



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

Módulo **6** Producción y calidad



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

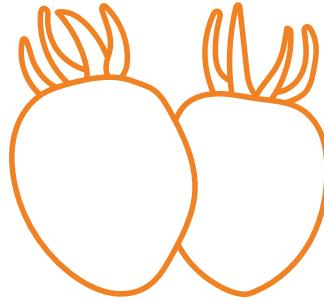
Oficina Principal:

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.

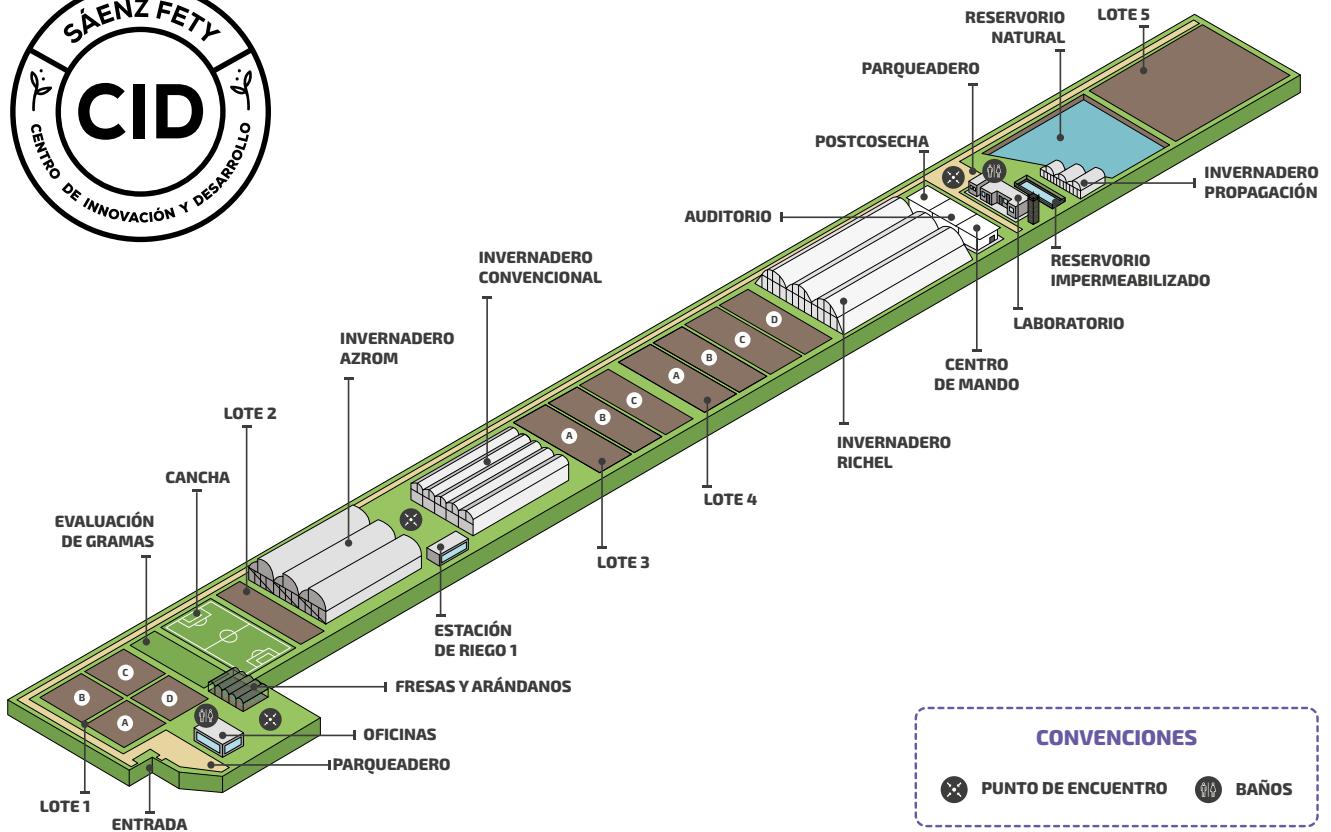


Mix experiencia agropecuaria en Colombia.

