



El Primer Invernadero de **Alta Tecnología**
para el **Cultivo de Tomate** en Colombia y
sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo **4** Automatización del fertirriego



DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN
INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA
QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO
DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE
TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

Copyright:

© 2024 Sáenz Fety S.A.S.

Todos los derechos reservados.

Primera edición

Bogotá D.C., diciembre de 2024

Edición:

Hernán Javier Monroy

Director Técnico Hortalizas Sáenz Fety

Rodrigo Gil Castañeda

Profesor Asociado Universidad Nacional
de Colombia

Lady Diana Arias

Pasante universitario del Centro de Innovación y
Desarrollo (CID), Sáenz Fety - Universidad Nacional
de Colombia

Andrés Sáenz Merino

Director de Proyectos e Innovación Sáenz Fety

Carlos Méndez

Coordinador Centro de Innovación y Desarrollo (CID),
Sáenz Fety

Juan David Rosero

Ingeniero agrónomo del Centro de Innovación y
Desarrollo (CID), Sáenz Fety

Corrección de estilo:

Laura Alfonso Villamarín

Gestor de comunicaciones Sáenz Fety

Diseño y diagramación:

En Algún Lugar Estudio S.A.S.

Fotografías e imágenes:

Sáenz Fety

SÁENZ FETY S.A.S. | Tel: +57 (601) 674 0055

Cel: +57 311 516 9295 | info@saenzfety.com

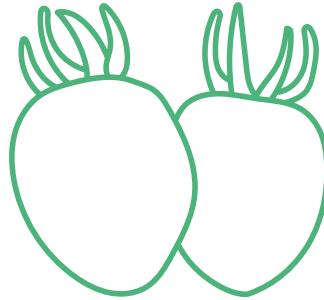
Oficina Principal:

Calle 127A # 7 – 19 Of. 401 - Bogotá D.C.

Centro Logístico:

Km 1.5 Vía Funza – Siberia, Parque Industrial San
Diego, Bodega C3, Funza, Cundinamarca.
Colombia, Sur América

*Queda prohibida la reproducción total o parcial
de este ejemplar por cualquier procedimiento
sin la autorización del titular de los derechos
patrimoniales.



DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

Esta publicación ha sido elaborada por el Departamento de Innovación, Investigación y Desarrollo de Sáenz Fety S.A.S. con el apoyo de la facultad de Ciencias Agrarias (sede Bogotá) de la Universidad Nacional de Colombia y el financiamiento del Ministerio de Ciencias Tecnología e Innovación de Colombia (Minciencias).

Autores:

Hernán Javier Monroy
Ingeniero Agrónomo
Director Técnico Hortalizas - Sáenz Fety

Rodrigo Gil Castañeda
Ingeniero Agrónomo
Profesor Asociado - Universidad Nacional de Colombia



2024

¿Quiénes somos?

Somos una empresa colombiana con más de 70 años de experiencia, dedicada a la importación y distribución de insumos para el sector agropecuario del país, dentro de los cuales se destacan semillas, productos para la nutrición animal, sustratos, entre otros.

¿Qué hacemos?

Sáenz Fety se dedica a proporcionar a ganaderos y agricultores las mejores alternativas en insumos de alta tecnología e innovación a través de nuestras tres líneas especializadas **Agro, Bio y Pecuaria**. Nuestro compromiso es brindarles herramientas avanzadas y eficientes que les permitan alcanzar un rendimiento óptimo en sus actividades agrícolas y pecuarias.

Propósito:

Aportar al sector agropecuario colombiano desde la innovación, el desarrollo y la transferencia de conocimiento, para empoderar a los productores a que sean más sostenibles económica, ambiental y socialmente.





