

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE AGRONOMÍA

"Evaluación de dosis de hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus)* para prolongar los periodos de riego"

DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR:

Henry Steven Balseca Paredes

TUTOR:

Ing. Mg. Giovanny Velástegui

CEVALLOS, 2025

"Evaluación de dosis de hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus)* para prolongar los periodos de riego"

REVISADO POR



Ing. MG. Giovanny Patricio Velástegui Espin

TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

Fecha



12/02/25

Ing. Pedro Pablo Pomboza, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



12/02/25

Ing. Luis Alfredo Artieda Rojas, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN



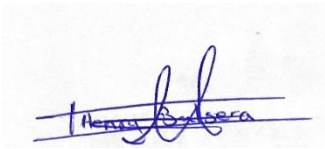
12/02/25

Ing. Mg. Luis Alfredo Villacís Aldaz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

AUTORIA DE LA INVESTACIÓN

El suscrito, HENRY STEVEN BALSECA PAREDES, portador de cédula de ciudadanía número: 1850663863, libre y voluntariamente declaro que el Informe Final del Proyecto de investigación titulado: “Evaluación de dosis de hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus)* para prolongar los periodos de riego.” es original, auténtico y personal. En tal virtud, declaro que el contenido es de mi sola responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.



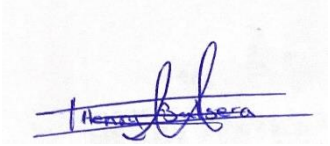
HENRY STEVEN BALSECA PAREDES

DERECHO DE AUTOR

Al presentar este Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "**Evaluación de dosis de hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus)* para prolongar los periodos de riego.**" como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la Universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato la publicación de este Informe Final, o de parte de él.



HENRY STEVEN BALSECA PAREDES

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, el señor Williams Vicente Balseca Marcillo y la señora Verónica Eliana Paredes Lema por el apoyo y el amor incondicional que me otorgaron a lo largo de toda la carrera y por ello logre llegar hasta este punto.

A mi tutor de tesis el Ing. Giovanny Velástegui por compartir sus conocimientos y apoyo conmigo para avanzar en este camino.

A mis hermanos, Alison Viviana Balseca Paredes y Alan Joel Balseca Paredes por alegrarme con sus ocurrencias y ser pilar en mi proceso para no desfallecer.

A mi familia por apoyarme y regalarme ánimos en cada oportunidad que tenían

A mi mascota de apoyo emocional Teddy que lamentablemente partió antes de poder acompañarme en este último paso de mi vida universitaria.

HENRY STEVEN BALSECA PAREDES

AGRADECIMIENTO

Doy infinitas gracias a mi padre Williams Balseca porque a pesar de todo lo que paso a lo largo de su vida y mi carrera, nunca me retiro su apoyo, amor y sus enseñanzas que me llevaron a ser el ser humano que hoy en día soy.

Agradezco a mi madre Verónica Paredes que fue mi pilar vital la que me dio fuerzas para seguir adelante y me lleno de fe y esperanza para no rendirme.

Agradezco a mi docente Tutor el Ing. Giovanny Velástegui por apoyar mi proyecto y guiarme a lo largo de este proceso.

Agradezco a mis compañeros Efraín, Jennifer, Diego y Mario que hicieron de la carrera un lugar lleno de experiencias inolvidables y por apoyarnos durante cada paso que dimos en este proceso.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I 3

INTRODUCCIÓN 3

MARCO TEÓRICO 6

Antecedentes Investigativos 6

1.2 Categorías fundamentales 7

1.2.1 Importancia del agua 7

1.2.2 Infiltración del agua 8

1.2.3 Evapotranspiración del agua 8

1.2.4 Poliacrilato de potasio 8

1.2.5 El cultivo de rábano 9

1.2.6 Taxonomía del rábano 9

1.2.7 Requerimientos edafoclimáticos del rábano 10

1.2.8 Suelos Franco-arenosos 10

1.2.9 Rendimiento del rábano 11

1.2.10 Aplicación de hidrogel en áreas de cultivo 11

1.2.11 Vida útil del hidrogel 11

1.3. Objetivos 12

Objetivo general 12

Objetivos específicos 12

CAPITULO II 13

METODOLOGÍA 13
2.1. Ubicación del estudio 13
2.2. Caracterización del lugar 13
2.3. Equipos y materiales 13
2.3.1 Materiales 13
2.3.2 Equipos 13
2.3.3. Material de oficina 14
2.4. Factores de Estudio: 14
2.4.1. Dosis de hidrogel: 14
2.4.2. Frecuencia de riego: 14
2.4.3 Tratamientos 15
2.5. Manejo del experimento 15
2.5.1 Obtención y preparación de las masetas 15
2.5.2 Implementación del hidrogel al sustrato 16
2.5.3 Siembra del rábano 16
2.5.4 Instalación del ensayo 16
2.5.5 Riego 16
2.5.6 Procesamiento de la información 17
2.6. Variables respuestas 17
2.7. Diseño experimental 17
CAPÍTULO III 18

RESULTADOS Y DISCUSIÓNES 18

3.1 Variación del porcentaje de humedad entre tratamientos 18

3.2 Curvas de porcentaje de humedad en el suelo 19

3.3 Desarrollo del cultivo de rábano implementando hidrogel 20

3.4 Efecto de dosis de hidrogel y frecuencia de riego en la retención de humedad del suelo y rendimiento del rábano 22

3.5 Comprobación de la hipótesis 25

CAPITULO IV 26

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓNES 26

4.1 CONCLUSIONES 26

4.2 RECOMENDACIONES 27

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 28

ANEXOS 32

Anexo 1. Tablas de humedad: Primera toma de datos 32

Anexo 2. Tablas de humedad: Segunda toma de datos 34

Anexo 3. Tablas de humedad: Tercera toma de datos 36

Anexo 4. Tablas de humedad: Cuarta toma de datos. 38

Anexo 5. Tablas de humedad: Quinta toma de datos 40

Anexo 6. Análisis de la varianza de humedad 42

Anexo 7. Análisis de varianza del rendimiento 42

Anexo 8. Presentación del Poliacrilato de potasio 43

Anexo 9. Variedad de rábano usada 43

Anexo 10. Preparación del sustrato a utilizar 44

Anexo 11. Pesaje de las dosis de la dosis de hidrogel 44

Anexo 12. Etiquetado y empaquetado de dosis de hidrogel 45

Anexo 13. Implementación del hidrogel en las masetas 45

Anexo 14. Siembra de semillas de rábano 46

Anexo 15. Mediciones y monitoreos de las plantas 46

Anexo 16. Cosecha del rábano 47

Anexo 17. Pesaje del peso fresco del rábano 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del rábano 9

Tabla 2. Características texturales del suelo 10

Tabla 3. Combinación de tratamientos 15

Tabla 4. Variación promedio del porcentaje de humedad en el sustrato 19

Tabla 5. Altura del follaje de los tratamientos estudiados. 21

Tabla 6. Datos promediados de la humedad del suelo con relación a la dosis de hidrogel. 22

Tabla 7. Valores de las medias de humedad por el factor Frecuencia de riego. 23

Tabla 8. Pesos promedios por tratamientos 24

Tabla 9. Interacción de la dosis de hidrogel con el rendimiento del rábano 25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diseño del ensayo 16