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

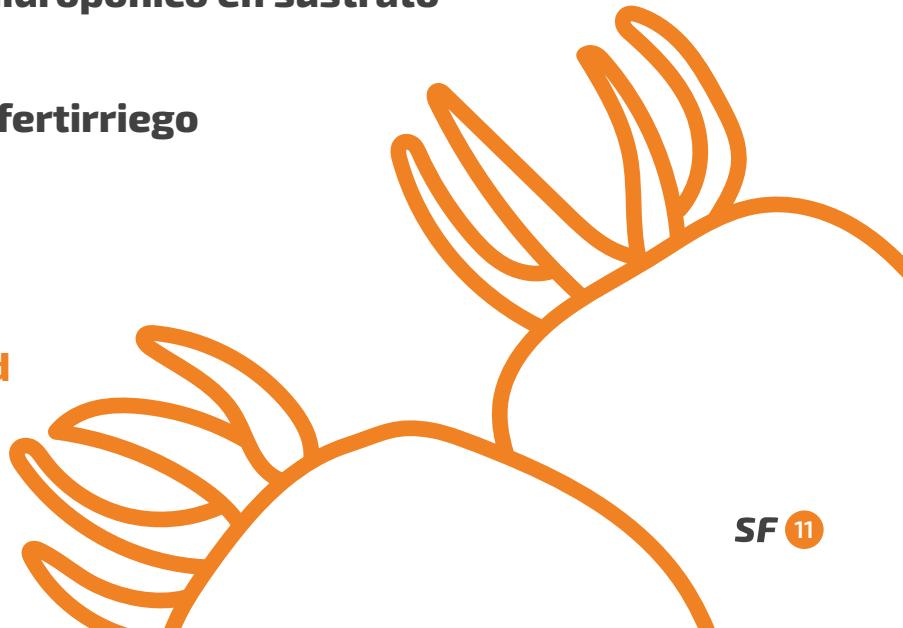
- **Automatización del fertirriego**

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:

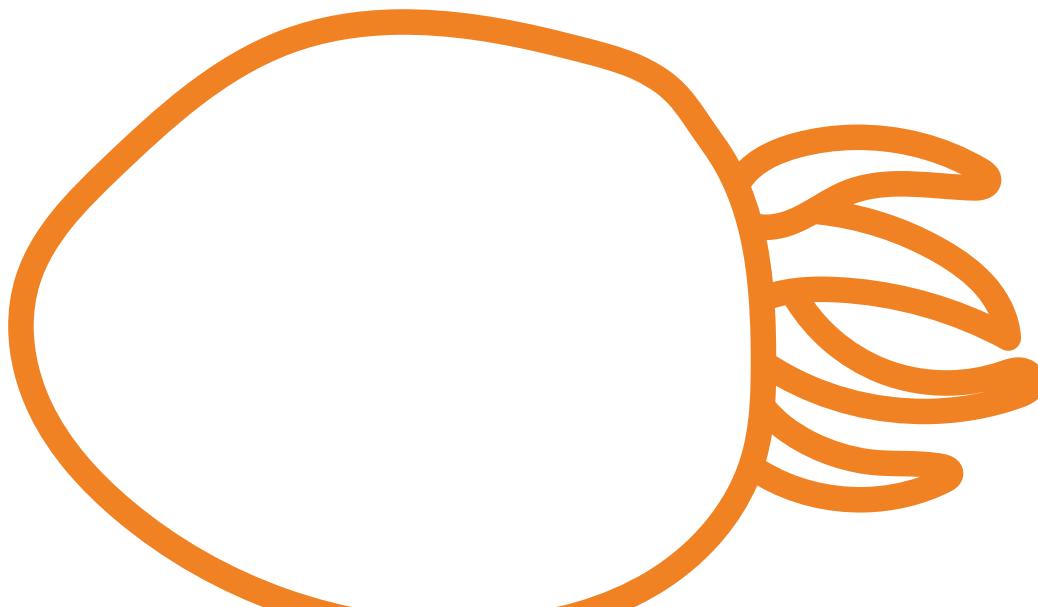
- 1 Diseñar el nuevo sistema de invernadero.
- 2 Desarrollar el nuevo sistema de invernadero.
- 3 Implementar el nuevo sistema de invernadero.
- 4 Validar por medio del primer ciclo productivo el nuevo sistema de invernadero.