Nuestro portafolio

	Semillas	Sustratos	Insumos
	Cultivo Profesional Baby Leaves Aromáticas Microgreens Huerta Casera Césped (Ornamental - Deportivo)	Cocos Turbas	Bandejas para germinación Macetas para hidroponía Macetas ornamentales
	Semillas para producción de forraje	Inoculantes para ensilaje	Nutrición Animal Lactoreemplazadores para:
	Clima Cálido Clima Frío Maíces Sorgos	MAGNIVA	Terneras Lechones Potros
	Coberturas	Trampas cromáticas para plagas	
	Agribon® Pinturas para invernaderos	Monitoreo Trampeo masivo	

¡Escanea para descubrir toda la información que tenemos para ti!
Conoce nuestro portafolio, sus recomendaciones de uso y contacta a nuestro asesor técnico de tu zona:



¿Qué hacemos en nuestras líneas especializadas?

▶ AGRO

- Identificar las mejores variedades de semillas para las condiciones colombianas.
- Aprender el manejo óptimo de cada material.
- Transferir el conocimiento adquirido al productor.

▶ PECUARIA

- Encontrar materiales que aumenten la productividad de la ganadería de carne y leche.
- Fomentar la productividad ganadera disminuyendo la deforestación.
- Incrementar la sostenibilidad del sector ganadero colombiano.

▶ BIO

- Innovar en alternativas de control biológico de plagas y enfermedades.
- Promover la inocuidad de la producción agropecuaria.
- Aportar al desarrollo sostenible de los agro-ecosistemas.

▶ CENTRO DE INNOVACIÓN Y DESARROLLO - CID

- Adaptar modelos de producción a partir de la investigación.
- Transferir el conocimiento adquirido a agricultores y ganaderos para mejorar sus estándares de producción.
- Ser pioneros en el uso e implementación de agro-tecnologías.

El Centro de Innovación y Desarrollo (CID) - Sáenz Fety

En el Centro de Innovación y Desarrollo (CID), nos dedicamos a impulsar el éxito económico de los productores a través de la investigación y desarrollo de técnicas innovadoras para el uso y manejo de semillas forrajeras, hortalizas e insumos agropecuarios.



Nuestro objetivo es encontrar soluciones que se adapten a las necesidades de los productores, ofreciendo insumos de alta calidad y maximizando el rendimiento de los cultivos.

Aportar al sector agropecuario colombiano desde la innovación, el desarrollo y la transferencia de conocimiento, para empoderar a los productores a que sean más sostenibles económica, ambiental y socialmente.

Un espacio creado para la investigación de la adaptabilidad, uso y manejo de semillas y cultivos de forrajes, hortalizas e insumos agropecuarios; con el fin de garantizar la calidad de nuestros productos a los clientes y el éxito en su actividad económica.

Transferir conocimiento de generación en generación es la única manera de especializar y modernizar el sector agropecuario en Colombia.

Por ello, en el Centro de Desarrollo e Innovación tenemos los siguientes pilares:



Catálogo vivo.



Investigación y desarrollo.



Centro de transferencia de conocimiento.