Figura 2. Comportamiento promedio de la humedad en el sustrato 20

Figura 3. Porcentaje de germinación de las semillas de rábano. 20

RESUMEN

El presente estudio analizó los efectos de la implementación de diferentes dosis hidrogel (0 g; 1 g; 2 g y 3 g), con diferentes frecuencias de riegos (8 días, 12 días y 16 días) en el cultivo de rábano *Raphanus sativus*. Con el objetivo de prolongar las frecuencias de riego. El proyecto, realizado en la Granja Experimental Docente "Querochaca", empleó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones y análisis factorial. Al finalizar pudimos obtener como resultado que la dosis D3F1 (3g de hidrogel con frecuencias de riego cada 8 días) logró optimizar la retención de humedad, reduciendo las frecuencias de riego sin llegar a comprometer el rendimiento del cultivo a niveles críticos. Se observó un incremento en la capacidad de retención de agua en el suelo y una moderada tolerancia del cultivo al estrés hídrico. El cálculo de costos demostró en el tratamiento D3F1 la viabilidad económica del uso de hidrogel en los cultivos similares al rábano, destacando su potencial para mejorar la sostenibilidad hídrica en condiciones adversas.

Palabras clave: Hidrogel, retención de humedad, rábano, frecuencia de riego, estrés hídrico, sostenibilidad agrícola.

ABSTRACT

This study analyzed the effects of implementing different hydrogel doses (0 g, 1 g, 2 g, and 3 g), with different irrigation frequencies (8 days, 12 days, and 16 days) in radish *Raphanus sativus* crops. The objective was to prolong irrigation frequencies. The project, carried out at the "Querochaca" Experimental Teaching Farm, used a completely randomized block design with three repetitions and factor analysis. At the end, we were able to obtain the result that the D3F1 dose (3 g of hydrogel with irrigation frequencies every 8 days) managed to optimize moisture retention, reducing irrigation frequencies without compromising crop yield to critical levels. An increase in the soil's water retention capacity and a moderate tolerance of the crop to water stress were observed. The cost calculation demonstrated in the D3F1 treatment the economic viability of using hydrogel in crops similar to radish, highlighting its potential to improve water sustainability under adverse conditions.

Keywords: Hydrogel, moisture retention, radish, irrigation frequency, water stress, agricultural sustainability.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El acceso al agua es un factor determinante en la producción agrícola, especialmente en regiones donde la disponibilidad de este recurso es limitada. En Ecuador, existen aproximadamente 1.366.080 hectáreas destinadas a cultivos permanentes, de las cuales el 25,6% corresponden a la región Sierra (INEC, 2022). En la provincia de Tungurahua, la producción agrícola representa el 2% de la superficie dedicada a actividades agropecuarias a nivel nacional. Sin embargo, en los últimos años, cerca de 6.900 hectáreas productivas en Ecuador han sido afectadas por sequías, impactando significativamente el rendimiento de los cultivos y la economía de los agricultores (MAG, 2024).

Uno de los principales problemas asociados a la crisis hídrica es la ineficiencia de los sistemas de riego. En Tungurahua, aproximadamente 32.600 hectáreas son irrigadas mediante métodos convencionales, como el riego por inundación, que presenta una eficiencia del 70-75% y genera un desperdicio considerable de agua debido a la falta de control en su distribución (Censo Agropecuario, 2017). A esto se suma la naturaleza de los suelos de la región. Según SIGTIERRAS (2020), la zona de Tungurahua (Cevallos, Tisaleo, Quero) cuenta con una presencia predominante de suelos Mollisoles, con texturas que varían de franco-arcillosas a arcillosas. Si bien estos suelos son adecuados para la agricultura, el uso prolongado y las malas prácticas de manejo reducen su capacidad de retención de agua (OEA, 2019).

La situación climática también representa un desafío para la producción agrícola. El Ministerio del Ambiente (2018) establece que, para un óptimo desarrollo agrícola, una zona debe registrar precipitaciones anuales entre 500 y 1000 mm. No obstante, registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (2023), muestran que en la zona de Cevallos-Quero, la

precipitación ha disminuido en un 50% en los últimos años, alcanzando valores de menos de 35 mm de precipitación mensual y un total de 450 mm anuales en 2023, lo que evidencia un déficit hídrico significativo.

Estudios realizados en Ecuador han evidenciado los beneficios del uso de hidrogel en diversos cultivos. Por ejemplo, en el cultivo de pimiento (*Capsicum annuum L.*), la aplicación de hidrogel permitió mantener el suelo húmedo por períodos más prolongados, disminuyendo la pérdida de nutrientes y favoreciendo el desarrollo de la vida microbiana en la rizosfera. Además, se observó una mejora en la absorción de nutrientes por parte de las plantas, lo que se tradujo en incrementos significativos en el rendimiento del cultivo (UTB, 2023).

Frente a esta problemática, se han explorado diversas estrategias para mejorar la retención de agua en los cultivos, destacándose el uso de hidrogeles como una alternativa viable. Estos polímeros superabsorbentes tienen la capacidad de retener y liberar agua de manera gradual, optimizando su disponibilidad en el suelo y reduciendo la frecuencia de riego. Estudios previos en la zona de Cevallos han demostrado que el uso de hidrogel mejora la disponibilidad hídrica en suelos franco-arcillosos, permitiendo una reducción en el consumo de agua sin afectar el rendimiento de los cultivos (Paredes et al., 2021).

La implementación de hidrogel en suelos de textura franco-arcillosa, como los presentes en Cevallos, puede ser especialmente ventajosa. Un estudio evaluó el efecto del hidrogel en suelos con diferentes texturas y encontró que, en suelos franco-arcillosos, la aplicación de hidrogel mejoró la capacidad de retención de agua y disminuyó la tasa de infiltración, lo que contribuye a una mayor disponibilidad de agua para las plantas (La Granja, 2021).

En este contexto, el presente estudio se desarrolló en la Granja Experimental Querochaca, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua, con el objetivo de

evaluar el efecto de diferentes dosis de hidrogel en el cultivo de rábano *Raphanus sativus* y su impacto en la prolongación de los periodos de riego. La investigación busca generar información que contribuya al uso eficiente del recurso hídrico en la producción agrícola de la región, proponiendo soluciones sostenibles ante la escasez de agua.

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

Duarte (2019), en su estudio de la aplicación de hidrogel para reducir el número de aplicaciones de riego a lo largo del cultivo, revelo que al aplicar este insumo se logró alcanzar un 50% de ahorro del riego disminuyendo los turnos de 66 a 30 anualmente. Con estos resultados se puede tomar al hidrogel como una solución para zonas desérticas, zonas altas en donde no lleguen los sistemas de riego, ayudando así no solo a evitar el estrés hídrico de los cultivos si no también, reducir los costos para la obtención del recurso hídrico y sus formas de transportación.

En la investigación realizada por Pozo (2021), explica que al usar el hidrogel para mejorar la calidad del suelo donde se realizan la explotación agrícola presentó un 95% de aumento en la calidad y retención de humedad. Esto implementando abonos orgánicos en las zonas donde se aplicó el hidrogel.

Yañez (2018), en su investigación acerca de la aplicación de hidrogel para mejorar la producción de follaje explica que, la eficiencia de retención de humedad del hidrogel se asocia directamente a la constante hidratación de este, logrando así ayudar al cultivo a consumir los nutrientes del suelo fácilmente y evitando la erosión del suelo.