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.

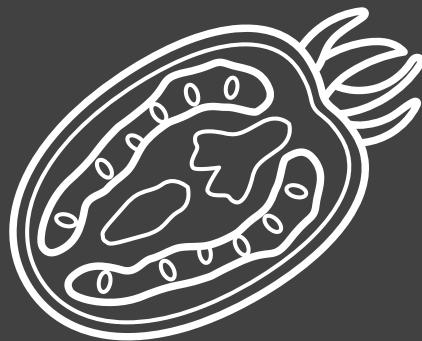
Como complemento a estas producciones científicas, se presenta este compendio de publicaciones divulgativas, cuyo objetivo es resumir y facilitar la comprensión de dichos resultados. Este material, diseñado como una serie de documentos divulgativos denominados módulos, está **dirigido a agricultores, 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 6

Producción

y calidad

La producción en el **invernadero de alta tecnología** fue evaluada mediante el análisis de datos recolectados de **5,300 plantas de tomate híbrido San Marzano Sir Elyan F1**. Estas plantas fueron trasplantadas el **17 de octubre de 2023** en el Módulo A del invernadero (2,227 m²). La cosecha inició el **2 de enero de 2024**, a los **77 días después del trasplante**, y finalizó el **23 de septiembre de 2024**.





El **San Marzano** es una tipología de tomate caracterizada por su **alto contenido de pulpa**, su **excelente sabor** y su amplio uso en la **cocina europea**. Esta variedad fue seleccionada para el cultivo con el objetivo de aportar un **valor agregado al sistema productivo**, dado que en Colombia tradicionalmente predomina el cultivo de tomate Chonto.