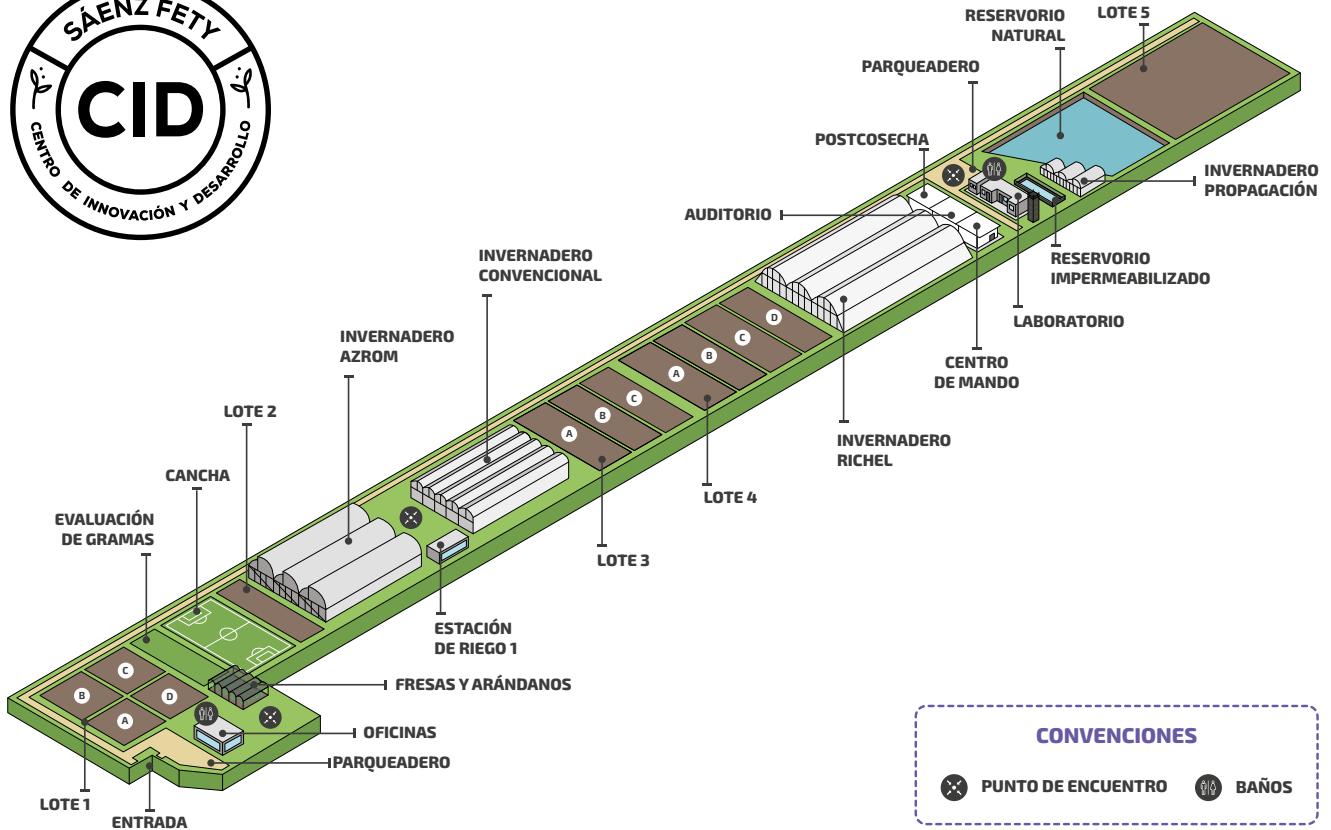


Mix experiencia agropecuaria en Colombia.

Información General del CID

- **Ubicación:** Funza, Cundinamarca.
- **Temperatura media:** 14°C
- **Altitud:** 2,550 m.s.n.m.
- **7 Hectáreas** de Investigación.
- **+500** variedades de hortalizas y forrajes de clima frío.
- **Tipo de suelo:** Franco Limoso.
- **Pluviosidad:** 800 mm/año.

Mapa Instalaciones





Sobre los autores

Hernán Javier Monroy



Hernán Monroy es **Ingeniero Agrónomo** de la Universidad Nacional de Colombia, con **18 años de experiencia en el área técnica y de innovación y desarrollo** del sector hortícola. Posee amplios conocimientos en el desarrollo técnico e introducción comercial de nuevos productos de frutas y hortalizas en el mercado colombiano.

Cuenta con una destacada trayectoria en la asesoría técnica de cultivos, entre los que se incluyen tomate, pimentón, lechuga, zanahoria, cebolla, melón y papaya, entre otros. Asimismo, tiene experiencia en el manejo de sistemas hidropónicos y conocimientos especializados en la automatización, control climático y fertirriego en invernaderos.

Rodrigo Gil Castañeda



Rodrigo Gil Castañeda es **Ingeniero Agrónomo y Magíster en Geomática** de la Universidad Nacional de Colombia. Obtuvo el título de **Doctor en Ingeniería de Biociencias** en la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica. Cuenta con más de **17 años de experiencia en el sector hortícola**, destacándose en los campos de la investigación y la docencia.

Como docente universitario, ha impartido cursos sobre nutrición vegetal, cultivos bajo invernadero y sistemas de producción hidropónicos. En su faceta como investigador, se ha enfocado en evaluar el impacto de nuevas tecnologías aplicadas al sector agrícola, con especial atención al uso de ambientes protegidos para la producción hortícola. Además, ha trabajado en el desarrollo de modelos que representan fenómenos como la transpiración, el crecimiento vegetal y el movimiento del agua en el suelo, analizando cómo estos afectan procesos relevantes, como la contaminación por nitratos en aguas subterráneas.