El cultivo de rábano según expone Lobato y Vega (2023), necesita una humedad del suelo constante pero bien drenada de entre 60%-70% para poder desarrollarse de forma normal, además de eso requiere de temperaturas templadas sin llegar a bajar de 6°C. El pH óptimo esta entre 5,5 y 6,8, el cultivo de rábano no tolera la salinidad.

El riego para el cultivo de rábano debe ser constante, según Gómez (2021), cada planta requiere de un aproximado de 450 ml de agua dependiendo de los factores externos como el

clima, la temperatura, los sustratos que se apliquen al cultivo, entre otros componentes. Recomienda realizar 2 riegos al día cuando si implementa un riego por goteo.

Villaseñor (2024), en su guía práctica de siembra expone que el cultivo de rábano para un óptimo desarrollo debe contar con una frecuencia de riego diaria o de tres días máximo dependiendo del ambiente donde se desarrolla, además de esto la temperatura optima va de 18°C-30°C.

Los estudios de Rivera (2016), en donde se busca determinar el tiempo que se demora en absorber el hidrogel demostró que, al pasar una hora el polímero de poliacrilamida llego a un límite de absorción en condiciones de agua libre de 103,25±6,8 mL en 1 gr del insumo. Siendo así este el tiempo recomendado ya que a menor tiempo la absorción no se ve aprovechada y a mayor tiempo la retención del agua no aumenta de manera significativa.

En la ciencia de los suelos, el concepto de infiltración habla sobre la capacidad del suelo para retener entre sus poros el agua que se le aplica, estos valores de infiltración varían dependiendo de la textura del suelo, siendo los suelos arenosos los que presentan el porcentaje más bajo en retención de agua (Úbeda, 2018).

1.2 Categorías fundamentales

1.2.1 Importancia del agua

La relación de la agricultura con el agua es fundamental para el desarrollo de esta rama económica. La importancia radica en que este recurso es una de las bases clave para poder obtener resultados de producción en prácticas agrícolas con fines de explotación o de consumo propio. La agricultura que se basa en el regadío representa el 20% del total de la superficie cultivada (Banco Mundial, 2017)

1.2.2 Infiltración del agua

La infiltración es el proceso en el cual el agua superficial entra al suelo. Debido a la diferencia textural de los suelos alrededor del mundo, la tasa de infiltración es una ciencia que estudia la capacidad de absorción del suelo de precipitaciones o las irrigaciones. Estos valores se miden en milímetros por hora (Úbeda y Delgado, 2018).

1.2.3 Evapotranspiración del agua

El proceso para la evapotranspiración consta de la transferencia del agua que se encuentra en el suelo (evaporación) y en el follaje (transpiración) hacia la atmosfera, la combinación de estos dos factores se la conoce como evapotranspiración. Esta es una medida que se utiliza en la agricultura para conocer la cantidad de agua que se pierde en los cultivos (NASA, 2021).

1.2.4 Poliacrilato de potasio

El poliacrilato de potasio es el polímero utilizado para la creación de hidrogeles para la retención de humedad implementadas para el uso agrícola, este polímero puede absorber grandes cantidades de agua en relación con su propia masa, llegando a retener 500 veces más que su peso inicial. Las aplicaciones donde se pueden aprovechar las características del hidrogel van desde hortalizas, hasta frutales, ayudando a evitar estrés hídrico en los cultivos y regular la humedad del suelo (Evangelista, 2019).

1.2.5 El cultivo de rábano

El rábano con su nombre científico *Rabanus sativus*, tiene sus orígenes en los continentes de Europa y Asia. La primera vez que fue domesticado se cree que fue en la zona el mediterráneo oriental. Los rábanos se llevan cultivando desde hace miles de años teniendo evidencia de que este cultivo era comerciado por las culturas griegas y egipcias. De esta hortaliza se consume generalmente la raíz, sin embargo, también se puede consumir las hojas o aceites extraídos de sus semillas (InfoAgro, 2019).

Las etapas fenológicas del rábano se dividen en cinco: siembra, desarrollo vegetativo inicial, desarrollo de la raíz, maduración de la raíz y cosecha. Las etapas donde el cultivo requiere de una humedad constante se centran en la siembra y el desarrollo de la raíz (AgronoBlog, 2018).

1.2.6 Taxonomía del rábano

Tabla 1.

Clasificación taxonómica del rábano

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Brassicales
Familia	Brassicaceae
Género	Raphanus
Especie	sativus

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2015).

1.2.7 Requerimientos edafoclimáticos del rábano

Las condiciones edafoclimáticas que este cultivo requiere constan de, un clima templado, para su optima germinación debe existir una temperatura de 20 a 25°C y para el desarrollo vegetativo de 6 a 30°C. Se desenvuelve bien en suelos arenosos y ser sueltos que contengan alto contenido de materia orgánica con capacidad de retención de humedad. La humedad recomendada para el cultivo en el suelo va de 60 a 70% de humedad (Chávez, 2023).

1.2.8 Suelos Franco-arenosos

Los suelos franco-arenosos se caracterizan por una proporción equilibrada de arena (más del 50 %), limo y una menor cantidad de arcilla, lo que les confiere buena permeabilidad y facilidad de laboreo, aunque con menor capacidad de retención de agua en comparación con suelos más arcillosos. La capacidad de campo (CC) de estos suelos suele oscilar entre 10 % y 18 %, mientras que el punto de marchitez permanente (PMP) varía entre 4 % y 8 %, lo que indica una disponibilidad de agua moderada para las plantas (Brady y Weil, 2016). Debido a su drenaje eficiente, estos suelos requieren un manejo adecuado de la irrigación para evitar el estrés hídrico en los cultivos.

Tabla 2.

Características texturales del suelo

Textura del suelo	**CC (%)**	**PMP (%)**
Franco-arenoso	14 (10-18)	6 (4-8)

1.2.9 Rendimiento del rábano

El rábano puede llegar a rendir un total de 10-15 toneladas por hectárea dependiendo de varios factores como la variedad de rábano, la densidad de siembra, el manejo del cultivo y las condiciones edafoclimáticas entre otras. Este cultivo se puede cosechar entre 20-30 días desde la siembra (Department of Fisheries, Forestry, and Agriculture, 2017).

1.2.10 Aplicación de hidrogel en áreas de cultivo

Según Rivera, et al. (2021), las dosis recomendadas en 100 m2 de suelo van de 1-2 kg dependiendo de la característica textural, 1kg (Dosis baja) en suelos compactos o con mayor capacidad de retención de humedad y 2 kg (Dosis alta) para suelos arenosos. Esto para mantener un suelo con valores de retención más altos a los normales de los que se obtendrían con un suelo al natural.

1.2.11 Vida útil del hidrogel

Segura et al. (2016), expone que el hidrogel ayuda a mejorar la retención de agua y nutrientes en el medio en el que se encuentra. Este polímero puede llegar a tener una vida útil de entre 2-3 años, si bien su eficiencia para retener la humedad es alta, esta va bajando debido al desgaste por el paso del tiempo o por las condiciones edafoclimáticas a las que se expone en el campo.

1.3. Objetivos

Objetivo general

Evaluar las dosis de hidrogel en el cultivo de rábano (*Raphanus sativus)* para prolongar los periodos de riego.