San Marzano Sir Elyan F1



Chonto GEM - 604



San Marzano Sir Elyan F1



Chonto GEM - 604

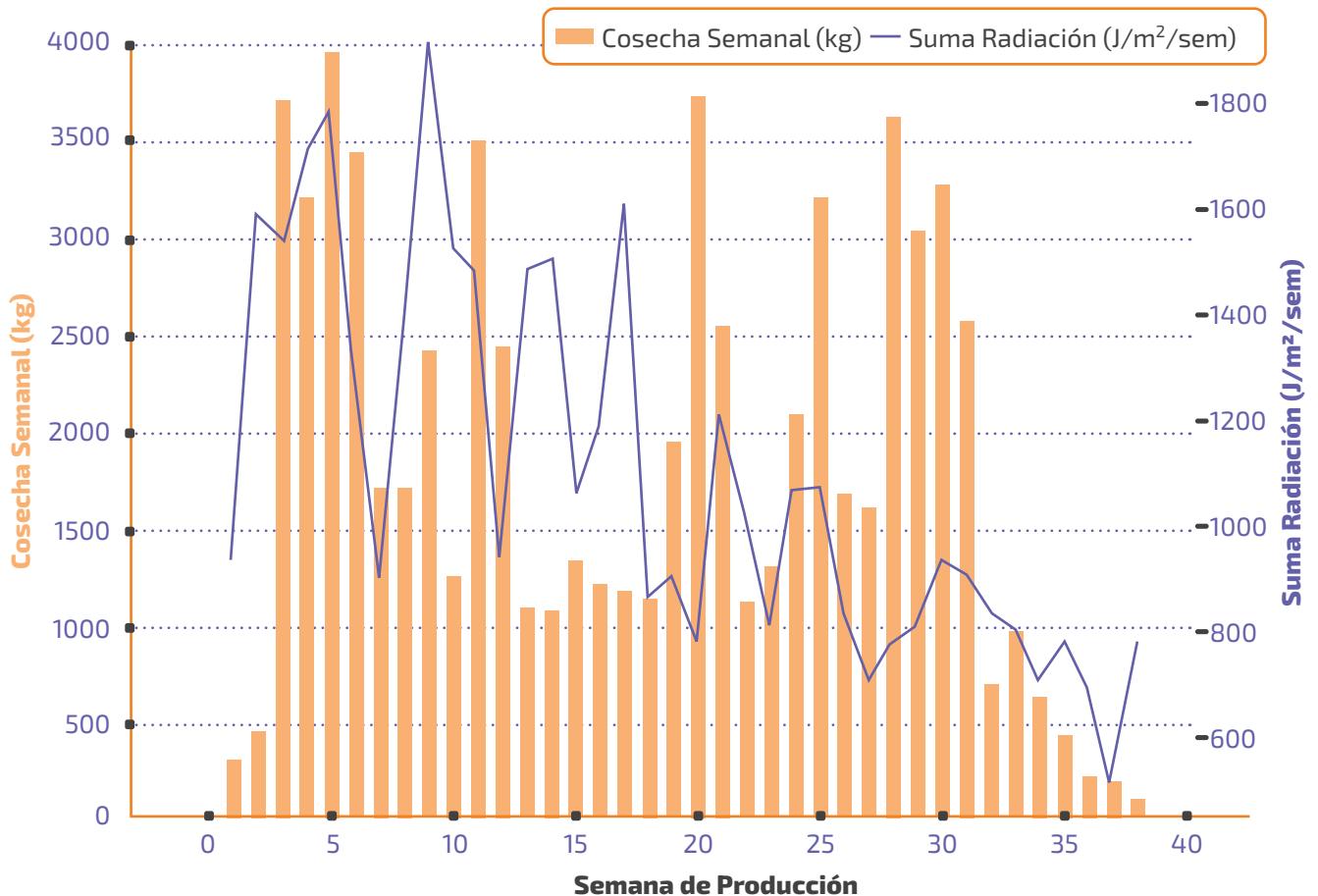
El **Sir Elyan F1** es un tomate híbrido **San Marzano** de crecimiento indeterminado, con frutos alargados que pesan entre **140 - 160 g en promedio**. Se caracteriza por su **alta firmeza y características organolépticas sobresalientes**.

Al final del período, se alcanzó un **rendimiento total de 23.5 kg/m²**, prácticamente **duplicando el promedio reportado para invernaderos tradicionales**, cuya producción usualmente es de 12 kg/m². Esto demuestra que, **cuando las plantas crecen en un medio con condiciones estables, su desarrollo es más equilibrado**, lo que se traduce en una producción más consistente y una calidad superior en los frutos.

Al analizar el comportamiento de la producción durante **38 semanas**, se observa que los **picos de cosecha (>3,500 kg/semana)** registrados en las primeras 12 semanas coinciden con niveles de **radiación promedio superiores a 1,400 J/m²/día**.

Sin embargo, a partir de la **semana 18**, la **acumulación de radiación disminuyó drásticamente** como resultado de un cambio en el clima de la sabana de Bogotá, lo cual es muy común y se ve en distintas épocas del año; alcanzando valores inferiores a los $1,200 \text{ J/m}^2/\text{día}$. Esto tuvo un **impacto significativo en los rendimientos**, especialmente cuando la radiación cayó por debajo de los $800 \text{ J/m}^2/\text{día}$. Es importante destacar que, según la literatura, **una planta adulta en plena producción requiere al menos $1,150 \text{ J/m}^2/\text{día}$ para alcanzar su máximo potencial productivo**.

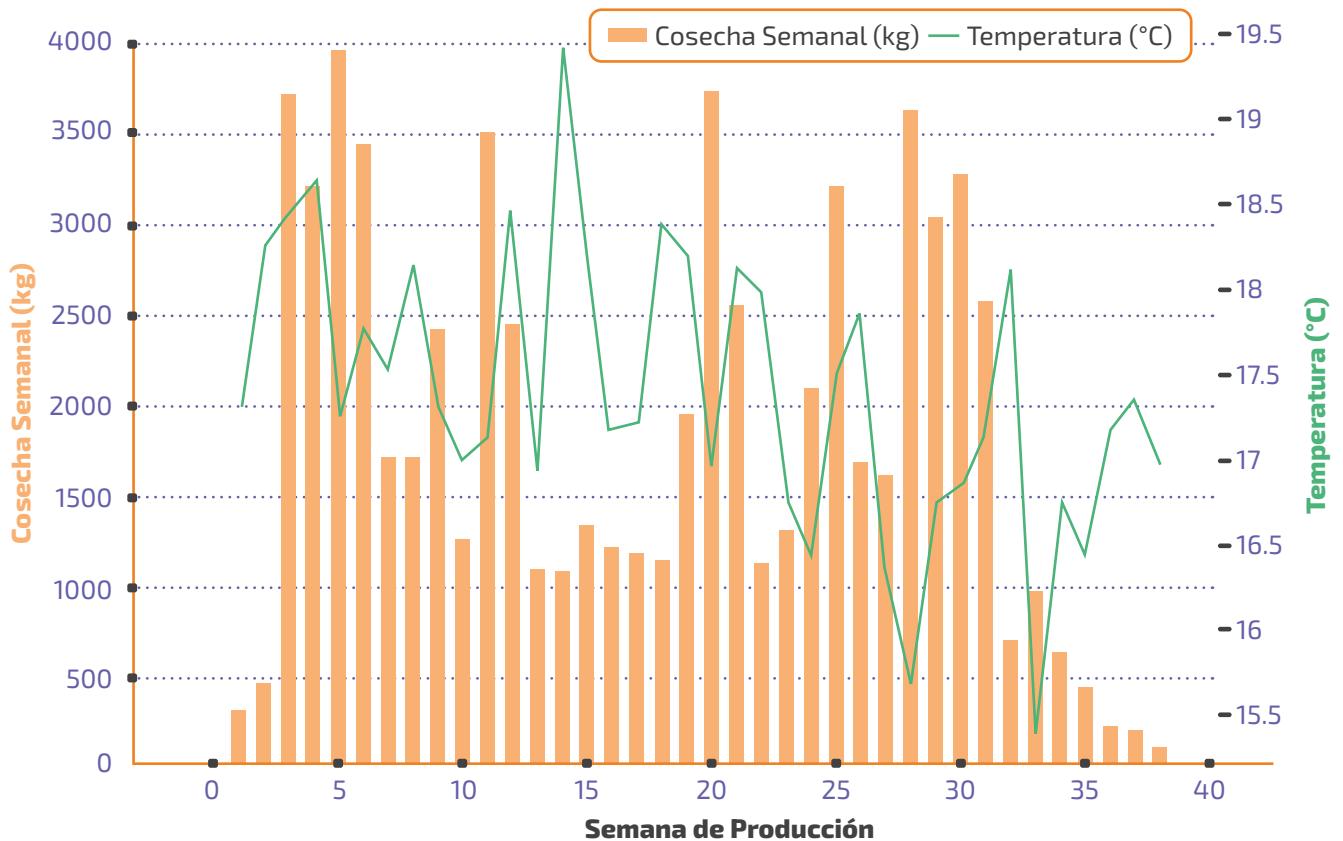
Producción de tomate (kg) y acumulación de radiación (Joules/m²) semanal, durante 38 semanas de cosecha.





La temperatura promedio fue estable y se mantuvo entre los 17 y 18.5°C; presentando tendencia a disminución a partir de la semana 27. En este punto es **importante recalcar la eficiencia del sistema de ventilación del invernadero**, ya que independientemente de los cambios bruscos en la radiación, **la temperatura no sufrió cambios significativos**. No obstante, fue una temperatura baja, por lo que se debe incrementar para alcanzar los niveles óptimos del cultivo (22 - 26°C). Esto demuestra, que **la inversión en tecnología genera un clima más estable y controlado dentro del invernadero, lo que repercute en productividad y calidad**.

Cosecha semanal en relación con la temperatura.



A finales de julio, correspondiente a la **semana 31 del ciclo de cosecha**, la producción experimentó una marcada disminución. Este comportamiento podría estar relacionado con el **estrés sufrido por las plantas debido a la combinación de baja radiación y bajas temperaturas** que se presentó durante la segunda mitad del ciclo productivo.

El análisis del clima local sugiere que los meses con **baja radiación ($800 \text{ J/m}^2/\text{día}$)** podrían ser los más indicados para realizar trasplantes, ya que la demanda energética de las plantas es menor en estas etapas iniciales. En condiciones de menor radiación, también hay menos temperatura y, al tratarse de plantas pequeñas, la **transpiración es menor**. Por este motivo, las **estrategias de ventilación en el invernadero pueden ser moderadas para conservar un poco más de calor**.





En la **semana 31 del ciclo de cosecha (24 de julio de 2024)** se alcanzó el **94% de la producción total**. A partir de ese momento, las plantas no lograron una recuperación adecuada.

Además de la cantidad de producto, **la calidad fue un aspecto crucial**. En el invernadero de alta tecnología, **93.5% del tomate producido fue comercializable**.

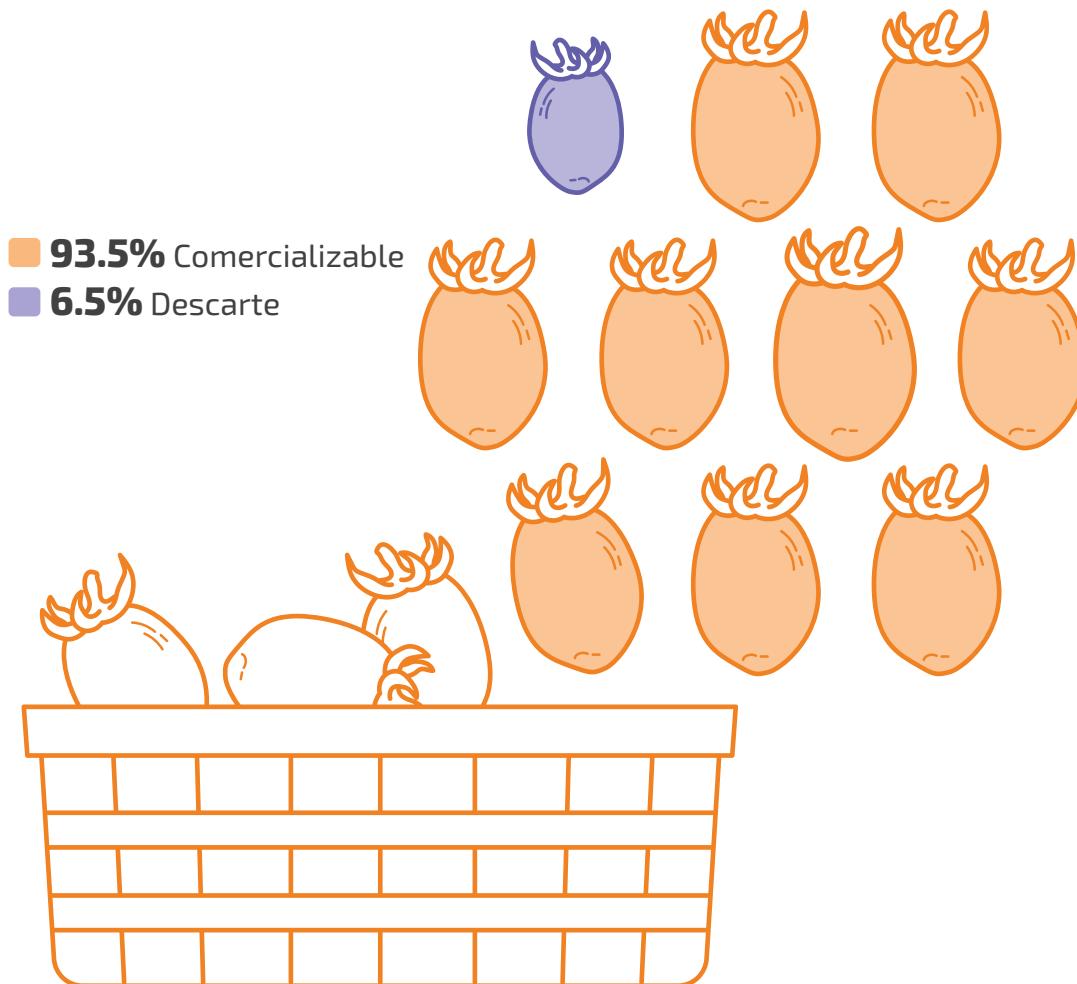
Por otro lado, el **tomate clasificado como descarte**, que representó **1.5 kg/m² al final de las 38 semanas de cosecha**, correspondió principalmente a frutos con **podrición apical** o que **no alcanzaron el tamaño adecuado para su comercialización**.