Recientemente, se integró como profesor de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, donde lidera el área de producción de hortalizas.

Contenido





DISEÑO, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INVERNADERO INNOVADOR DE ALTA TECNOLOGÍA QUE APALANCARÁ E IMPULSARÁ EL MEJORAMIENTO DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE CULTIVO DE TOMATE EN EL SECTOR AGRÍCOLA COLOMBIANO.

El Primer Invernadero de Alta Tecnología para el Cultivo de Tomate en Colombia y sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo 1

- **El invernadero**

Módulo 2

- **Control climático**

Módulo 3

- **Cultivo en sistema hidropónico en sustrato**

Módulo 4

- **Automatización del fertirriego**

Módulo 5

- **Sanidad del cultivo**

Módulo 6

- **Producción y calidad**



Introducción

El consumo de hortalizas ha aumentado significativamente en los últimos años debido a la creciente tendencia mundial hacia una alimentación balanceada, orientada a mejorar la salud y la calidad de vida. Este aumento en la demanda de hortalizas y frutas ha impulsado avances importantes en los campos genético y comercial. **Hoy en día, se desarrollan cultivares con mayor productividad, resistencia a problemas fitosanitarios y mejores características organolépticas**, ofreciendo tanto a productores como a consumidores una amplia variedad de opciones adaptadas a sus necesidades.

Para satisfacer esta creciente demanda, los sistemas de producción han evolucionado gracias al uso de tecnología avanzada. Esto ha permitido **optimizar los procesos, incrementar la eficiencia y proporcionar ventajas competitivas** que aseguran una mayor participación en el mercado.

El tomate, una de las hortalizas más consumidas a nivel mundial, destaca como un ejemplo clave. **En países como Estados Unidos y Países Bajos, donde los sistemas de producción son altamente tecnificados, se alcanzan rendimientos excepcionales de 80 - 100 kg/m² por año**, cumpliendo con altos estándares de calidad e inocuidad. En contraste, en países de Centroamérica, con niveles tecnológicos intermedios, los rendimientos oscilan entre 60 - 80 kg/m² por año. **En Colombia, la producción anual varía en un rango de 10 - 16 kg/m² debido al limitado uso de tecnología.**

Sáenz Fety, reconocido como un **líder en innovación hortícola en Colombia**, ha introducido durante más de treinta años cultivares mejorados de hortalizas. Estas iniciativas tienen como objetivo **ofrecer opciones innovadoras y de alto desempeño agronómico y comercial.**





El desarrollo de nuevos productos ha incluido tecnología avanzada y mejoras en los sistemas productivos, destacando que el éxito del cultivo depende en un 50% de la selección adecuada de la semilla o variedad, y en un 50% del ambiente y manejo.

En colaboración con la Facultad de Ciencias Agrarias (sede Bogotá) de la Universidad Nacional de Colombia y el financiamiento de Minciencias, mediante el proyecto **CNBT: 0463-913-93763**. Sáenz Fety construyó el **primer invernadero de alta tecnología para el cultivo de tomate en Colombia**. Este proyecto combina elementos de los sistemas holandés, francés e israelí, logrando **optimizar el uso de recursos, incrementar la producción y mejorar la calidad del producto**.

El objetivo general del proyecto es mejorar significativamente los procesos productivos de cultivo de tomate en el sector agrícola colombiano, por medio del diseño, desarrollo e implementación de un sistema de invernadero altamente innovador.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- 1 Diseñar el nuevo sistema de invernadero.
- 2 Desarrollar el nuevo sistema de invernadero.
- 3 Implementar el nuevo sistema de invernadero.
- 4 Validar por medio del primer ciclo productivo el nuevo sistema de invernadero.

