

Diseño y construcción de un sistema de riego por goteo en un cultivo implementado en el ITIF (Instituto Técnico Industrial de Facatativá)

Design and Construction of an Irrigation System by Drip in a Crop Implemented at the ITIF (Instituto Técnico Industrial de Facatativá)

Alexa Nicolle Rodríguez Herrera ¹ 

Luisa Fernanda Mesa Díaz ² 

DOI: <https://doi.org/10.26495/rdeybp20>

Resumen

Este documento se centra en la incorporación de un método alternativo en la fase del riego y cuidado de las plantas, por lo que el suministro de agua representó un factor influyente en el desarrollo, el cuál al haber propuesto un sistema de riego por goteo se contribuyó a la sostenibilidad ambiental debido a la proporción del recurso hídrico de forma precisa a cada plántula sin generar desperdicios, tiempos muertos en el transcurso de las jornadas, en comparación de los métodos tradicionales. Este proceso se llevó a cabo en un terreno del (ITIF) Instituto Técnico Industrial de Facatativá, se realizó desde la preparación de la tierra hasta la implementación del proyecto, enfocado en el cultivo de brócoli; se creó un diseño CAD del sistema mediante el software de Solidworks para los análisis estáticos de las tuberías, por otro lado, se tomaron muestras de tierra para estudios de minerales en el suelo, asimismo se seleccionaron diversos materiales para construir el sistema. Culminadas estas fases se obtiene que el sistema de riego es funcional en la zona de cultivo, gracias a la distribución de las mangueras por goteo conectadas de forma paralela, reduce los tiempos del riego manual por regaderas que implica constante recolecta de agua, los niveles estudiados de PH, Fósforo, Nitrógeno y Potasio indican buenas condiciones en el suelo, por lo que se seguirán empleando métodos 100% orgánicos en la fase de pre y post germinación con la intervención del proyecto.

Palabras clave: Agricultura de precisión, cultivo, diseño por ordenador, optimización, riego.

¹ Fundación Universitaria Agraria de Colombia-Uniagraria, Facatativá-Cundinamarca, Colombia, Rodriguez.Alexa@uniagraria.edu.co

² Fundación Universitaria Agraria de Colombia-Uniagraria, Facatativá-Cundinamarca, Colombia, Mesa.Luisa@uniagraria.edu.co

Abstract

This document focuses on the incorporation of an alternative method in the irrigation and plant care phase, so the water supply represented an influential factor in the development, which by having proposed a drip irrigation system contributed to environmental sustainability due to the proportion of the water resource precisely to each seedling without generating waste, downtime during the days, compared to traditional methods. This process was carried out on land of the (ITIF) Industrial Technical Institute of Facatativá, it was carried out from the preparation of the land to the implementation of the project, focused on the cultivation of broccoli; A CAD design of the system was created using Solidworks software for static analyzes of the pipes, on the other hand, soil samples were taken for studies of minerals in the soil, and various materials were selected to build the system. Once these phases are completed, it is obtained that the irrigation system is functional in the growing area, thanks to the distribution of the drip hoses connected in parallel, it reduces the times of manual irrigation by watering cans that involves constant water collection, the levels studied. PH, Phosphorus, Nitrogen and Potassium indicate good soil conditions, so 100% organic methods will continue to be used in the pre- and post-germination phase with the intervention of the project. This technical document proposes the implementation of a drip irrigation system on land of the Facatativá Industrial Technical Institute (ITIF) intended for the cultivation of broccoli, in order to make more efficient use of water since with traditional methods Regarding irrigation, there is no exact control of the amount of the resource used for it, while the drip irrigation system does have a precise dosage for the requirements of each seedling, without resorting to disproportionate expenses, extra time and negative impacts. at an environmental level. In the process, CAD design software such as Solidworks is used to review the selection of materials for the construction of the proposed system, among other considerations.

Keywords: Precision agriculture, cultivation, computer design, optimization, irrigation.

1. INTRODUCCIÓN

Para empezar, se conoce como preparación de suelos a la manipulación física destinada a modificar las características que afectan la brotación de las semillas y el crecimiento de los cultivos, debido a que, estas influyen en las relaciones brote (mata) -suelo-agua-aire, cruciales para el desarrollo de las plantas (Inostroza et al, 2024).

Por lo tanto, sus objetivos son: mejorar la retención de agua, facilitar la absorción de nutrientes, el desarrollo de las raíces, aumentar la infiltración de agua de lluvia, y reducir la erosión del suelo, además, ayuda a controlar malezas y organismos perjudiciales, e incorpora fertilizantes y plaguicidas necesarios, estas operaciones mejoran las condiciones de la zona de arraigamiento, optimizando el almacenamiento de agua y oxígeno, y fomentando la actividad biológica del suelo, lo cual es crucial para la germinación de semillas y su correcto desarrollo (Martínez, 2015).