Tomate Híbrido San Marzano Sir Elyan F1
listo para consumir.



Tomate Híbrido Chonto GEM - 604
listo para consumir.

Producción comercializable frente al descarte.

La **podrición apical** es una fisiopatía que se produce por la **alteración en el transporte y absorción de calcio** desde las raíces hacia los frutos. En este caso, pudo haberse generado debido a la **menor transpiración de las plantas** durante periodos de **baja radiación y temperatura**. Además, el tomate híbrido **San Marzano**, por su **mayor contenido de pulpa y forma alargada**, es más sensible a esta condición.



El tomate híbrido **San Marzano** se destacó por su **textura firme, acidez media**, residualidad ligeramente dulce, un contenido promedio de **sólidos solubles totales de 6.2°Brix** y un **bajo contenido de semillas**. En contraste, el tomate **Chonto** tiene un **alto contenido de agua, acidez media - alta**, mayor cantidad de semillas y un promedio de 4.8°Brix.

El uso de **tecnología avanzada** no solo incrementa significativamente la **producción**, sino que también mejora la **calidad del tomate**. Este enfoque permite un **uso eficiente de recursos**, la **estandarización de procesos** como el fertirriego y el control climático, y la creación de un **ambiente ideal para el crecimiento balanceado de las plantas**, limitando así el desarrollo de plagas y enfermedades.

En este sistema de producción, es indispensable realizar un **monitoreo constante**, así como el **análisis y ajuste de los parámetros**, para garantizar los **mejores resultados**.



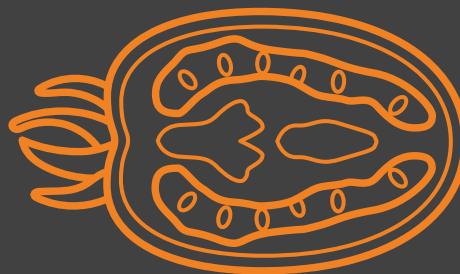


Si llegaste hasta este Módulo y estás interesado en conocer en persona este proyecto, visita las instalaciones del Centro de Innovación y Desarrollo (CID) de Sáenz Fety, y aprende más de todas las investigaciones, innovaciones y procesos que se llevan a cabo con el fin de transferir conocimiento y empoderar al sector agropecuario colombiano, de modo que sea más sostenible económica, ambiental y socialmente.

¡Contáctanos y agenda una visita o asesoría técnica especializada con uno de nuestros expertos!







Fecha de publicación: Diciembre de 2024

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