Uno de los principales logros fue la **elaboración y sometimiento de un artículo científico** titulado ***Evaluation of novel agricultural techniques for enhancing crop production in high-elevation tropical Andean*** en la revista **Engineering in Agriculture, Environment and Food**. Este artículo explica de manera técnica y detallada las investigaciones realizadas y las comparaciones del uso de **baja, media y alta tecnología en la producción de tomate en Colombia**.

Adicionalmente, se sometió el resumen de un segundo artículo titulado ***Insights into Fertigation in Systems with Organic Substrates: Lessons Learned in the High Andean Tropics*** para ser candidato a presentación en el simposio ***GreenSys2025 - International Symposium on Advanced Technologies and Management for Sustainable Greenhouse Systems*** de la revista ***Acta Horticulturae***. Ambos sometimientos ocurrieron en el mes de diciembre de 2024.

Como complemento a estas producciones científicas, se presenta este compendio de publicaciones divulgativas, cuyo objetivo es resumir y facilitar la comprensión de dichos resultados. Este material, diseñado como una serie de documentos divulgativos denominados módulos, está **dirigido a agricultores, asistentes técnicos y profesionales del sector hortícola**. Su propósito es servir como una **guía práctica sobre los beneficios de implementar tecnología en cultivos bajo invernadero**, con un enfoque especial en la producción de tomate en Colombia.

Además, busca establecer un **punto de referencia** para horticultores interesados en adoptar este sistema productivo o en **integrar algunos de sus componentes** a sus sistemas actuales, promoviendo así el avance hacia prácticas más eficientes y sostenibles que contribuyan al **desarrollo tecnológico del sector agrícola** colombiano.





El Primer Invernadero de **Alta Tecnología para el Cultivo de Tomate en Colombia** y sus Consideraciones Generales de Manejo

Módulo 1

- **El invernadero**
-

Módulo 2

- **Control climático**
-

Módulo 3

- **Cultivo en sistema hidropónico en sustrato**
-

Módulo 4

- **Automatización del fertirriego**
-

Módulo 5

- **Sanidad del cultivo**
-

Módulo 6

- **Producción y calidad**

Los módulos de divulgación **se pueden encontrar digitalmente en:**



Módulo 4

Automatización del fertirriego

En un invernadero de producción de tomate de alta tecnología, se debe garantizar el adecuado suministro del agua; por lo cual es indispensable tener en cuenta la **calidad y el volumen** que se requiere para así implementar un sistema de riego óptimo.

Por ello, se debe como mínimo contar con suficiente agua, una **torre de aireación para oxidar el hierro**; un **reservorio impermeabilizado** seguido de una **batería de filtrado de arena**, para remover los sólidos en suspensión y, por último, una unidad de **filtros de anillos**, lo cual minimiza el riesgo de taponamiento de tubería principal, tubería secundaria, mangueras y goteros.

Adicionalmente, el sistema cuenta con un silo de almacenamiento de agua de 72 m³, lo cual garantiza al menos por 3 días el volumen requerido del invernadero a su máxima capacidad y en plena producción.



Reservorio natural.



Torre de aireación.



Reservorio Impermeabilizado.





Estación de filtrado.



Tanque de reserva.



Sistema de automatización.



Las condiciones y la calidad del agua del predio donde se ubica el invernadero (CID, Sáenz Fety) el sistema dispone de una unidad de inyección de hidróxido de potasio (KOH) para realizar una **corrección de pH inicial**, esto depende de la calidad del agua. Es altamente recomendable **realizar análisis de aguas** antes de empezar un proyecto de este estilo para tener datos y poder gestionar adecuadamente la nutrición de las plantas.



El suministro de agua es el corazón de este tipo de producciones, la cantidad y la calidad del agua son aspectos fundamentales para la implementación de sistemas productivos de alta tecnología.



La fertilización se llevó a cabo mediante la preparación de soluciones madre con una concentración 1:100; por lo que, para evitar la precipitación o incompatibilidad entre elementos, fue necesario el uso de dos tanques independientes de 1,000 litros y un tanque adicional de 150 litros para corrección de pH.

A continuación, se presenta la fórmula utilizada para el cultivo de tomate híbrido tipo **San Marzano Sir Elyan F1** en plena producción.

