la humedad disponible baje del 50% en los primeros 60 cm durante la floración y 90 cm después. Además, se puede optar por un programa de riego fijo con ajustes en caso de lluvias inesperadas. En contraste, suelos francos o limosos deben mantenerse al 70-80% de capacidad de campo durante el crecimiento, disminuyendo gradualmente al 50% en la etapa de madurez y cosecha. Para suelos arenosos, se requiere un monitoreo constante y riego frecuente para evitar la sequía (Rosas y Young 1991).

Suelos profundos de textura media y liviana: generalmente ofrecen una capacidad de agua disponible que supera los 35 mm por cada 30 cm de profundidad, y a 90 cm de profundidad, la capacidad de campo varía entre 100-150 mm. Para suelos arcillosos, se recomienda mantener alrededor del 70-80%

de la capacidad de campo durante el crecimiento y desarrollo, evitando el exceso de humedad para prevenir problemas de encharcamiento. En suelos bien drenados, el control del agua es esencial para evitar daños a las raíces de la soya, y durante la etapa de madurez y cosecha, es común reducir gradualmente la humedad del suelo al 50% de la capacidad de campo (Rosas y Young 1991).

2.1.17. Estrategias para sembrar soya en lotes con baja humedad.

Según AgroSpray (2022), para sembrar soya en lotes con baja humedad, se pueden aplicar diversas estrategias. Estas incluyen retrasar la fecha de siembra según las condiciones del lote y pronósticos climáticos, diversificar las fechas de siembra para aprovechar lluvias eventuales o fuentes de agua cercanas, aumentar la profundidad de siembra en suelos con humedad a mayor profundidad y reducir la densidad de siembra a través de una distancia de 35 cm entre hileras, manteniendo una adecuada disponibilidad de humedad. Estas medidas buscan optimizar el cultivo en condiciones de baja humedad.

2.1.18. Importancia de la humedad del suelo para el cultivo de soya.

La humedad adecuada del suelo es una condición importante para el crecimiento normal de las plantas y un alto rendimiento de los cultivos. Para las plantas, el agua no sólo actúa como restaurador de la humedad sino también como regulador de la temperatura. Durante la termorregulación, las plantas evaporan hasta el 99% de su agua, utilizando sólo del 0,2 al 0,5% para formar cuerpos vegetativos. Por tanto, es fácil entender que las plantas tienen diferentes necesidades de humedad según las condiciones climáticas y la etapa de crecimiento (Cherlinka 2020).

2.1.19. Efectos de la humedad del suelo en el cultivo de soya (*Glycine max.* L).

Las condiciones del suelo (principalmente la humedad existente) fueron suficientes para una buena germinación de las semillas y, por tanto, para la emergencia de las plántulas, con una alta tasa de emergencia del 95,6% en promedio. Tuvo un efecto significativo en el llenado de vainas, observándose un aumento en el número de 4 vainas por 3,0 vainas en comparación con sin riego, lo que también se reflejó en mayores rendimientos de 355,6 kg/ha después de la

aplicación de riego de cultivos (Freire 2018).

Si no hay suficiente agua dentro de los primeros 15 días de desarrollo, la planta se volverá amarilla y los cotiledones se caerán; posteriormente la deficiencia de agua se detectará por la caída de las hojas y las flores (Almansa 2013).

Varios estudios realizados indican un claro beneficio del riego en el rendimiento de la soya, con un aumento significativo en la producción, alcanzando 5510.1 Kg/ha en platabanda y 7681.1 Kg/ha en manto, en contraste con los 5350.3 Kg/ha del testigo sin riego. Además, el riego también contribuyó a un mayor crecimiento en la altura de las plantas, destacando su influencia positiva en el cultivo, con plantas más altas de 61.5 cm en platabanda y 61.0 cm en manto, en comparación con las plantas de 58.0 cm del testigo. Estos resultados respaldan la importancia del riego para mejorar el rendimiento y el desarrollo de las plantas de soya.

En el cultivo de soya, la etapa más sensible al estrés hídrico es de la fructificación avanzada al llenado de granos (R4 a R6), pero un estudio hasta el estado V5 y R2 no mostró diferencias significativas en las propiedades químicas del cultivo debido a que no llegó al período crítico de estrés hídrico (Trujillo et al. 2016).

2.1.20. Métodos de medición de humedad del suelo del cultivo de soya (*Glycine max.* L).

Los métodos directos más utilizados para medir la humedad del suelo son el gravimétrico y el volumétrico. El método gravimétrico se basa en la diferencia de masa entre la tierra húmeda y la tierra secada al horno para calcular el porcentaje de humedad en el suelo. El método volumétrico, por otro lado, mide el volumen de agua en el suelo y calcula el porcentaje de humedad en función de ese volumen. Ambos métodos son importantes para evaluar las condiciones del suelo en la agricultura y la investigación ambiental.

Otros métodos para medir la humedad del suelo en el campo. Estos incluyen métodos radiactivos que utilizan sustancias radiactivas en el suelo,

métodos eléctricos que miden la resistencia, conductividad, inductancia y capacidad del suelo, métodos tensométricos que se basan en diferencias de voltaje en el agua en diferentes fases, métodos ópticos que evalúan la reflectividad de los flujos de luz y métodos exprés, que son principalmente organolépticos y de respuesta rápida. Estas diferentes técnicas ofrecen diversas formas de medir la humedad del suelo según las necesidades y recursos disponibles.

Según Desale *et al* (2012) citado por Alonso *et al.* (2023) el subsoleo se ha demostrado como una herramienta eficaz en el manejo del suelo para el cultivo de soya en condiciones de temporal. Este método mejora la estructura del suelo al romper la capa de arado, disminuye la densidad aparente, estimula el crecimiento de raíces en el subsuelo y beneficia la rizósfera, la biodiversidad microbiana y la retención de agua. También contribuye al aumento del rendimiento de grano y la densidad de población de las plantas, retrasando la senescencia.

Una forma común de determinar cuándo regar es controlar la pérdida de agua del suelo. A medida que las plantas crecen, consumen humedad del suelo circundante. Cuando la humedad del suelo alcanza niveles críticos, se necesita riego para evitar que las plantas sufran estrés hídrico. Si no se riega a tiempo, la planta consumirá toda la humedad disponible en el suelo y morirá por falta de agua. Este enfoque es fundamental para mantener un suministro de agua adecuado para los cultivos (Martin y Muñoz 2017).

El mismo autor menciona que los métodos que se usan para medir la humedad de suelo agrícola son:

El Método del Tacto.

Puede obtener una estimación bastante aproximada de la humedad del suelo apretando la tierra entre el pulgar y el índice o apretando la tierra en la palma de la mano. Se necesita un poco de tiempo y algo de experiencia para lograrlo, pero es un enfoque probado.

Método gravimétrico.

El método gravimétrico es el único método directo para medir la humedad del suelo. El método consiste en recoger muestras de suelo, pesarlas antes y después del secado y calcular su contenido de humedad. Una muestra de suelo se considera seca cuando su peso permanece constante a una temperatura de 105°C.

La Sonda De Neutrones.

La sonda de neutrones es una herramienta valiosa para medir la humedad del suelo, especialmente en investigaciones agrícolas y ambientales. Funciona emitiendo neutrones rápidos desde una fuente radioactiva que interactúan con el agua presente en el suelo. La detección de los neutrones reflejados permite estimar el contenido de humedad, ya que el hidrógeno en el agua tiene un impacto significativo en la dispersión de los neutrones. Este método proporciona mediciones precisas de la humedad en profundidades variables del suelo y es útil para monitorear condiciones de sequía y gestionar el riego de cultivos.

Método de resistencia eléctrica.

La humedad del suelo se puede medir mediante la resistencia eléctrica de un bloque poroso en equilibrio con el suelo, con electrodos fijados. Cuando cambia el contenido de humedad del suelo, la resistencia eléctrica del bloque varía y se registra en un instrumento de medida, permitiendo el monitoreo de la humedad en tiempo real.

Atenuación de rayos gamma.

Cuando los rayos gamma atraviesan una sección transversal del suelo, su intensidad disminuye exponencialmente, lo que depende principalmente de la densidad aparente del suelo, la humedad contenida en el suelo y los coeficientes de atenuación del suelo y del agua, que son todos constantes. El método implica atenuar una fuente de rayos gamma (generalmente cesio-137) y un detector de rayos gamma (fotomultiplicador/centelleador) montado en un par de tubos de acceso paralelos al nivel del suelo.

Métodos dieléctricos

La constante dieléctrica aparente del suelo varía con la cantidad de humedad presente en el suelo debido a su composición compleja. Las partículas del suelo tienen diferentes constantes dieléctricas que oscilan entre dos y siete, mientras que las del aire y el agua son constantes (uno y 80, respectivamente). Esta variación permite convertir las mediciones de la constante dieléctrica aparente en estimaciones del contenido volumétrico de humedad del suelo, lo que es esencial para el monitoreo y manejo del riego en la agricultura.

La Tensión del Suelo.

Los tensiómetros son instrumentos valiosos para medir la tensión o la fuerza con la que el suelo retiene el agua. Funcionan utilizando una punta de cerámica o porosa que interactúa con una columna de agua y mide la succión inducida por el suelo a medida que se seca. Esta información es útil para evaluar las condiciones de humedad del suelo y determinar cuándo es necesario aplicar riego o realizar prácticas de manejo adecuadas para los cultivos.

Teledetección

La teledetección es una tecnología avanzada que ofrece mediciones integrales de humedad del suelo y otras propiedades del suelo al observar la radiación electromagnética emitida o reflejada desde el terreno. Esto permite obtener información detallada sobre el contenido de agua en el suelo y su relación con otras características del suelo, como la constante dieléctrica. Esta metodología es valiosa para la monitorización y gestión de recursos hídricos y agricultura de precisión.

2.2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

En este trabajo de investigación, se siguió una metodología dependiendo la naturaleza del estudio y los objetivos planteados. Es un tipo de investigación exploratoria donde se recopiló información de textos actualizados de tesis, artículos, revistas de institutos agrícolas, contribuyendo con datos

reales elaborados por los mismos, que aportarán con el desarrollo del trabajo de componente práctico de titulación

La información obtenida será sintetizada, parafraseada con el fin de dar a conocer información relevante sobre la importancia de la medición de la humedad en el cultivo de soya y como se debe realizar el mismo.

2.3. RESULTADOS.

El riego desempeña un papel crucial en el desarrollo de la soya, influyendo en su altura, área foliar, sistema de raíces y, en última instancia, en su rendimiento. Un manejo adecuado del riego es esencial para optimizar el crecimiento y la producción del cultivo, destacando su importancia en la agricultura de soya.

Las deficiencias de agua tienen un impacto significativo en la producción de soya, ya que restringen su capacidad de crecimiento y desarrollo. Esto se traduce en una disminución de la expansión de las hojas, la transpiración y la fotosíntesis, lo que afecta negativamente la fijación de nitrógeno, un proceso clave para la salud de la planta.

El período vegetativo de la soya es crítico, ya que el equilibrio adecuado en el suministro de agua es fundamental. Aunque déficits leves no parecen perjudicar el rendimiento, deficiencias hídricas de intensidad media hasta la etapa R1 pueden afectar el desarrollo foliar y la altura de la planta sin reducir drásticamente el rendimiento. Sin embargo, déficits severos de agua, especialmente en el rango del 20-40% de disponibilidad, pueden resultar en una disminución sustancial del rendimiento, lo que subraya la importancia de un manejo preciso del agua para maximizar los resultados en el cultivo de soya.

Los agricultores emplean comúnmente métodos de programación de riego, como el calendario y la observación visual del cultivo, pero estos enfoques tienen limitaciones. La programación basada en el calendario puede pasar por alto condiciones climáticas extremas, lo que podría causar problemas en el riego. Por otro lado, la evaluación visual y táctil, aunque efectiva, es laboriosa y no

siempre permite estimar con precisión la profundidad de la zona de raíces en el suelo, lo que resalta la necesidad de enfoques más precisos y tecnológicos en la gestión del riego agrícola.

2.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

Según Campi (2019) menciona que la humedad del suelo es vital en la germinación de semillas, aunque un exceso puede perjudicar al limitar el oxígeno disponible. Esto repercute negativamente en características clave como la altura de la planta y la producción de semillas, mientras que Capurro (2016) resalta que el rendimiento de la soya aumenta con el riego hasta un punto máximo de agua efectiva, promediando un incremento de 8.5 kg por hectárea por milímetro de agua aplicada.

El estudio de Freire (2018) hace mención que la adición de riego al cultivo produjo un efecto significativo en el llenado de vainas, observándose un incremento de número de vainas con 4 granos con 3.0 granos más que cuando no se aplica riego, lo que además se vio reflejado en un mayor rendimiento con 355.6 Kg/ha al aplicarse riego al cultivo. Mientras que Trujillo *et al.* (2016) deduce que la deficiencia hídrica afecta negativamente la partición de fotoasimilados en la planta, disminuyendo el peso de la materia seca en diversas partes. Además, las diferencias en el crecimiento y la productividad entre cultivares se deben a la reducción del área foliar y la resistencia estomática causada por la falta de agua, lo que afecta la fotosíntesis.

Los métodos tradicionales de medición de humedad en el suelo, según Schmidt (2023) pueden presentar limitaciones al proporcionar una representación espacial insuficiente del perfil de suelo donde se encuentran las raíces, lo que resulta crucial dada la variabilidad de los suelos en agricultura y entornos naturales. En contraste, con Martín y Muñoz (2017) que enfatizan la importancia del monitoreo de la humedad del suelo en la agricultura para determinar cuándo aplicar riego. Este enfoque se basa en la absorción gradual de agua por parte de las plantas y es esencial para evitar el estrés hídrico y la pérdida de cosecha debido a la agotación de la humedad del suelo.

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3.1. CONCLUSIONES.

Considerando la vital importancia de medir la humedad del suelo del cultivo de soya para su óptimo desarrollo y maximización de los rendimientos, se concluye que:

El cultivo de soya se encuentra estrechamente vinculado a la disponibilidad de humedad en el suelo, con necesidades que oscilan entre 400 y 700 mm (4000-7000 m³/ha). La cantidad de grano producido por la soya guarda una relación directa con la cantidad de agua evaporada, con rendimientos que varían entre tres y nueve kilogramos de grano por cada milímetro de agua.

La disponibilidad adecuada de humedad en el cultivo de soya es esencial para lograr una óptima germinación, emergencia de plántulas y un incremento significativo en el número de vainas por planta, lo que se traduce en mayores rendimientos, como se evidenció con 355.6 kg/ha después del riego. La falta de agua en etapas críticas, particularmente en la fructificación avanzada al llenado de granos (R4 a R6), puede ocasionar reducciones sustanciales en el rendimiento y el número de vainas y semillas por planta.

Los diferentes métodos disponibles, tanto directos como indirectos, permiten evaluar con precisión el contenido de humedad en el suelo, lo que es crucial para garantizar un suministro de agua adecuado para los cultivos. Además, la aplicación de tecnologías avanzadas como la teledetección y los métodos dieléctricos brinda información integral sobre las condiciones del suelo. Esto es esencial para optimizar el crecimiento de los cultivos, mejorar los rendimientos y conservar los recursos hídricos de manera eficiente.

3.2. RECOMENDACIONES.

Realizar un monitoreo continuo de la humedad del suelo para adaptar el riego según las necesidades específicas de la soya.

Fomentar la investigación y adopción de prácticas de manejo sostenible que conserven la humedad del suelo.

Promover la adopción de prácticas de conservación del suelo, como la siembra directa o labranza cero, para mejorar la retención de humedad en el suelo.

Educar a los agricultores sobre la importancia de la conservación del agua y la gestión sostenible de los recursos hídricos en sus operaciones.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. BIBLIOGRAFÍA

Agencia De Cooperación Internacional Del Japón (JICA). 2014. Soya. 5:2.

Agrospray. 2022. Siembra De Soja : Expectativas Para 2023 Y Consejos Ante Un Año Niña El Efecto De La Niña Marca El Pulso Hacia La Siembra De Soja. :1-20.

Agudelo, O; Riveros, G. 2019. Fisiología De La Soya. Journal Of Chemical Information And Modeling 15(2):9-25.

Almansa, E. 2013. Manejo Del Agua En El Cultivo De Soya. CORPOICA - COAGRO :87-96.

Alonso, M; López, G; Grajales, M. 2023. Mejoramiento De Las Propiedades Hidráulicas Del Suelo En El Cultivo De Soya Mediante El Subsuelo. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas :78-89.

Barces, J. 2011. Manejo Agronómico Del Cultivo De Soya (Glycine Max (L) Merrill), En La Región San Martín. (L):80.

Campi, R. 2019. Efecto De Las Densidades Poblacionales, Tipos De Siembra Y Fertilización Edáfica En El Cultivo De Soya (Glycine Max, L.) Sembrado En La Época Seca, Zona De Quevedo. :89.

Cherlinka, V. 2020. El Control De La Humedad Del Suelo: Un Factor Clave. 9 De Septiembre :EARTH OBSERVING SYSTEM.

Cortez, L. 2020. Diagnóstico De Los Sistemas De Siembra De Soya (Glycine Max L.) En La Zona De Pueblo Nuevo.

Flores, J; Sánchez, H; López, J. 2021. ¿ Qué método aplicar para el control de humedad en fincas dedicadas a la agricultura en el oriente ecuatoriano? Dominio de las Ciencias 7(4):38

Flórez, D; Osorio, K; Medina, M; Jaramillo, S; Ortegón, L. 2021. Manual De Producción De Semilla De Calidad De Soya En Los Valles Interandinos De

Colombia. S.L., S.E. DOI: <https://doi.org/10.21930/Agrosavia.Manual.7404876>.

Freire, J. 2018. Determinación Del Efecto Del Riego Y La Fertilización En El Rendimiento Del Cultivo De Soya (Glycine Max) En La Zona De Mocache. .

Goyena, R. 2019. Cartilla Sobre El Cultivo De Soya. Journal Of Chemical Information And Modeling 15(2):9-25.

Guzman, E. 2018. Obtención De Una Bebida Proteica A Base De Soya Y Naranjilla. :95.

Infoagro. 2023. Compra Balanceados Online Agrizon. :1-6.

INIA. 2015. Semana De La Ciencia Y Tecnología Jornada De Puertas Abiertas: INIA Tacuarembó 20 De Mayo De 2015. El Instituto Nacional De Investigación Y Tecnología Agraria Y Alimentaria (INIA) :19.

Instituto Para La Innovación Tecnológica En La Agricultura. 2016. Soya: Importancia Nacional E Internacional. :2014-2017.

Marín, C. 2023. Soja Y Sequía : Las Enseñan Z As Que Dejó La Campaña 2022/23. :1-18.

Martin, E; Muñoz, C. 2017. Métodos Para Medir La Humedad Del Suelo Para La Programación Del Riego. College Of Agriculture, University Of Arizona (Tucson, AZ) (September).

Mederos, A; Ortiz, R. 2021. Análisis De La Interacción Genotipo Ambiente En El Cultivo De La Soya (Glycine Max (L) Merrill). Cultivos Tropicales 42(1):1-18.

Núñez, F; Escobosa, I; Cárdenas, V; Santillano, J; Ruelas, J; Preciado, P; Díaz, J. 2020. Soil Moisture Tension, Growth, Water Use Efficiency, And Yield Of Maize Grown In Northwest Mexico. Terra Latinoamericana 38(4):805-815. DOI: <https://doi.org/10.28940/Terra.V38i4.763>.

Orús, A. 2023. Superficie De Cultivo De Soja En El Mundo Entre 2016 Y 2023. :6-9.

Proain Tecnología Agrícola. 2020. Manejo Agronomico En La Producción De Soya. :1-7.

Reyna, T; Reyna, S; Lábaque, M; Fulginiti, F; Riha, C; Linares, J. 2011. Importancia De La Determinación De La Humedad En Estudios De Infiltración Y Escorrentía Superficial Para Períodos Largos. Revista Ambiente E Agua 6(3):445-458. DOI: <https://doi.org/10.4136/1980-993X>.

Rosas, J; Young, R. 1991. El Cultivo D-E La Soya. Escuela Agrícola Panamericana 3:5-6.

Sánchez, A; Vayas, T; Moyarga, V. 2020. Soya En Ecuador. Observatorio Económico Y Social De Tungurahua :1-4.

Schmidt, J. 2023. Comparación De Dos Métodos Agronómicos Y Uno Geofísico Para La Determinación Del Estatus Hídrico De Suelo Y Planta En Condiciones Naturales Y De Cultivos Frutales. (Tesis Presentada Como Requisito Para Optar Al Grado De Magíster En Fisiología Vegetal).

Soto, K; Suárez, D; Torres, D; Torres, J. 2006. Cultivo De Soya. :28 Páginas.

Toledo, R. 2011. Del Cultivo De Soja. (1):3-5.

Trujillo, M; Méndez, J; Hossne, A; Parra, F. 2016. Efecto Del Contenido De Humedad Y Nivel De Compactación De Un Suelo Ultisol Sobre Algunas Características Bromatológicas Del Cultivo De Soya (Glycine Max L. Merrill Cv San Baiba) Effect Of Moisture Content And Level Of Compaction Of An Ultisol Soil On Some. 28:706-712.

4.2. ANEXO

Sistema de riego	Imágenes	
Riego por aspersión para favorecer la germinación		
Riego por gravedad		

Fuente: Flórez, P. et al. (2021) Sistemas de riego en campo para favorecer la germinación y el desarrollo del cultivo de soya en los valles interandinos

Fuente: Flórez et al (2021) Sistemas de riego en campo para favorecer la germinación y el desarrollo del cultivo de soya en los valles interandinos