Objetivos específicos

- Establecer las dosis de hidrogel más adecuadas para la retención de humedad para casos similares a los estudiados en el proyecto.
- Determinar la producción del rábano mediante la aplicación de las dosis de hidrogel.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en la Granja Experimental Docente "Querochaca", perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, ubicada en el cantón Cevallos, provincia de Tungurahua.

2.2. Caracterización del lugar

La investigación se instaló bajo cubierta con un ambiente controlado en la Granja Experimental Docente "Querochaca" la cual está ubicada en el cantón Cevallos a unos 15 km al sur de Ambato a una altura de 2.850 msnm. Está formada por un clima templado de 13 ºC a los 16 ºC. Presenta una precipitación media anual de 200 a 500 mm.

2.3. Equipos y materiales

2.3.1 Materiales

- Semillas de rábano
- Hidrogel
- Etiquetas
- Tarrinas
- Regla

2.3.2 Equipos

- Medidor de humedad analítico
- Balanza analítica
- Cámara fotográfica

2.3.3. Material de oficina

- Computador

- Bolígrafos

- Cartulinas

2.4. Factores de Estudio:

2.4.1. Dosis de hidrogel:

- Testigo (T): 0 g
- Dosis 1 (D1): 1 g
- Dosis 2 (D2): 2 g
- Dosis 3 (D3): 3 g

2.4.2. Frecuencia de riego:

- Frecuencia 1 (F1): 8 días
- Frecuencia 2 (F2): 12 días
- Frecuencia 3 (F3): 16 días

2.4.3 Tratamientos

Tabla 3.

Combinación de tratamientos

TRATAMIENTO	COMBINACIÓN
TF1	0 gramos + Riego cada 8 días
TF2	0 gramos + Riego cada 12 días
TF3	0 gramos + Riego cada 16 días
D1F1	1 gramo + Riego cada 8 días
D1F2	1 gramo + Riego cada 12 días
D1F3	1 gramo + Riego cada 16 días
D2F1	2 gramos + Riego cada 8 días
D2F2	2 gramos + Riego cada 12 días
D2F3	2 gramos + Riego cada 16 días
D3F1	3 gramos + Riego cada 8 días
D3F2	3 gramos + Riego cada 12 días
D3F3	3 gramos + Riego cada 16 días

2.5. Manejo del experimento

2.5.1 Obtención y preparación de las masetas

Para el suelo nos basamos en la investigación de Fernández (2021), en donde evaluaron el humedecimiento del suelo por la aplicación del hidrogel aplicándolo en diferentes suelos texturales implementando materias orgánicas. Para el presente proyecto se mezcló suelo con turba rubia y cascarilla de arroz. Para la mezcla se colocó una proporción de 50% suelo, 25% turba y 25% cascarilla para mantener un suelo homogéneo. Al terminar la mezcla del sustrato, este se colocó en tarrinas de 38 onzas.

2.5.2 Implementación del hidrogel al sustrato

Para la aplicación del hidrogel, se implementó las dosis establecidas para el ensayo las cuales eran de 1, 2 y 3 gr (peso seco) y se las mezcló homogéneamente en el sustrato y posteriormente se lo hidrato hasta tener el suelo a capacidad de campo.

2.5.3 Siembra del rábano

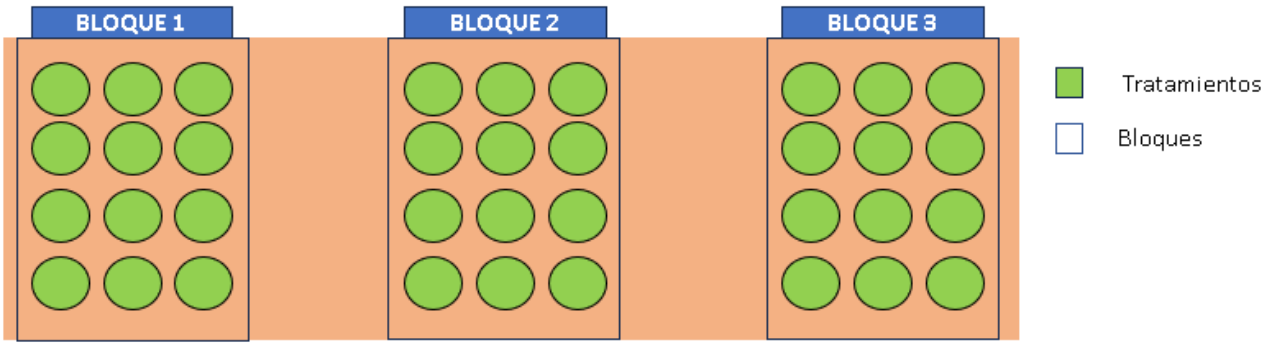
Se colocaron 3 semillas por tarrina, seguido a esto tapamos con el sustrato y damos riego para activar a las semillas.

2.5.4 Instalación del ensayo

Las tarrinas se las ubicó por bloques con doce tratamientos por bloque, identificándolos por etiquetas que indicarán el tratamiento y repetición a la que pertenecen.

Figura 1

Diseño del ensayo



2.5.5 Riego

El riego se lo realizo utilizando botellas plásticas y aplicando agua hasta llegar a capacidad de campo, las frecuencias de riego se realizaron de forma programada cada 8, 12 y 16 días.

2.5.6 Procesamiento de la información

Se obtuvieron datos de campo, posteriormente se tabuló la información conforme al diseño experimental elegido. Para realizar los análisis estadísticos se importó las tablas de datos al software INFOSTAT, donde se realizó las pruebas correspondientes.

2.6. Variables respuestas

- Porcentaje de germinación (%)

Se realizó el conteo de las plantas que germinaron por maceta y se lo dividió por grupos para el registro de los datos.

- Altura de planta (cm)

Las medidas de las alturas en las plantas se las tomo progresivamente y se realizó una media al final de todo el proceso de la investigación para realizar las comparaciones entre tratamientos.

- Humedad del suelo (%)

La humedad del suelo se la midió utilizando un medidor analítico que registra la humedad de 10-100%, para la toma de datos se lo hizo antes de cada riego en cada tratamiento.

- Rendimiento (gr/área)

Las plantas de rábano fueron cosechadas y para el rendimiento se tomó el peso fresco de cada planta, y se tabulo los datos en el software analítico.

2.7. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBA) con tres repeticiones con una factorial de 4 x 3 y se estudió las variaciones significativas a través de la prueba de Tukey al 5%.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓNES

3.1 Variación del porcentaje de humedad entre tratamientos

Al evaluar las dosis de hidrogel para comprobar su comportamiento al retener humedad por periodos de tiempo establecidos, se pudo observar que, existe una diferencia significativa entre las diversas dosis utilizadas en el proyecto como se muestra en la Tabla 3, con un análisis de varianza con un coeficiente de variación de 6,45% (Anexo 6) que según la teoría es un porcentaje aceptable de error para este tipo de investigación, además de esto existen variaciones no esperadas en los datos de humedad obtenidos debido al método de riego que se aplicó en este ensayo ocasionando datos que se separaron a lo esperado. Por otro lado, Pozo (2021), indica que al implementar hidrogel en explotaciones agrícola se podía disminuir en un 95% las frecuencias de riego, sin embargo, al revisar la humedad, esta muestra variaciones no tan grandes entre los diferentes periodos de tiempo a lo largo del experimento, lo que indica que las dosis son fundamentales al momento de aplicar este método para mejorar las condiciones del suelo en relación con la humedad.