Fórmula de solución nutritiva para tomate híbrido San Marzano Sir Elyan F1.

mmol /L.							μmol/L.					
NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	NH ₄	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Fe
14.3	1.6	4.3	0.4	9.4	8.3	2.6	26.2	13.3	2.5	50	4.1	45.3
ppm												
NO ₃	H ₂ PO ₄	SO ₄	NH ₄	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	B	Mo	Fe
200	50	138	5.6	368	333	64	1.44	0.87	0.16	0.54	0.39	2.53

En la fórmula anterior se presentan los niveles máximos suministrados de cada nutriente para el cultivo de tomate híbrido tipo San Marzano. **Esta variedad es especialmente exigente en calcio** debido a su forma alargada, paredes más gruesas y mayor contenido de pulpa. Dependiendo de la tipología de tomate a producir o de especie a cultivar, se debe contar con un Ingeniero Agrónomo para la **formulación de la nutrición específica**.



Tomate Híbrido San Marzano Sir Elyan F1.

La preparación de la solución madre requiere de un análisis previo del agua, ya que su composición condiciona la selección de las fuentes de fertilización y determina la cantidad final de producto a utilizar. En este caso, el agua sin fertilizante presentaba una conductividad eléctrica (CE) de 1.37 mS/cm y un pH de 6.14. En la tabla a continuación se muestran las fuentes utilizadas, las cantidades requeridas y su distribución en los tanques madre, ajustadas a las necesidades del cultivo y teniendo en cuenta los aportes del agua en mención.

Fertilizantes usados y su distribución en tanques de 1,000 litros.

Tanque A	Tanque B
Nitrato de calcio 87 kg.	Nitrato de Potasio: 68.5 kg.
	Fosfato monopotásico: 9.6 kg.
	Sulfato de magnesio: 7.0 kg.
	Sulfato de cobre: 0.07 kg.
Fe (EDTA) 1.3 kg.	Boro: 0.27 kg.
	Molibdato de sodio: 0.11 kg.

Cada tanque de solución madre tiene asociado **un motor y un solenoide** que es activado por el software. Una vez el equipo entra en funcionamiento, **inyecta automáticamente la solución concentrada**, mezclándola con el agua; en donde dos sensores de conductividad eléctrica (CE) y dos de pH realizan mediciones de la solución nutritiva final **cada 4 segundos**; estos datos son enviados al sistema computarizado para ajustar los parámetros en tiempo real, garantizando **precisión en la entrega de nutrientes**.





La **solución nutritiva** es conducida hacia el invernadero mediante tubería de PVC para posteriormente distribuirse en cada línea de cultivo en **mangueras de ½ pulgada**. Se usaron goteros auto-compensados tipo botón, con caudal de 2 L/h. los cuales están conectados a una lanza mediante un microtubo de 4 mm. Cada planta cuenta con un gotero que garantiza el volumen de fertirriego programado en cada pulso.



El **suministro de agua y nutrientes** se realiza mediante un **sistema de fertirriego**, parametrizado para entregar un volumen de agua en función de la radiación acumulada durante el periodo del día. En otras palabras, **la automatización del riego está condicionada a la transpiración de las plantas, estimada de forma indirecta mediante sensores de radiación.**



Al realizar el fertirriego de forma automatizada, se garantiza que las plantas reciban la cantidad de agua y nutrientes necesarios en el momento ideal, maximizando el uso de los recursos.

Para definir la **estrategia de automatización del fertirriego**, en primer lugar, se analizó el clima local y luego se dividió el día en periodos. Los tres periodos establecidos fueron: **I.** 7:00 - 10:00 a.m., **II.** 10:00 a.m. - 2:00 p.m., y **III.** 2:00- 5:00 p.m.

Periodos climáticos representativos del clima local para la automatización del fertirriego.