También cabe mencionar, que la conformación precisa del terreno mejora la gestión del agua y la absorción de nutrientes, resultando en mayores rendimientos de cultivo al aportar al suelo lo necesario en el momento adecuado. De la misma forma, al utilizar técnicas para la preparación del suelo ayuda a optimizar el uso de recursos y lidera la agricultura sostenible que mejora la salud del suelo y minimiza el impacto ambiental, promoviendo tanto el crecimiento de los cultivos como un futuro más saludable y sostenible (Redacción Topcon, 2024).

Siguiendo la misma línea, para una buena preparación de suelo, el compost juega un papel importante, ya que, es el resultado de la descomposición controlada de la materia orgánica bajo condiciones

específicas de temperatura, humedad y oxígeno, este proceso produce un material rico en nutrientes que puede usarse como abono o enmienda orgánica, ofreciendo numerosos beneficios al suelo y a los cultivos (CSR Laboratorio, 2022).

Por ello, es importante resaltar que para la preparación de terreno se tiene en cuenta el quitar malezas, agregar o usar materia orgánica, como abono para fertilizar el suelo, entre los siete principales beneficios del compost se encuentran la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, lo que se traduce en un mayor rendimiento agrícola, estos beneficios incluyen: mejorar la estructura del suelo, optimizar la nutrición de los cultivos, favorecer la respiración y crecimiento de las raíces, aumentar la retención de agua, mejorar la retención de nutrientes, incorporar microorganismos beneficiosos y reducir la erosión del suelo, contribuyendo al mantenimiento de los ecosistemas (Vitores, 2022).

Otro aspecto crucial en el proceso de cultivo es realizar análisis del suelo para determinar su composición fisicoquímica, ya que esto permite al productor agrícola tener un resultado de cómo se encuentran las condiciones del terreno, y así predecir su rendimiento, corregir y prevenir mediante estrategias ecológicas-orgánicas para mejorar el suelo (Chávez et al, 2023).

Ahora bien, en los análisis fisicoquímicos que se pueden realizar al suelo, se pueden observar indicadores de contenido como lo son: Nitrógeno(N), fósforo(P), potasio(K), lo cuales llegan a ser los más importante para el cultivo, de igual manera se pueden examinar el calcio (Ca), el azufre(S), el manganeso (Mg) y test de acidez (pH) (Cherlinka, 1970).

Por ejemplo, examinar el nitrógeno para las plantas es fundamental para el crecimiento, ya que este hace parte importante de la clorofila y permite a las plantas convertir la luz solar en energía a través de la fotosíntesis, ayudándole a tener un crecimiento adecuado (Domínguez, 2023).

Por consiguiente, el fósforo, desempeña un papel en la fotosíntesis y en el transporte de nutrientes dentro de la planta, siendo fundamental para el desarrollo de raíces, la potenciación de la floración y el cuajado de los frutos, sin una cantidad adecuada de fósforo, los campos no serán productivos ni rentables. La falta de fósforo en los cultivos puede manifestarse de diversas formas: las plantas no crecen adecuadamente, sus raíces no se desarrollan bien, presentan pocas hojas, la floración se retrasa y disminuye, y el cuajado de frutos es deficiente (Zuluaga, 2021).

El potasio es otro elemento crucial para la fotosíntesis, la respiración y la activación de enzimas, influyendo significativamente en el crecimiento y la calidad de frutas y hortalizas. Un buen sistema radicular en los cultivos permite una mejor absorción de agua y nutrientes, favoreciendo el desarrollo vegetal (Intagri, 2017).

Más aún, la tecnificación del riego para el cultivo es otro factor de vital importancia, ya que, al no tener un riego constante, el suelo cambia su composición, generando inconvenientes para el desarrollo de la productividad, debido a que, el riego es esencial para fomentar el crecimiento saludable de los cultivos, mejorar la estructura del suelo, optimizar la absorción de nutrientes, incrementar la producción y evitar el estrés hídrico. Por lo tanto, un riego adecuado resulta en cultivos más productivos y de mayor calidad, siendo fundamental para el éxito de cualquier actividad agropecuaria (Bomonsa, 2022). Además, la elección de un sistema de riego adecuado depende de varios factores, como el tipo de suelo, el tipo de cultivo, la cantidad de agua necesaria y los recursos económicos disponibles (Lozano, 2024).

Por ejemplo, en un contexto de creciente población mundial, su uso eficiente del agua es crucial, ya que reduce la evaporación y el escurrimiento, garantizando un crecimiento vegetal sostenible. Un

sistema de riego por goteo bien instalado puede reducir hasta en un 50% el consumo anual de agua en un jardín (Redacción Prakor, 2019).