Tabla 4.

Variación promedio del porcentaje de humedad en el sustrato

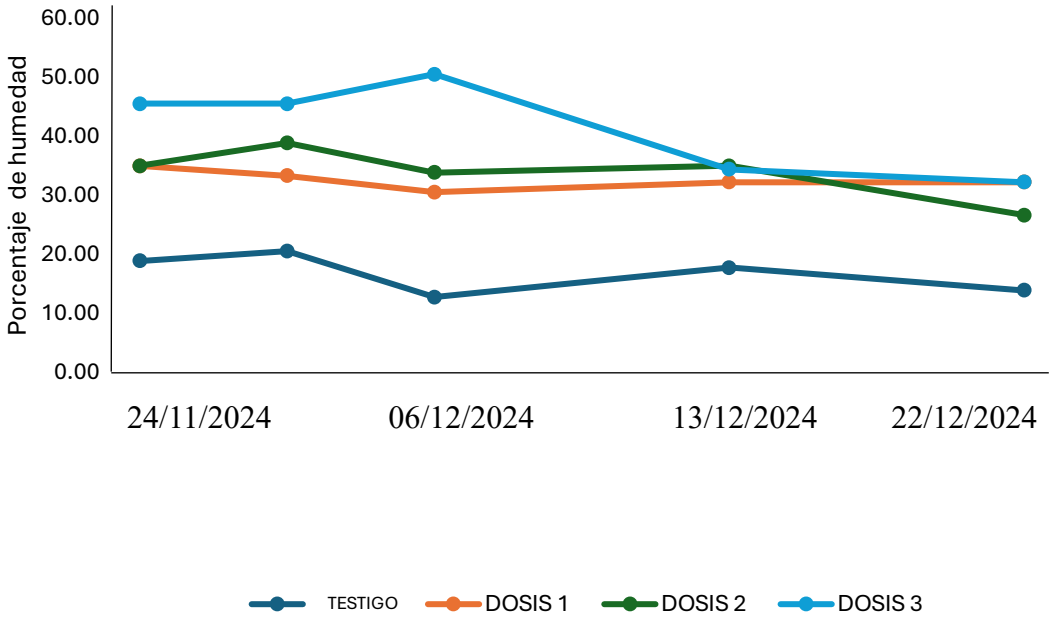
NÚMERO	TRATAMIENTO	% HUMEDAD PROMEDIO	RANGO
1	D3F1	35,56	A
2	D2F1	33,06	A B
3	D3F3	32,50	A B
4	D3F2	30,00	A B C
5	D2F3	28,89	A B C D
6	D1F1	27,22	A B C D
7	D1F3	26,11	A B C D
8	D2F2	23,89	B C D E
9	D1F2	20,56	C D E
10	TF1	18,61	D E
11	TF3	14,44	E
12	TF2	12,78	E

3.2 Curvas de porcentaje de humedad en el suelo

Al evaluar los datos obtenidos en la práctica, se pudo identificar que el tratamiento con mejor resultado arrojado en los análisis estadísticos es el tratamiento D3F1 (figura 3) debido a que obtuvo la mejor media de humedad a lo largo del proyecto. Duarte (2019) explica que al aplicar poliacrilato de potasio se logra disminuir el uso del recurso hídrico a lo largo del ciclo del cultivo, para esto se muestra que a dosis especificas se mantiene una humedad constante con frecuencias de riego más prolongadas.

Figura 2.

Comportamiento promedio de la humedad en el sustrato

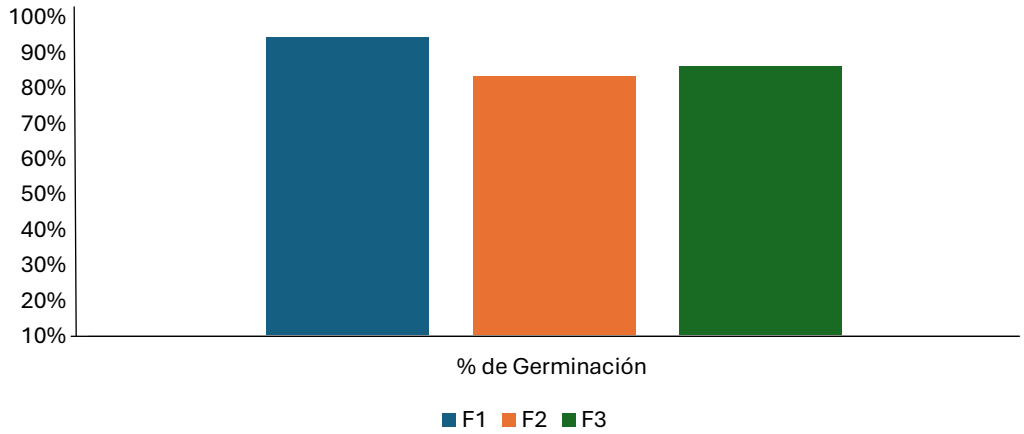


3.3 Desarrollo del cultivo de rábano implementando hidrogel

Para determinar el desarrollo del rábano el cual lo utilizamos en el ensayo como indicador, tomamos datos de porcentaje de germinación y el crecimiento de la planta a lo largo de todo el proyecto.

Figura 3.

Porcentaje de germinación de las semillas de rábano.



La altura de las plantas en este proceso se vio afectado debido al estrés hídrico al que fue inducido durante las pruebas, sin embargo, las primeras semanas mostro un desarrollo no tan alejado a la que tendría este cultivo en condiciones normales. Como explica Gómez (2021), este cultivo requiere de niveles de riegos continuos llegando a ser de dos riegos por día. Por lo que es muy susceptible a sufrir estrés hídrico, sin embargo, en el proyecto, si bien no se desarrolló de manera normal, tampoco mostro un desarrollo deficiente llegando así a mantener su crecimiento hasta después de 16 días sin riego como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Altura del follaje de los tratamientos estudiados.

NÚMERO	TRATAMIENTO	ALTURA FOLLAJE PROMEDIO
1	D3F1	4,82
2	TF2	4,64
3	D1F1	4,57
4	D3F2	4,18
5	TF1	3,69
6	D2F3	3,66
7	D2F1	3,58
8	D1F2	3,42
9	D2F2	3,27
10	D1F3	3,14
11	D3F3	2,91
12	TF3	2,89

3.4 Efecto de dosis de hidrogel y frecuencia de riego en la retención de humedad del suelo y rendimiento del rábano

Al realizar la toma de 108 datos de humedad por un mes, se llegó a los resultados que se muestran en la tabla 6 donde observamos la media de los datos que se tomaron después de cada riego realizado a las plantas indicadoras, utilizando una prueba de Tukey con un error de 10,31%. Yañez (2018), expone que la capacidad de retención de humedad del hidrogel se asocia a la constante hidratación del mismo, cosa que en nuestro proyecto no se presentó ya que tratamos de replicar las condiciones de un ambiente árido que no consta con factores climáticos favorables como precipitaciones continuas o temperaturas de la atmosfera baja que faciliten el desarrollo de los cultivos, por lo que los resultados obtenidos en nuestro trabajo son relativamente favorables a las condiciones en las que se expusieron las plantas.

Cabe destacar que a pesar de que las dosis aplicadas eran bajas, se pudo mantener una humedad relativamente alta para prolongar la supervivencia del cultivo.

Tabla 6.

Datos promediados de la humedad del suelo con relación a la dosis de hidrogel.

FACTOR	MEDIAS (%)	RANGO
D3	32,69	A
D2	28,61	A B
D1	24,63	B
T	15,28	C

Además de la interacción entre dosis y frecuencia de riego, también se obtuvo la media de humedad únicamente por frecuencia de riego, logrando así evaluar que frecuencia resulto más eficiente y comparar cuanta diferencia entre frecuencias riego existe.

Tabla 7.

Valores de las medias de humedad por el factor Frecuencia de riego.

FACTOR	MEDIAS (%)	RANGO
F1	28,61	A
F2	25,46	A B
F3	21,81	B

Villaseñor (2024), expone que el rábano requiere de ambientes húmedos con constantes riego con frecuencia de 1 a 3 días para que pueda tener un desarrollo optimo y este no sufra de estrés hídrico. En el proyecto al rábano se le aplico riegos con frecuencias de riego más prolongadas a las que se le debería aplicar normalmente a este cultivo, sin embargo, la planta de rábano logro mantenerse en esas condiciones, pero con rendimientos bajos al promedio. A través de un análisis estadístico, obtuvimos las medias de rendimiento con un error del 10,54% en una prueba de Tukey como se muestra en la taba 8.

Tabla 8.

Pesos promedios por tratamientos

NÚMERO	TRATAMIENTOS	PESOS FRESCOS MEDIA (gr)	RANGO
1	D3F1	11,46	A
2	D2F1	10,73	A B
3	D3F3	8,33	A B C
4	D2F2	7,62	A B C
5	TF1	7,39	A B C D
6	D3F2	7,22	A B C D
7	D2F3	6,60	A B C D
8	D1F3	6,59	A B C D
9	D1F2	6,26	B C D
10	TF1	6,12	B C D
11	TF2	5,60	C D
12	TF3	2,35	D

Al estar en condiciones desfavorables expuesto a climas de extremo calor y riegos menores a los normales, el cultivo de estudio tuvo una producción baja a la normal (tabla 9), los resultados muestran la dosis 3 (D3) y la dosis 2 (D2) según la prueba Tukey con error del 10,54%, no presentan diferencia significativa siendo estos los que mayor rendimiento tuvieron. Según el Department of Fisheries, Forestry, and Agriculture (2017), el cultivo de rábano llega a tener un rendimiento promedio de 10-15 toneladas por hectárea y de rábano según la variedad.

Tabla 9.

Interacción de la dosis de hidrogel con el rendimiento del rábano

TRATAMIENTOS	MEDIAS (gr)	RANGO
D3	9,00	A
D2	8,32	A
D1	6,75	A B
T	4,69	B

3.5 Comprobación de la hipótesis

Al culminar y recopilar todos los datos se pudo llegar a la conclusión de que la hipótesis aceptable fue la H1 dando a entender así que hubo diferencia significativa entre los tratamientos aplicados en el proyecto.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓNES

4.1 CONCLUSIONES

Al evaluar las dosis de hidrogel en el cultivo de rábano se pudo observar que la D3F1 (3 gr/8 días) obtuvo el mejor resultado con los periodos de riego establecidos y por consecuente podría lograr prolongar el tiempo de riego antes de llegar al punto de marchitez permanente. Sin embargo, los demás tratamientos también llegaron a mantener la planta viva pero no prestaron los medios adecuados para que la planta se desarrolle de manera óptima para obtener un buen rendimiento.

Con la implementación del hidrogel se pudo determinar que el tratamiento D3F1 logro obtener la media más alta de rendimiento con 11,46 g por el área establecida y el tratamiento TF3 alcanzó 2,35 g por área colocándolo como la media más bajá.

4.2 RECOMENDACIONES

Aplicar dosis de hidrogel de 3 gramos por planta en cultivos adaptados a condiciones de poca humedad o de ciclo corto como el rábano para mejorar la retención de humedad y reducir frecuencias de riego durante el desarrollo del cultivo.

Implementar el poliacrilato de potasio (Hidrogel) a cultivos que no sean muy susceptibles al estrés hídrico como árboles frutales, también tomar en cuenta las dosis a utilizar para evitar daños a las zonas radiculares de las plantas en caso de las hortalizas.

Reducir las frecuencias de riego en cultivos muy susceptibles a sufrir estrés hídrico o que no tengan una alta tolerancia a la sequía y adaptarlo dependiendo el ciclo del cultivo al que se le vaya a implementar el hidrogel.

Realizar estudios derivados al tema tratado en este proyecto aplicando un solo riego, esto con el fin de obtener datos del tiempo máximo que un cultivo puede mantenerse vivo antes de llegar a punto de marchitez permanente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AgronoBlog. (2018). *Etapas Fenológicas del Rábano*. Recuperado de https://agronoblog.com/etapas-fenologicas/etapas-fenologicas-del-rabano/

Mundial. (2017). *El agua en la agricultura*. http: //www.bancomundial.org/es/topic/clima-resiliente -riego

Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2015). *Raphanus sativus*. Recuperado de http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/brassicaceae/raphanus-sativus/fichas/ficha.htm

Chávez, L. (2023). Manejo agronómico del cultivo de rábano (Raphanus sativus L.) orgánico, en el Ecuador". Universidad Técnica de Babahoyo. https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13943/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000496.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Duarte, R. M., (2019). Déficit de riego y aplicación de hidrogel en la productividad de olivo en regiones desérticas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, *10*(2).

Evangelista, N., López, P., Lozano, C., & Ortega, U. (2019). Solución del poliacrilato de sodio en H2O. *Polired*. https://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/3937 (Necesitas encontrar el número de volumen y el número del artículo)

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2018). *Producción de hortalizas*. https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a130f016-fc61-4287-868a-59499acb47c4/content

Government of Newfoundland and Labrador, Department of Fisheries, Forestry, and Agriculture. (n.d.). *Radish*. Retrieved from https://www.gov.nl.ca/ffa/files/agrifoods-plants-pdf-radish.pdf

Hernández Villaseñor, R. (2024). *Cultivo de rábano: Guía práctica de siembra*. Hidroenv. https ://www. hidroenv .com .mx /catalogo /index .php? main_page =página &id =406

Infoagro. (2019). *El cultivo del rábano*. Recuperado de https ://www. infoagro .com /hortalizas /rabano .htm

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). *Estadísticas Agropecuarias*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2017). *Anuario meteorológico*. https://drive.google.com/file/d/1mroZYqKlyNjouAj0nlGD75AO9vDkhNYS/view

La Granja. (2021). *Uso del hidrogel en la agricultura: Retención de humedad y eficiencia en el riego*. Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de https://lagranja.ups.edu.ec/pdf/granja/hidrogel_esp.pdf

Lobato, GE; Vega, JA. (2023). Producción del cultivo de rábano (raphanus sativus l.) con diferentes dosis de bioestimulantes en el cantón La Maná. (en línea). bachelorThesis. s.l., Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Disponible en http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/10081.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2024). Índice de sequía. En *Sistema de Monitoreo de Sequía Agrícola en Ecuador*. http://asis.agricultura.gob.ec/mapas/

Ministerio del Ambiente. (2018). Gestión integrada para la lucha contra la desertificación, degradación de la tierra y adaptación al cambio climático.

https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2020/07/3.GIDDACC.pdf

NASA. (2021). *Evapotranspiración: cuidando el uso del agua*. https ://ciencia. nasa .gov /ciencias -terrestres /evapotranspiracion -como -vigilar -el -uso -del -agua/

Organization of American States (OAS). (2019). Descripción de los suelos. https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea30s/ch027.htm

Pozo, M. (2021). *Estudio del efecto del hidrogel en diferentes tipos de cultivos de importancia económica*. Universidad Politécnica Salesiana (UPSE). https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6304/1/UPSE-TIA-2021-0036.pdf

Rivera Fernández, R. D. (2019). Absorción de agua de hidrogel de uso agrícola y su humedecimiento de tres tipos de suelo. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11587/cp-02-rivera-absorcin.pdf

Rivera Fernández, R. D., Mora Mueckay, C., Moreira Salto, J. R., & Mendoza Intriago, D. A. (2021). Volumen de humedecimiento por la aplicación de hidrogel en suelos de diferentes texturas. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 33(1), 51-64. https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.06

Sánchez, D. (2017). Caracterización de la sustentabilidad, eficiencia energética y rentabilidad económica de los sistemas de producción hortícola de la parroquia San Joaquín-Azuay-Ecuador. Universidad Católica de Cuenca. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28218/1/Tesis.pdf

Segura, S., Patiño, M., Cortés, M., Patiño, J., Vaca, L., Ruiz, N., Alemán, R., & Torres, O. (2016). Life cycle assessment of hydrogel used in hydroponics for the Impatiens New

Guinea production. *Open Journal of Applied Sciences, 6*(5), 310–314. https://doi.org/10.4236/ojapps.2016.65030c

SIGTIERRAS. (2020). *Mapa de órdenes de suelos del Ecuador*. http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/MEMORIA_MAPA_DE_ORDENES_DE_SUELOS_MAG_SIGTIERRAS.pdf

Úbeda Rivera, JS, & Delgado Dallatorre, Y. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, 4(7). https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299

Universidad Técnica de Babahoyo (UTB). (2023). *Efecto del hidrogel en la retención de agua y productividad en cultivos hortícolas*. UTB. Recuperado de https://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/13112/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000225.pdf

Yañez, LG; Sandoval, A. (2018). Uso de retenedores de humedad edáfica en la sobrevivencia y crecimiento de dos especies de pastos Bouteloua curtipendula [Michx.] Torr. y Chloris gayana Kunth. Universidad de Chapingo. Disponible en https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v9n4/2448-6698-rmcp-9-04-702.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de humedad: Primera toma de datos

Datos humedad grupo 1

	Fecha	28-nov			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 1	T7R2	20	30	50	33,33
	T10R2	50	30	45	41,67
	T4R2	40	30	25	31,67
	T1R2	25	20	20	21,67
	T1R1	20	15	25	20,00
	T4R1	30	35	35	33,33
	T10R1	35	40	55	43,33
	T7R1	35	30	35	33,33
	T10R3	30	25	40	31,67
	T4R3	20	30	25	25,00
	T1R3	10	15	10	11,67
	T7R3	30	40	45	38,33

Datos de humedad grupo 2

	Fecha	28-nov			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 2	T2R2	25	30	15	23,33
	T5R2	40	20	20	26,67
	T8R2	30	45	40	38,33
	T11R2	40	50	45	45,00

	T8R1	25	40	35	33,33
	T11R1	70	60	40	56,67
	T5R1	30	40	40	36,67
	T2R1	20	20	25	21,67
	T11R3	65	45	40	50,00
	T8R3	30	30	45	35,00
	T2R3	15	15	10	13,33
	T5R3	30	20	20	23,33

Datos de humedad grupo 3

	Fecha	28-nov			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 3	T3R2	10	20	20	16,67
	T6R2	40	45	40	41,67
	T9R2	40	50	45	45,00
	T12R2	40	50	60	50,00
	T3R1	15	20	10	15,00
	T6R1	30	45	30	35,00
	T12R1	40	20	50	36,67
	T9R1	45	30	40	38,33
	T12R3	50	90	70	70,00
	T9R3	30	25	30	28,33
	T3R3	10	10	20	13,33
	T6R3	40	50	40	43,33

Anexo 2. Tablas de humedad: Segunda toma de datos

Datos humedad grupo 1

	Fecha	2-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 1	T7R2	35	40	20	31,67
	T10R2	40	30	40	36,67
	T4R2	30	30	40	33,33
	T1R2	20	10	20	16,67
	T7R1	40	40	35	38,33
	T10R1	40	40	40	40,00
	T4R1	35	40	40	38,33
	T1R1	10	30	30	23,33
	T10R3	40	40	40	40,00
	T4R3	20	25	30	25,00
	T1R3	20	20	20	20,00
	T7R3	50	45	40	45,00

Datos de humedad grupo 2

	Fecha	2-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 2	T2R2	10	15	15	13,33
	T5R2	20	20	30	23,33
	T8R2	20	10	20	16,67
	T11R2	40	20	35	31,67
	T8R1	30	30	40	33,33

	T11R1	25	20	65	36,67
	T5R1	40	30	20	30,00
	T2R1	20	20	10	16,67
	T11R3	40	40	80	53,33
	T8R3	40	30	40	36,67
	T2R3	10	20	10	13,33
	T5R3	20	20	40	26,67

Datos de humedad grupo 3

	Fecha	2-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 3	T3R2	10	15	10	11,67
	T6R2	30	45	45	40,00
	T9R2	25	40	30	31,67
	T12R2	20	35	30	28,33
	T3R1	20	10	10	13,33
	T6R1	35	30	20	28,33
	T12R1	45	15	20	26,67
	T9R1	40	20	40	33,33
	T12R3	40	25	40	35,00
	T9R3	35	50	40	41,67
	T3R3	20	40	20	26,67
	T6R3	40	40	30	36,67

Anexo 3. Tablas de humedad: Tercera toma de datos

Datos humedad grupo 1

	Fecha	6-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 1	T7R2	25	35	10	23,33
	T10R2	20	35	40	31,67
	T4R2	25	20	20	21,67
	T1R2	20	20	10	16,67
	T7R1	30	35	40	35,00
	T10R1	35	20	45	33,33
	T4R1	30	40	35	35,00
	T1R1	20	30	30	26,67
	T10R3	40	30	25	31,67
	T4R3	15	15	20	16,67
	T1R3	25	10	10	15,00
	T7R3	40	40	25	35,00

Datos humedad grupo 2

	Fecha	6-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 2	T2R2	20	30	25	25,00
	T5R2	20	30	40	30,00

	T8R2	30	35	35	33,33
	T11R2	40	40	50	43,33
	T8R1	55	25	40	40,00
	T11R1	35	30	35	33,33
	T5R1	40	35	35	36,67
	T2R1	30	35	20	28,33
	T11R3	40	50	70	53,33
	T8R3	35	25	30	30,00
	T2R3	25	20	20	21,67
	T5R3	40	20	40	33,33

Datos humedad grupo 3

	Fecha	6-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 3	T3R2	10	10	10	10,00
	T6R2	20	35	25	26,67
	T9R2	20	40	30	30,00
	T12R2	30	35	40	35,00
	T3R1	20	10	10	13,33
	T6R1	25	20	20	21,67
	T12R1	45	15	15	25,00
	T9R1	20	15	35	23,33
	T12R3	20	15	20	18,33
	T9R3	20	35	20	25,00
	T3R3	10	10	10	10,00

	T6R3	20	35	30	28,33

Anexo 4. Tablas de humedad: Cuarta toma de datos.

Datos humedad grupo 1

	Fecha	14-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 1	T7R2	15	20	10	15,00
	T10R2	15	20	50	28,33
	T4R2	10	15	20	15,00
	T1R2	10	10	10	10,00
	T7R1	30	20	20	23,33
	T10R1	15	30	20	21,67
	T4R1	10	20	15	15,00
	T1R1	15	20	15	16,67
	T10R3	20	20	20	20,00
	T4R3	10	10	15	11,67
	T1R3	10	10	10	10,00
	T7R3	30	20	20	23,33

Datos humedad grupo 2

	Fecha	14-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 2	T2R2	10	10	10	10,00

	T5R2	10	10	10	10,00
	T8R2	30	20	20	23,33
	T11R2	40	20	10	23,33
	T8R1	40	10	20	23,33
	T11R1	15	10	35	20,00
	T5R1	10	20	20	16,67
	T2R1	10	10	20	13,33
	T11R3	15	15	15	15,00
	T8R3	10	10	10	10,00
	T2R3	10	10	10	10,00
	T5R3	20	15	15	16,67

Datos de humedad grupo 3

	Fecha	14-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 3	T3R2	10	10	10	10,00
	T6R2	15	20	20	18,33
	T9R2	15	20	30	21,67
	T12R2	30	50	30	36,67
	T3R1	10	10	10	10,00
	T6R1	20	20	10	16,67
	T12R1	30	10	15	18,33
	T9R1	30	10	30	23,33
	T12R3	30	20	30	26,67
	T9R3	10	30	20	20,00

	T3R3	10	15	10	11,67
	T6R3	20	30	15	21,67

Anexo 5. Tablas de humedad: Quinta toma de datos

	Fecha	22-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 1	T7R2	30	20	20	23,33
	T10R2	30	35	40	35,00
	T4R2	15	20	30	21,67
	T1R2	10	20	10	13,33
	T7R1	20	15	15	16,67
	T10R1	15	30	30	25,00
	T4R1	10	30	20	20,00
	T1R1	15	10	20	15,00
	T10R3	30	25	40	31,67
	T4R3	10	15	20	15,00
	T1R3	10	10	10	10,00
	T7R3	15	20	20	18,33

Datos de humedad grupo 2

	Fecha	22-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 2	T2R2	10	15	15	13,33
	T5R2	20	30	10	20,00
	T8R2	20	25	20	21,67
	T11R2	50	40	35	41,67

	T8R1	40	30	10	26,67
	T11R1	30	25	40	31,67
	T5R1	15	20	15	16,67
	T2R1	10	15	15	13,33
	T11R3	15	20	50	28,33
	T8R3	40	20	30	30,00
	T2R3	30	10	10	16,67
	T5R3	10	15	15	13,33

Datos de humedad grupo 3

	Fecha	22-dic			
	TRATAMIENTO	HUMEDAD (%)			HUMEDAD PROM. (%)
GRUPO 3	T3R2	20	15	15	16,67
	T6R2	30	45	35	36,67
	T9R2	15	50	40	35,00
	T12R2	50	50	40	46,67
	T3R1	15	20	15	16,67
	T6R1	35	25	25	28,33
	T12R1	30	40	30	33,33
	T9R1	30	25	25	26,67
	T12R3	50	30	30	36,67
	T9R3	15	45	40	33,33
	T3R3	15	25	20	20,00
	T6R3	25	10	10	15,00

Anexo 6. Análisis de la varianza de humedad

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
HUMEDAD %	216	0,34	0,30	6,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11072,34	13	851,72	8,08	<0,0001
BLOQUE	265,51	2	132,75	1,26	0,2859
DOSIS GRAMOS (FACTOR A)	8985,53	3	2995,18	28,43	<0,0001
Tiempo de Riego Dias (Fact..	1671,06	2	835,53	7,93	0,0005
DOSIS GRAMOS *Frecuencia de	150,23	6	25,04	0,24	0,9637
Error	21283,10	202	105,36		
Total	32355,44	215			

Anexo 7. Análisis de varianza del rendimiento

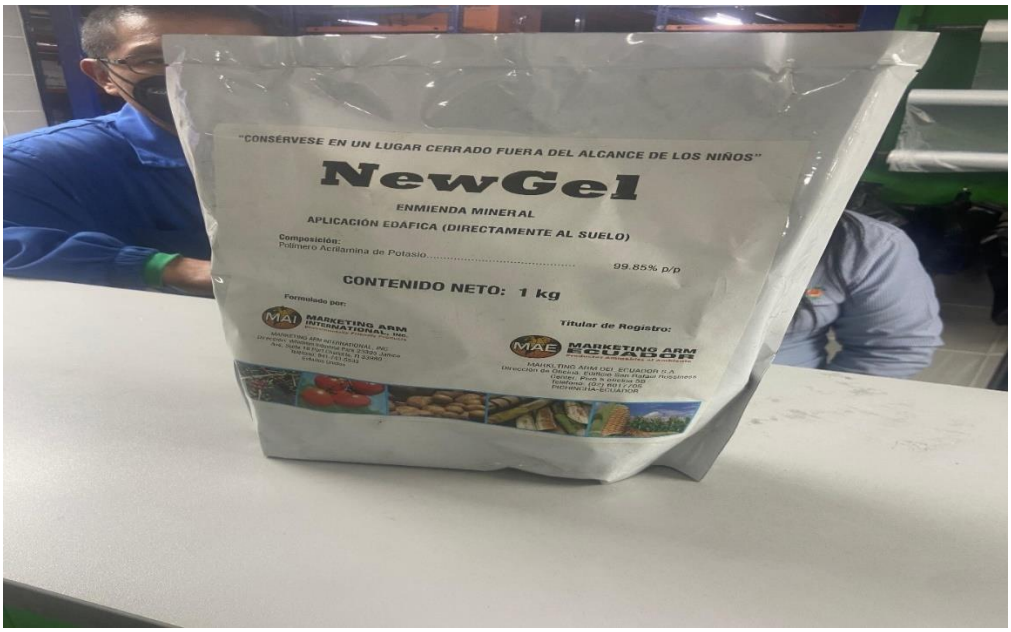
Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
PESOS RABANOS	108	0,36	0,27	6,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	551,73	13	42,44	4,03	<0,0001
BLOQUE	2,79	2	1,40	0,13	0,8761
DOSIS GRAMOS (FACTOR A)	297,28	3	99,09	9,40	<0,0001
Tiempo de Riego Días (Fact..	171,97	2	85,99	8,16	0,0005
DOSIS GRAMOS (FACTOR A)*Ti..	79,69	6	13,28	1,26	0,2835
Error	991,00	94	10,54		
Total	1542,74	107			

Anexo 8. Presentación del Poliacrilato de potasio



Anexo 9. Variedad de rábano usada



Anexo 10. Preparación del sustrato a utilizar



Anexo 11. Pesaje de las dosis de la dosis de hidrogel



Anexo 12. Etiquetado y empaquetado de dosis de hidrogel



Anexo 13. Implementación del hidrogel en las masetas



Anexo 14. Siembra de semillas de rábano



Anexo 15. Mediciones y monitoreos de las plantas



Anexo 16. Cosecha del rábano



Anexo 17. Pesaje del peso fresco del rábano