Parámetro	Periodo I 7:00 – 10:00 a.m.	Periodo II 10:00 a.m. – 2:00 p.m.	Periodo III 2:00 – 5:00 p.m.
Temperatura externa promedio	14.5°C	18.3°C	17.3°C
Temperatura interna promedio	18.9°C	22°C	20.2°C
Radiación (Watt/m²)	374	544	240
Radiación (Joules/m²)	244	970	599

** Datos promedio CID, de enero de 2023 a octubre de 2024*

Una vez definidos los periodos, se deben **parametrizar los aspectos deseados** para que el equipo ejecute un pulso de riego. A continuación, se presenta una tabla con un ejemplo de la **estrategia utilizada en plantas adultas de tomate**, en donde el criterio prioritario para el riego es la acumulación de energía (Joules/m²).

Parámetros de fertirriego automatizado para una planta adulta de tomate en el CID ubicado en Funza, Cundinamarca.

Parámetro	Periodo I 7:00 – 10:00 a.m.	Periodo II 10:00 a.m. – 2:00 p.m.	Periodo III 2:00 – 5:00 p.m.
Joules/m²	150	80	150
Tiempo de espera (min)	90	45	120
Volumen (ml/planta)	100	80	100
CE (mS/cm)	2.8	2.6	2.8
pH	5.8	5.8	5.8



En el caso descrito, el sistema envía un **pulso de riego de 100 ml por planta** durante el **periodo I**, cuando se acumulan 150 Joules/m². **Si no se ha alcanzado la energía suficiente, el pulso se activa 90 minutos después del inicio del periodo**, es decir, a las 8:30 a.m.

En el **periodo II**, caracterizado por una **mayor luminosidad**, el equipo suministra 80 ml de riego por planta cada vez que se acumulan 80 Joules/m² o, en su defecto, cada 45 minutos si la acumulación de energía no es suficiente. Además, se realiza una leve disminución en la **conductividad eléctrica de entrada** para facilitar la absorción de agua por parte de las plantas.

El software permite ajustar estos parámetros según las necesidades de la estrategia, considerando el **estado fenológico**, así como el monitoreo de las **plantas y del sustrato**. Para garantizar que la estrategia aplicada sea adecuada, resulta imprescindible contar con una **estación de monitoreo de riego y drenaje**, la cual facilita la verificación y ajuste continuo de las condiciones del cultivo.



Estación de monitoreo de riego y drenaje.

El uso de la **canaleta como soporte para los slabs de coco** es muy adecuado, ya que permite una **eficiente recolección del drenaje**, el cual puede ser **reutilizado posteriormente**. Además, este sistema contribuye a una **mejor sanidad del cultivo y facilita la recirculación del aire**.

En la **estación de monitoreo**, se realiza un **registro diario** del volumen, la **conductividad eléctrica (CE)** y el **pH** de la solución nutritiva tanto de entrada (riego) como de salida (drenaje). Adicionalmente, se lleva a cabo un **análisis semanal** de la tendencia de estos datos, lo que permite realizar ajustes en los parámetros de volumen y concentración de la solución.



Canalera con plantas.



Canalera sin plantas.

El **volumen de riego** (entrada) está determinado por la **acumulación de energía** durante el día, mientras que el **volumen de drenaje** (salida) depende de la **estrategia de riego**, la cual varía según la **fase fenológica del cultivo**. Durante la fase vegetativa del tomate, el drenaje debe mantenerse en cero y solo iniciará cuando la planta forme su primer racimo. En este punto, el drenaje estimado será del **5% del volumen de riego**.

A medida que el cultivo avanza hacia la **cosecha**, con la formación de **7 - 8 racimos**, el volumen de drenaje aumenta progresivamente, alcanzando entre el **35 - 40% del volumen de riego diario**. En un **sistema cerrado de producción**, este drenaje, una vez sometido a un proceso de **desinfección** y con ajustes de **CE y pH**, puede ser recirculado, lo que representa un **significativo ahorro de agua y fertilizantes**, además de ser una práctica sostenible.