El sistema de riego por goteo abastece de manera directa la tierra, ya sea de manera superficial o enterrada cerca de las raíces, esto permite que el agua llegue de manera efectiva al sistema radicular, distribuyéndose por toda la planta (Carrillo, 2023).

Este sistema tecnificado suministra agua en forma de gotas directamente a la zona radicular de cada planta a través de pequeños goteros, proporcionando la cantidad adecuada en el momento preciso. Esto garantiza que cada planta reciba lo necesario para su desarrollo óptimo. Además, el riego por goteo permite a los productores mejorar los rendimientos, ahorrar agua, fertilizantes, energía y agroquímicos (Grupo Hidráulica, 2023).

Además, estos son ecológicos, rentables y promueven plantas más saludables y con mayor tasa de éxito. Ofrecen importantes beneficios como el ahorro de agua, ya que suministran el líquido directamente a las raíces, minimizando escurrimientos y evaporación. Con un temporizador, estos sistemas optimizan la irrigación en la zona de raíces, reduciendo costos. Además, son muy versátiles y se adaptan a cualquier paisaje, desde jardines en contenedores hasta filas de cultivos y balcones, evolucionando conforme cambian las necesidades de jardinería (Regaber S.A., 2024).

Para la implementación y construcción de este sistema de riego por goteo, se trabajó con plántulas de brócoli. El brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), originario del Mediterráneo y especialmente de Italia, es una verdura de la familia Brassicaceae, conocida por su alto valor nutricional, incluyendo vitaminas C, K, A y ácido fólico, además de minerales como potasio, hierro y calcio, fibra y antioxidantes como el sulforafano (Zamora, 2016).

Es apto para climas frescos (18°C-24°C), suelos bien drenados y ricos en materia orgánica con un pH entre 6.0 y 7.0, y requiere riego regular. Las semillas germinan en 5-10 días y las plántulas se trasplantan después de 6-8 semanas. Es susceptible a plagas como pulgones y gusanos de la col, y enfermedades como la pudrición de la raíz (Probelte, 2023).

El brócoli es exigente en nutrientes, necesitando fertilización adecuada con nitrógeno, fósforo y potasio, así como micronutrientes como calcio y magnesio. La preparación del suelo debe incluir labrado y la adición de compost o estiércol bien descompuesto. Las plantas deben espaciarse a 45-60 cm para permitir un buen desarrollo y circulación de aire (Gestiriego, 2023).

2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

Para esta sección se diseñó un diagrama de bloques en la Figura. 1 para sintetizar los pasos hechos en el proceso:

Como se mencionó anteriormente el terreno en que se trabajó pertenece a una institución educativa del municipio de Facatativá, Cundinamarca, una vez obtenidos los permisos para la intervención de la propuesta se realizaron varias visitas a este espacio para poder tener las medidas, analizar las condiciones del lugar y poder ubicar la zona más cercana de donde dirigir el recurso hídrico; la parcela se encuentra cerca a un área de lavabos para estudiantes, lo que facilitó el diseño de la obra a realizar puesto que los tanques de almacenamiento de agua estaban a muy pocos metros del área de interés, así pues, se tomaron en cuenta estas condiciones para el diseño general, dando paso a la siguiente fase. La selección de materiales para la construcción del sistema se encuentra identificada en la Tabla 1, incluye

la identificación de las plántulas que en este caso son de brócoli, además de un kit para hacer estudios de minerales previo a la cosecha.

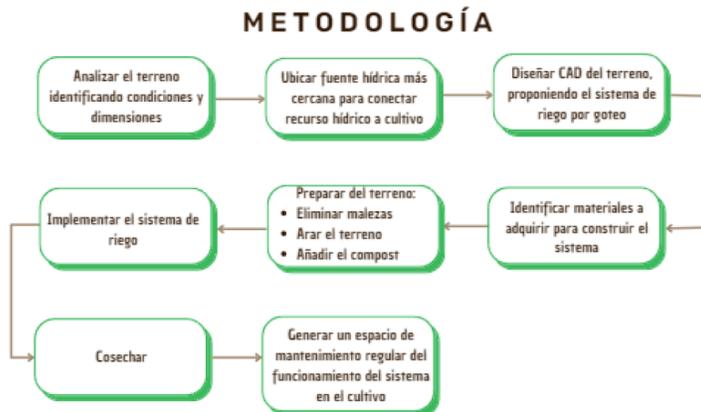


Figura 1. Diagrama de bloques de metodología.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Materiales para sistema de riego.

N	Fotografía	Nombre	Especificación
1		Kit De Prueba De Suelo Solución Líquida Ph Nitrógeno Fósforo	Este kit de análisis de suelos es una herramienta integral y fácil de usar que ofrece lecturas en tiempo real de los niveles de nutrientes clave, como nitrógeno, fósforo y potasio, eliminando la necesidad de enviar muestras para su evaluación. Su diseño universal y su portabilidad lo hacen ideal para una variedad de aplicaciones, desde la jardinería hasta la agricultura, ayudando a identificar los fertilizantes adecuados para mejorar la calidad del suelo y promover un crecimiento saludable de plantas. (Yueyimallco, 2024)
2		Pegante PVC. Limpiador PVC	Pavco Wavin ofrece una gama de productos especializados, como Limpiador Removedor, Soldamax en diferentes variantes de color para PVC, y una soldadura CPVC diseñada específicamente para unir tuberías destinadas al transporte de agua caliente o fría y demás fluidos. (Rojó Ferreterías, 2024)
3		Tanque de agua	Un tanque de agua es un contenedor diseñado para almacenar agua para diversos usos, incluyendo el suministro de agua potable, riego agrícola y extinción de incendios, pueden ser de diferentes materiales, como plástico, acero, hormigón y fibra de vidrio, y su capacidad varía desde unos pocos cientos hasta millones de litros, tienen dos funciones principales: almacenar suficiente agua para satisfacer la demanda de una población y regular la presión adecuada en el sistema de distribución, garantizando un servicio eficiente. (Tanques de almacenamiento, 2024)
4		Codos de PVC	Los Tubosistemas PVC Presión PAVCO están diseñados para transportar agua potable bajo presión, asegurando la calidad del agua gracias a su certificación según la norma ANSI/NSF 61:02. (Homecenter, 2024)

- | | | | |
|----|---|--|--|
| 5 |  | T de PVC | La te es una conexión diseñada para unir tuberías del mismo material, con una tercera salida central que forma un ángulo de 90°. Esta conexión permite el desalojo por gravedad de agua, aguas residuales domésticas o industriales, aguas pluviales y es útil en sistemas de ventilación. (HM.SUPPLY, 2024) |
| 6 |  | Llave de registro | El propósito principal de esta llave o válvula es permitir abrir o cerrar el flujo de agua sin tener que ingresar al inmueble. Es operada por la compañía suministradora y, generalmente, se acciona con una herramienta mecánica conocida como llave fija. (Diccionario de la Construcción, 2024) |
| 7 |  | Abrazaderas metálicas | La abrazadera metálica es una banda perforada y circular equipada con un tornillo de fijación que asegura y mantiene firmes las conexiones entre dispositivos. Disponible en una amplia variedad de diámetros que se ajustan a tubos, extractores y reducciones, esta brida de metal es extremadamente resistente y fiable. (El Cultivar, 2024) |
| 8 |  | Teflón | El teflón, o PTFE, es un termoplástico que se puede moldear mediante técnicas de conformación polimérica como la extrusión, inyección y moldeo rotativo, aunque su alta viscosidad dificulta su procesamiento en comparación con otros termoplásticos. (Tecnimacor, 2019) |
| 9 |  | Manguera de riego | La manguera microtubo de es ideal para instalar sistemas de riego por goteo y mini aspersión. Es perfecta para optimizar proyectos de riego en sistemas tanto pequeños como grandes, gracias a su flexibilidad y facilidad de conexión a las mangueras principales mediante accesorios específicos como tees, codos, uniones, cruces, conectores de rosca a estría y mini válvulas de paso. (Sistemas e Irrigaciones, 2022) |
| 10 |  | Adaptadores de bronce hembra - macho | Un adaptador de bronce hembra para manguera de 1/2 pulgada es un accesorio utilizado en sistemas de plomería y riego para conectar una manguera de jardín a una tubería u otro dispositivo. Este tipo de adaptador tiene una rosca interna (hembra) en un extremo que permite su conexión a una tubería o accesorio con rosca externa (macho) de 1/2 pulgada. El otro extremo está diseñado para conectarse a una manguera de jardín. (PVC Del Caribe, 2021) |
| 11 |  | Adaptadores de pvc para adaptadores de bronce | Los adaptadores de PVC para adaptadores de bronce son componentes esenciales en sistemas de plomería y tuberías, permitiendo la conexión entre tuberías de diferentes materiales. Estos adaptadores están diseñados para unir tuberías de PVC con accesorios de bronce, garantizando una transición segura y eficiente entre ambos materiales. Aquí se detalla información relevante sobre estos adaptadores. (G-Plast, 2018) |

12



Tubo pvc 1/2

Tuberías y curvas de PVC rígido (Poli(cloruro de vinilo) rígido) se utilizan para alojar y proteger conductores eléctricos y cableado telefónico, garantizando su integridad y seguridad en diversas aplicaciones. Estos tubos ofrecen resistencia a la corrosión, durabilidad y facilidad de instalación, siendo una opción confiable para sistemas eléctricos y de comunicación en construcciones residenciales, comerciales e industriales. (Gerfor, 2024)

13



Plántulas de brócoli

La plántula de brócoli es la fase joven del brócoli que se desarrolla a partir de la semilla y requiere cuidados específicos para asegurar un crecimiento saludable. Las plántulas emergen con cotiledones (hojas iniciales) y pronto desarrollan sus primeras hojas verdaderas, características del brócoli. Como cultivo de estación fría, prosperan en climas más frescos y generalmente se siembran en primavera o finales del verano. (Agriplant De Colombia, 2022)

Fuente: elaboración propia.

Para iniciar con la fase de implementación fue necesario preparar el terreno, cabe mencionar que se dejó un tiempo prudencial entre el último cultivo y la nueva temporada de cosecha para dar paso a esta fase, y proceder con la rotación de cultivos, por lo que se destinaron fechas para comenzar con la eliminación de malezas y arar la tierra, se muestran algunas evidencias fotográficas del proceso: En la fase de eliminación de maleza se destinaron un total de cuatro horas aproximadamente para llevar a cabo este proceso, debido a las condiciones climáticas de la zona ya que se presentaron periodos de lluvias continuas, cada una de las estudiantes realizaron esta actividad en el área de cultivo, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Proceso de extracción manual de maleza.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, en la Figura 3a. se encuentra el proceso realizado una vez culminado el control de malezas, donde se procedió a arar la tierra con azadones para romper la compactación del suelo, mejorando la absorción de agua, la circulación del aire y poder dar paso a la actividad biológica al momento de incorporar materias orgánicas como el compost. Mientras que en la Figura 3b se encuentra la fotografía del terreno arado por completo, el desarrollo de la actividad tuvo una duración de dos horas aproximadamente.

Figura 3. Preparación del terreno



3a. Proceso de arado de la tierra.

Fuente: elaboración propia.



3b. Terreno arado.

Fuente: elaboración propia.

Un factor a resaltar en este proceso es que NO se utilizan fertilizantes de origen industrial con químicos adheridos, por lo que se emplean métodos orgánicos y 100% naturales. En la Figura 4. se muestra la mezcla de un compost adquirido, producto de una zona agroindustrial de un colegio ubicado en la vereda “Los Manzanos”, la materia se compone de desechos orgánicos de animales, además de la interacción con lombricultura, esto se integró con el compost pre-existente en la zona de recepción de materias orgánicas de la institución educativa, este compost se agregó posteriormente al cultivo para que se integrara con la tierra, adquiriendo los nutrientes.



Figura 4. Integración de compost para el campo.

Fuente: elaboración propia.

Las pruebas de minerales se realizaron tomando el kit de soluciones para suelo, que contenía varias muestras para diluir, se realizaron 4 pruebas preliminares como lo son PH, Fósforo, Nitrógeno y Potasio, para ello se tomaron muestras de 3gr de tierra al momento de haber arado el suelo, seguidamente se mezclaron en 10 ml de agua potable y fueron agitadas en probetas separadas; las disoluciones del kit se utilizaron al mezclarlas con el contenido de las probetas de ensayo, como se muestra a continuación.

Figura 5. Pruebas de minerales del suelo.



5a. Pruebas de disoluciones.
Fuente: elaboración propia.

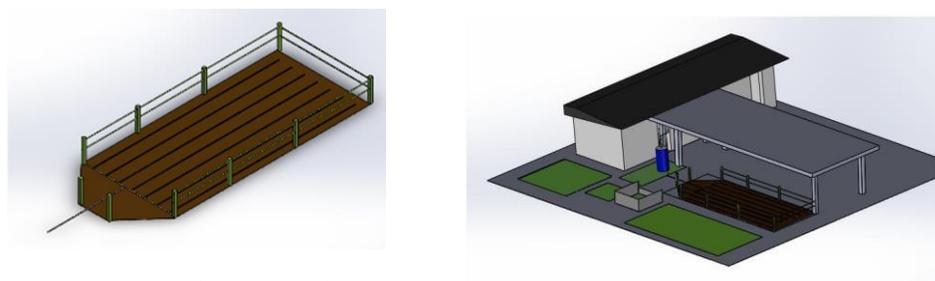
5b. Fotografía de las cuatro muestras tomadas.
Fuente: elaboración propia.

3. RESULTADOS

- Diseño y análisis asistido por computador.

En esta fase se creó el diseño CAD con el software de solidworks, la tabla consta del diseño de sistema de riego implementado en la parcela seleccionada, y en el otro apartado se encuentra el ensamblaje conjunto con las demás huertas de la zona, contenidos en la figura 6.

Figura 6. Diseño CAD en Solidworks.

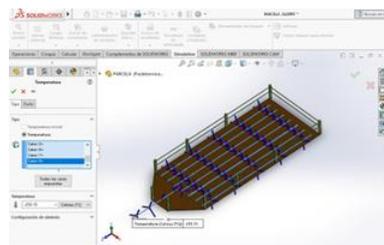


6a. Diseño de sistema de riego en cultivo.
Fuente propia.

6b. Diseño de zona de huertas e implementación de sistema.
Fuente propia.

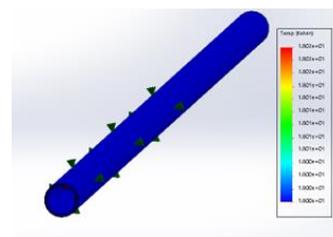
Se realizó el análisis de térmico al sistema de riego implementado, teniendo en cuenta el modelo CAD realizado previamente, en la siguiente imagen se tiene la simulación de las mangueras a nivel estructural, en el apartado b se hizo un análisis específico sobre una de las mangueras, el cuál genera una visualización de la exposición a la que se encuentra, a la temperatura ambiente de la zona.

Figura 7. Análisis térmicos en Solidworks.



7a. Simulación térmica de sistema conjunto.

Fuente: elaboración propia.



7b. Simulación térmica puntual.

Fuente: elaboración propia.

- Análisis de minerales de la tierra

Los resultados de las pruebas de nutrientes tomadas del suelo fueron los siguientes:

- PH: 7, encontrado en Figura 8a. el valor es neutro lo que ayuda a mantener ayuda a mantener los nutrientes del suelo para la absorción en las raíces de las plantas.
- Fósforo: 170 mg/L, encontrado en la Figura 8b. corresponde a un nivel alto, pero no excesivo, puede haber riesgo de lixiviación (pérdida por escurrimiento de aguas) si no es absorbido adecuadamente.
- Nitrógeno Amoniacal: 80 mg/L, encontrado en la Figura 8c. es un nivel alto, pero no excesivo, este nutriente ayuda a aumentar la capacidad fotosintética de las hojas y la producción de carbohidratos.
- Potasio: 300 mg/l, encontrado en la Fig 8d. el resultado se encuentra en los estándares establecidos como no nocivos, mejora la fortaleza en células vegetales y resistencia ante plagas.
- Instalación Hidráulica

Figura 8. Pruebas de nutrientes con indicador.



8a. Muestra de PH.

Fuente: elaboración propia.



8b. Muestra de Fósforo.

Fuente: elaboración propia.



8c. Muestra de Nitrógeno.

Fuente: elaboración propia.



8d. Muestra de Potasio.

Fuente: elaboración propia.

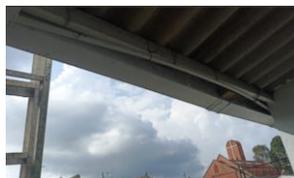
Se realizó una conexión en t con la que suministraban agua al baño de los estudiantes, de ahí se realizó la conexión con el tubo pvc 1/2", a un codo (4 metros de tubo pvc), donde se utilizó un tubo de 2.30 metros y posteriormente se realizó el proceso para el tubo de registro, en dirección al tanque donde se suministra el agua.

A continuación se adjuntan fotografías tomadas del procedimiento realizado desde la conexión para obtener el recurso hídrico hasta la fase de siembra, como se puede evidenciar en las figuras (9a y 9b), se apoyaron los tubos PVC a la pared aledaña de la zona de lavabos, en el tanque de la figura c se insertó la electrobomba para que al momento de que se llene el tanque, (en un lapso de quince minutos) se pueda conectar a la corriente alterna y que comience a generar el riego por los distintos canales de conexión directamente al cultivo. En las figuras d y e se muestra la obra civil realizada para conectar el tubo bajo suelo, para lo cuál se realizó una abertura en el piso para acoplar las conexiones, además se realizó la fase de plantación en los siete surcos realizados.

Figura 9. Fases de instalación hidráulica.



9a. Conexión de T para el suministro de agua.
Fuente: elaboración propia.



9b. Conexión de salida del codo.
Fuente: elaboración propia.



9c. Conexión directa a tanque de recepción.
Fuente: elaboración propia.



9d. Obra civil para conexión de tubos entre tanque y cultivo.
Fuente: elaboración propia.



9e. Conexión tubo PVC con manguera de riego.
Fuente: elaboración propia.



9f. Fase de siembra de plántulas y sistema de riego instalado.
Fuente: elaboración propia.

Se adjunta una fotografía del cultivo de las plántulas de brócoli y el sistema de riego por goteo implementado:



Figura 10. Fotografía de sistema de riego implementado en cultivo.
Fuente: elaboración propia.

4. CONCLUSIONES

Se destaca la importancia de una adecuada preparación del suelo en la agricultura, al eliminar las malezas y arar la tierra, puesto que es necesario para que al momento de iniciar a cultivar las plántulas, las condiciones del suelo sean óptimas, al oxigenar el suelo, rompiendo la barrera formada además, al incorporar el compostaje en el terreno se contribuye en la absorción de nutrientes que el suelo necesita, con ello las raíces podrán germinar, facilitando la retención de agua en la fase de cosecha.

El riego por goteo representa una solución avanzada y eficaz para la irrigación agrícola, ofreciendo una combinación de eficiencia en el uso del agua y sostenibilidad ambiental, aunque requiere de ciertos retos en términos de costos iniciales y mantenimiento, sus beneficios a largo plazo lo convierten en una opción altamente recomendable para una agricultura moderna y sostenible. debido a que contribuye a optimizar el uso del agua en la agricultura, de forma que proporciona una irrigación precisa y directa en las plantas, evita la pérdida de agua, reduciendo así el consumo total de agua en comparación con otros métodos de riego convencionales.

La implementación del sistema de riego fue exitosa, quedando el sistema totalmente funcional en la zona de cultivo, gracias a la distribución de las mangueras de goteo conectadas en paralelo, que redujo los tiempos de riego manual, con el mecanismo instalado solo se necesitan de dos (2 horas): (15 min) para que la caneca de almacenamiento se llene totalmente, y un lapso de (1h, 45 min) para que se lleve a cabo el riego por goteo, así que solo es necesario que un usuario active el sistema, sin la intervención de dos o más personas para regar manualmente, como se hacía anteriormente.

Las pruebas de nutrientes tomadas directamente del suelo mostraron un pH neutro, de igual manera se indican niveles altos pero no excesivos de fósforo y nitrógeno, así como los niveles de potasio que están dentro de los estándares. Estos resultados indican buenas condiciones del suelo, gracias a las buenas prácticas agrícolas utilizadas, teniendo en cuenta que en el terreno solo se han implementado técnicas orgánicas, evitando los pesticidas y químicos, se proyecta a futuro continuar con estas metodologías posterior a la germinación con la intervención del proyecto.

5. REFERENCIAS

Inostroza, J. et al. (2024). Preparación del suelo. biblioteca.inia.cl. Obtenido de: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7275/NR36478.pdf?sequence=8#:~:text=La%20C2%ABpreparaci%C3%B3n%20de%20suelos%20es,etapas%20de%20crecimiento%20del%20cultivo.>

Martínez, S. (2015). Conjunto Tecnológico para la Producción de Sandía-2015. Obtenido de: <https://www.upr.edu/eea/wp-content/uploads/sites/17/2016/09/4.SANDIA-SUELO-Y-PREPARACION-DEL-TERRENO-version2015.internet.pdf>

Redacción Topcon. (2024). Preparación del suelo. Topcon. Obtenido de: <https://www.topconpositioning.com/latam/solutions/agriculture/soil-preparation>

CSR Laboratorio. (2022). Qué es un Buen Compost y Cómo Aplicarlo. CSR Laboratorio. Obtenido de: <https://csrlaboratorio.es/laboratorio/agricultura/fertilizantes-y-abonos/que-es-un-buen-compost-y-como-aplicarlo/>

Vitores, A. (2022). 7 ventajas del compost para tus cultivos. Sembralia. Obtenido de: <https://sembralia.com/blogs/blog/7-beneficios-compost>

Chávez et al. (2023). Análisis físico - químicos y microbiológicos del suelo. gob.mx. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de: <https://www.gob.mx/inifap/articulos/analisis-fisico-quimicos-y-microbiologicos-del-suelo?idiom=es>

Cherlinka, V. (1970). Análisis de suelo: muestreo y lectura del resultado. EOS Data Analytics. Obtenido de: <https://eos.com/es/blog/analisis-de-suelo/>

Domínguez, L. (2023). El nitrógeno en la agricultura. CIMMYT. Obtenido de: <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>

Zuluaga, R. (2021). Todo lo que hay que saber del fósforo en los cultivos agrícolas. Zoberbac Agrocompany SL. Obtenido de: <https://zoberbac.com/todo-lo-que-hay-que-saber-del-fosforo-en-los-cultivos-agricolas/>

Intagri. (2017). Las Funciones del Potasio en la Nutrición Vegetal. Serie Nutrición Vegetal Núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4 p. Obtenido de: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal>

Bomonsa. (2022) La importancia del riego en los cultivo LinkedIn. Obtenido de: <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-del-riego-para-los-cultivos/>

Lozano, S. (2024). La importancia del riego y sus tipos. Mundoriego. Obtenido de: <https://mundoriego.es/la-importancia-del-riego-en-los-cultivos/>

Redacción Prakor. (2019). Beneficios de un sistema de riego por goteo. Prakor.com. Obtenido de: <https://prakor.com/beneficio-de-un-sistema-de-riego-por-goteo/>

Carrillo, E. (2023). ¿Qué es un sistema de riego por goteo y sus beneficios? - riego - blog. Riego - Blog. Obtenido de: <https://riego.com/blog/que-es-un-sistema-de-riego-por-goteo-y-sus-beneficios/>

Grupo Hidráulica. (2023). ¿Qué es un sistema de riego por goteo? Grupo Hidráulica. Obtenido de: <https://grupohidraulica.com/noticias/2022/09/23/sistema-de-riego-por-goteo/>

Regaber, S.A. (2024). Riego por goteo: la solución para una agricultura sostenible. Regaber. Obtenido de: <https://regaber.com/blog/riego-por-goteo-la-solucion-para-una-agricultura-sostenible/>

Zamora, E. (2016). El cultivo del brocoli. Universidad De Sonora. Obtenido de: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

Probelte. (2023). Sembrar brócoli: cultivo, cuidados y riego. Probelte España. Obtenido de: <https://probelte.com/es/noticias/sembrar-brocoli-cultivo-cuidados-y-riego/>

Gestiriego. (2023). Cultivos de Brócoli. Gestiriego. Obtenido de: <https://www.gestiriego.com/cultivos-brocoli/>

Yueyimallco. (2024). Kit de prueba de suelo solución líquida Ph nitrógeno fósforo Mercado Libre. Obtenido de: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-1078929374-kit-de-prueba-de-suelo-solucion-liquida-ph-nitrogeno-fosforo-_JM#position=6&search_layout=stack&type=item&tracking_id=07dc0c2c-8582-4cda-804e-65bd0d70430b

Rojo Ferreterías. (2024). Pegamento soldadura para todo tipo de tubos PVC PAVCO 1/128. MercadoLibre. Obtenido de: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-2007451010-pegamento-soldadura-para-todo-tipo-de-tubos-pvc-pavco-1128-_JM#position=14&search_layout=grid&type=item&tracking_id=2167e37e-0c50-4165-8ef4-5d873e9a9b49

Tanques de almacenamiento. (2024). SSWM - Find Tools for Sustainable Sanitation and Water Management. Obtenido de: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

Homecenter. (2024). Codo 90 x 1/2 Presión. Homecenter- Sodimac Corona. Obtenido de: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/04730/codo-90-x-1-2-presion/04730/>

HM.SUPPLY. (2024). Te PVC sanitaria normal. HM. Obtenido de: <https://www.hm.supply/products/tee-sencilla-pvc-sanitaria-cementar>.

Diccionario de la Construcción. (2024) Diccionario De La Construcción. Obtenido de: <https://www.diccionariodelaconstruccion.com/instalaciones-cerramientos-y-acabados/fontaneria-y-calefaccion/llave-de-registro>.

El Cultivar. (2024). Abrazadera metálica. El Cultivar - Horticultura Técnica. Obtenido de: <https://elcultivar.com/accesorios-de-ventilacion-y-extraccion/1549-abrazadera-metalica.html>.

Tecnimacor. (2019). ¿Qué es el teflón?. Tecnimacor. Obtenido de: <https://www.tecnimacor.es/que-es-el-teflon-2/>.

Sistemas e Irrigaciones. (2022). Manguera Microtubo Riego - Sistemas e Irrigaciones.. Obtenido de: <https://www.sistemaseirrigaciones.co/producto/manguera-microtubo-4-mm-para-riego-por-goteo-y-mini-aspersion-copia/>

PVC Del Caribe. (2021). Racor gas de bronce - Hembra. Implementos PVC Del Caribe. Obtenido de: <https://www.pvcdelcaribe.com/products/racor-en-bronce-hembra-1-2-para-gas>

G-Plast. (2018). Adaptador Macho 1 G-Plast. Obtenido de: <https://www.pvcdelcaribe.com/products/p703-adaptador-macho-1-g-plast-pvc-del-caribe>

Gerfor. (2024). *Ficha tecnica tubería*. Obtenido de: <https://bibliotecas.duoc.cl/documentos-academicos-y-presentaciones/redactar-objetivos-de-investigacion>

Agriplant De Colombia. (2022). Plántula de brócoli - Variedad de plántulas y plantas. Obtenido de: <https://agriplantdecolombia.co/plantula-de-brocoli/>