0%
De
drenaje



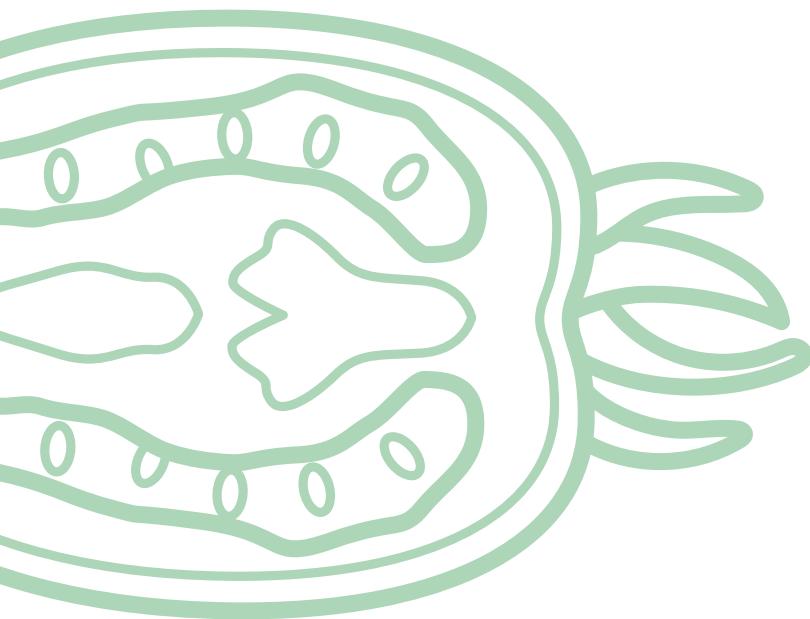


5%
De drenaje



35-40%
De drenaje





La **conductividad eléctrica (CE)** es un indicador clave de la **concentración de sales en la solución nutritiva**, ya que permite estimar la cantidad de fertilizante suministrado al cultivo y es una de las formas más prácticas para **parametrizar la automatización** del riego.

La **CE de entrada** está directamente condicionada por la **fenología del cultivo**, mientras que la **CE de salida** debe ser, en promedio, **una unidad mayor** debido a la acumulación de sales en el sustrato.

Ejemplo: Si el sistema está programado para regar con una **conductividad de 2.8 mS/cm**, la conductividad de salida en el sistema de monitoreo debe estar en **3.8 mS/cm \pm 5%**. Si estos valores se desvían de este rango, será necesario ajustar los **parámetros de riego**.



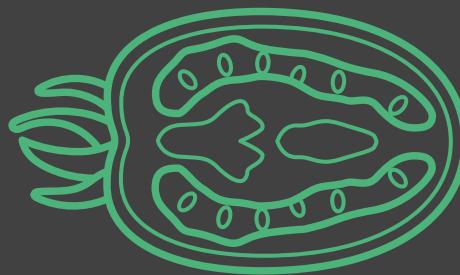
En cuanto al **pH**, tanto el de entrada como el de salida deben mantenerse en un rango de **5.8 - 6.0** para garantizar la **disponibilidad de nutrientes** en la rizosfera. La selección adecuada de las **fuentes de fertilización** es fundamental, ya que algunas, como el amonio (**NH₄**), tienden a **acidificar el medio** más que otras.



Rizosfera: Es la región del suelo o sustrato que **rodea inmediatamente las raíces de las plantas** y está directamente influenciada por ellas. Esta zona es de gran importancia ecológica y agronómica porque en ella ocurre una intensa **interacción entre las raíces, los microorganismos del suelo o sustrato** (como bacterias, hongos y protozoos) y **los nutrientes**.

El **monitoreo adecuado del riego y drenaje**, en conjunto con el análisis de las **condiciones climáticas del invernadero**, y la constante observación de las plantas, son criterios esenciales para definir la estrategia de automatización. Estos parámetros deben **ajustarse continuamente** para lograr las condiciones óptimas de cultivo en cada etapa fenológica.

De esta manera se evidencia la importancia de no solo contar con fuentes de agua, sino también un adecuado sistema de control y monitoreo en el invernadero. En el siguiente módulo se abordará el tema de la **sanidad del cultivo**.



Facultad de
**Ciencias
Agrarias**
· Sede Bogotá ·

Fecha de publicación: Diciembre de 2024

Encuentra **todos los módulos** de
divulgación digitalmente en:

