



Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC.

Producto 4. Recomendaciones para la promoción de estrategias de intensificación sostenible de la horticultura en condiciones de ambiente protegido

Jorge Jaramillo Noreña, Leddy Roper Barboza, César Martínez Mateo, José Yau Quintero, Roberto Ramírez Matarrita, Rommel León Pacheco, Anovel Barba Alvarado, Edwin Villagran Munar, Andrea Rodríguez Roa, Martha Montes Pérez

2022



Códigos JEL: Q16

ISBN:

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Jorge Jaramillo Noreña, Leddy Roperó Barbosa, José Alberto Yau Quintero, Roberto Ramírez Matarrita, César Martínez Mateo

Copyright © 2022 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

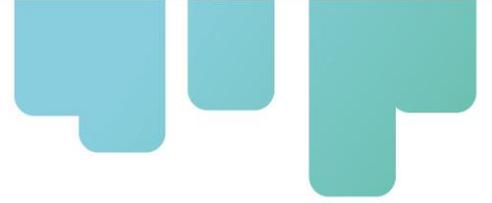
Resumen.....	6
Introducción	7
1. Metodología para el diagnóstico de la cadena de valor	10
2. Metodología para el proceso de investigación y validación	13
2.1 Metodología para la gestión de la información agroclimática	13
2.2. Metodología para el modelado, simulación y diseño de estructuras para la producción agrícola en ambientes protegidos - AAP	16
2.3 Metodología para la evaluación de la interacción cultivo – ambiente para la producción agrícola bajo ambientes protegidos con fines de investigación	18
2.4. Metodología para el manejo agronómico del cultivo de hortalizas en ambientes protegidos.....	26
Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP)	26
Manejo de enfermedades	27
Manejo de suelo y agua	28
Cosecha y Postcosecha.....	29
2.5. Metodología para el análisis económico de la producción de hortalizas bajo ambientes protegidos.....	30
Valor Actual Neto (VAN).....	31
Tasa Interna de Rendimiento (TIR).....	31
3. Metodología para la gestión del conocimiento encaminado al fortalecimiento de capacidades en los productores de hortalizas	33
3.1. Herramientas de comunicación y gestión del conocimiento	35
Estructura de modelos productivos agrícolas.....	36
Referencias Bibliográficas.....	39
Instituciones participantes	42

Lista de tablas

Tabla 1. Variables de interés agroclimático	19
Tabla 2. Variables agronómicas	20
tabla . variables fisiológicas, fenológicas y de calidad variables fisiológicas, fenológicas y de calidad	24
Tabla 4. Estándares nutricionales a nivel edáfico para garantizar nutrición balanceada en hortalizas	29

Lista de figuras

Figura 1. Gestión de información agroclimática.	13
Figura 2. Contornos calculados de velocidad del viento (m s^{-1}) y distribución de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) calculados mediante simulación CFD-3d	17

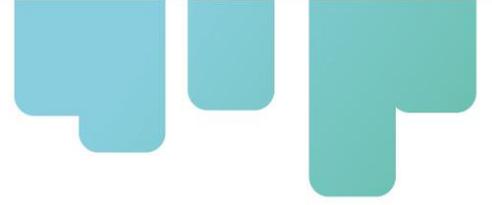


Resumen

La agricultura familiar en la producción de hortalizas en América Latina y el Caribe (ALC) se caracteriza por una producción tradicional de campo abierto, altamente vulnerable a las condiciones adversas del medio ambiente (altas y bajas temperaturas, sequías, inundaciones, fotoinhibición, heladas, granizo, etc.), poco tecnificada y carente de enfoque empresarial. Este documento pretende dar los lineamientos para promover el desarrollo de la horticultura en ambientes protegidos (AP) en ALC, mediante la descripción de las diferentes etapas metodológicas para la evaluación, ajuste y validación de tecnologías desarrolladas en el proyecto, **“Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC”**, financiado por FONTAGRO y que tiene la finalidad de contribuir al mejoramiento de la competitividad de los sistemas hortícolas de agricultura familiar a través de innovaciones tecnológicas para la intensificación y diversificación sostenible de la producción bajo condiciones protegidas.

Las metodologías que se proponen en el documento comprenden las siguientes etapas: Diagnóstico socioeconómico de la cadena de hortalizas, proceso de investigación aplicado para cada país que abarca el componente agroclimático, diseños de estructuras, priorización y validación de materiales genéticos promisorios, evaluación del comportamiento de especies y materiales hortícolas bajo diferentes condiciones de ambiente protegido comparado con campo abierto. Con la finalidad de establecer indicadores de productividad, fisiológicos y económicos que permitan para cada región definir la mejor estructura para el desarrollo de hortalizas bajo ambiente protegido, brindando alternativas de producción y aporte a la agricultura familiar y seguridad alimentaria en ALC. Adicional a lo anterior, esta propuesta ofrece opciones para la gestión y vinculación del conocimiento de los resultados obtenidos en el proyecto, a través de las diferentes herramientas tecnológicas disponibles y de actividades de transferencia de tecnología y fortalecimiento de capacidades de los productores y la articulación efectiva de las entidades que apoyan el sector hortícola en cada uno de los países.

Palabras clave: hortalizas, clima cálido, agricultura protegida, agricultura familiar, América Latina y el Caribe ALC, gestión del conocimiento, seguridad alimentaria y nutricional, promoción, agro climatología, ambientes protegidos.

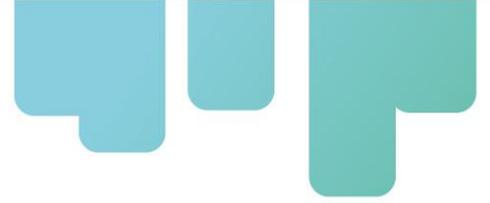


Introducción

Uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad, es el cambio climático. Un asunto que nos debe preocupar a todos, pues nuestra supervivencia está en juego (Trenberth et al, 2009). Actualmente, en el mundo hay 690 millones de personas desnutridas, 750 millones de personas sufren inseguridad alimentaria, 2000 millones de personas carecen de acceso a alimentos seguros y nutritivos, y 3000 millones de personas no pueden pagar lo que cuesta una dieta saludable. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo (SOFI, por sus siglas en inglés) 2020, indica que la carga de la malnutrición en todas sus formas plantea un desafío importante para aquellos que la padecen. La recomendación de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)/la Organización Mundial de la Salud (OMS), que establece un mínimo de 400 g de frutas y hortalizas por persona/día, solo se cumple en algunas partes de Asia y en países de rentas medias y altas en los que hay suficientes frutas y hortalizas para el consumo humano. Se prevé que la tasa de pobreza mundial alcanzó el 8,8% en 2020, lo que aumentó por primera vez desde 1998. El impacto del COVID-19 está acentuando estas tendencias e incrementando aún más el riesgo al que se ve sometida la población vulnerable, lo que podría añadir otros 132 millones al número de personas desnutridas en todo el mundo (Bauer et al, 2020).

La agricultura en el siglo XXI se enfrenta a múltiples retos: tiene que producir más alimentos y fibras a fin de alimentar a una población creciente con una mano de obra menor, así como más materias primas para un mercado de la bioenergía potencialmente enorme, y ha de contribuir al desarrollo global de los numerosos países en desarrollo dependientes de la agricultura, adoptar métodos de producción más eficaces y sostenibles y adaptarse al cambio climático. FAO 2009 Año Internacional de las Frutas y Verduras 2021 con sus siglas en inglés (IYFV), declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas mediante la resolución A/RES/74/244, tiene como objetivo sensibilizar, atraer la atención de las políticas y compartir las buenas prácticas con relación al consumo de frutas y verduras. La gran diversidad de frutas y hortalizas ofrece opciones que se adaptan a diferentes sistemas de producción y mercados. (FAO et al., 2020).

Los consumidores demandan cada vez más productos hortícolas de excelente calidad e inocuidad y los productores requieren de tecnologías de manejo que permitan incrementar su productividad y reducir el uso de agroquímicos para cumplir las exigencias del mercado. Una alternativa es el uso de tecnologías asociadas a la Agricultura Protegida (AP). Esta estrategia es uno de los aportes más importantes de la revolución científica agrícola del siglo XX y hoy en día



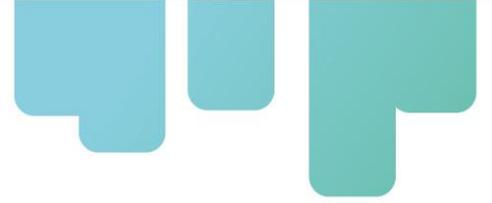
es un componente esencial de la actividad agrícola moderna en todo el mundo debido fundamentalmente a su fuerte vinculación con la agroindustria de exportación, el uso de tecnologías de punta y aplicación de elementos biotecnológicos necesarios para la producción de alimentos dentro de una agricultura moderna y competitiva (Mayorga, 2012).

La agricultura protegida se define como toda aquella producción agrícola que se hace bajo estructuras cerradas o abiertas, cubiertas con materiales, transparentes, dentro de la cual es posible obtener condiciones artificiales de microclima y, donde es posible cultivar plantas en condiciones óptimas. Bajo este sistema, se lleva a cabo el control del medio edafoclimático alterando sus condiciones (suelo, temperatura, radiación solar, viento, humedad entre otros), con el propósito de alcanzar adecuado crecimiento vegetal, aumentar los rendimientos, mejorar la calidad de los productos y obtener excelentes cosechas. El microclima bajo estas estructuras es en general el más próximo a las condiciones biológicas óptimas para la variedad cultivada, lo maximiza el proceso de fotosíntesis y de esta manera se obtiene más producción por metro cuadrado con mayor eficiencia en el uso de insumos (Jaramillo et al., 2007)

Este documento complementa el trabajo realizado en el taller internacional denominado “Gestión de la información agroclimática, modelación de estructuras e indicadores de sostenibilidad de la Agricultura en ambientes Protegidos en ALC” llevado a cabo en Guanacaste, Costa Rica entre el 27 de noviembre y 1 de diciembre del 2017 , con el apoyo financiero de FONTAGRO y con participación de investigadores de CORPOICA ahora AGROSAVIA, Colombia, INTA, Costa Rica e IDIAP, Panamá y la Universidad de Florida, Estados Unidos que tuvo como objetivo general, compartir experiencias en la gestión de la información agroclimática para la modelación y diseño de estructuras y evaluación de los beneficios económicos, sociales, ambientales y humanos de la agricultura en ambientes protegidos en ALC.

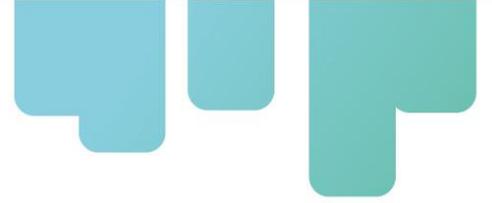
A partir de este taller quedó el compromiso de generar un documento guía que sirva de referente en Latinoamérica para: i) uso de información agroclimática y su aplicación en herramientas de modelado y simulación utilizadas en el diseño y optimización de estructuras para sistemas hortícolas de agricultura protegida y ii) los beneficios económicos, sociales y ambientales de la agricultura en ambientes protegidos; el cual fue entregado pero no se encuentra aún publicado y sirve de apoyo para la construcción del documento de estrategias de promoción de la horticultura en ALC.

Este documento complementa además otro producto del proyecto denominado: “Propuesta de escalamiento de la agricultura protegida en ALC”, elaborado para que los organismos tomadores



de decisiones tengan herramientas para fomentar, apoyar, impulsar y desarrollar en sus respectivos países la agricultura bajo ambientes protegidos, como una opción de mitigación e incremento de la resiliencia de los sistemas agrícolas al cambio climático para incrementar la seguridad Alimentaria, la calidad nutricional de los productos hortícolas y la mayor inocuidad de los mismos, favoreciendo el nivel de vida de las poblaciones rurales y urbanas.

Este documento pretende dar los lineamientos para promover el desarrollo de la horticultura en ambientes protegidos (AP) en ALC, mediante la descripción de las diferentes etapas metodológicas para la evaluación, ajuste y validación de tecnologías desarrolladas en el proyecto, **“Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC”**, financiado por FONTAGRO y que tiene la finalidad de contribuir al mejoramiento de la competitividad de los sistemas hortícolas de agricultura familiar a través de innovaciones tecnológicas para la intensificación y diversificación sostenible de la producción bajo condiciones protegidas.



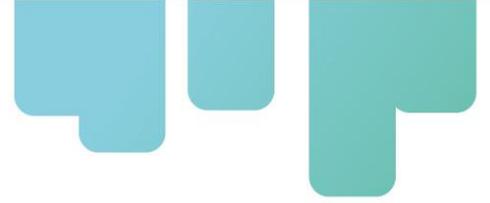
1. Metodología para el diagnóstico de la cadena de valor

Es importante para la promoción de la horticultura bajo ambiente protegido la realización de un diagnóstico de la cadena de valor y comprender su estado de desarrollo. El reconocimiento de los actores de la cadena, sus funciones, el mercado donde se colocará el producto, los vínculos verticales y horizontales y el entorno son factores imprescindibles al momento de realizar una propuesta de producción agrícola de innovación y tecnología, dado que permite el análisis de las ventajas competitivas, el agregado de valor que impulsa al logro de un desarrollo económico.

El diagnóstico de la cadena de valor ayuda a la identificación de restricciones, amenazas y oportunidades, también garantiza el impacto de las intervenciones e interacciones de actores directos e indirectos. Además, es un método prometedor en el logro del desarrollo económico abordando temas de crecimiento inclusivos, empleos, solución a cuellos de botellas, rentabilidad, productividad y desarrollo socioambiental.

Este desarrollo metodológico permitirá obtener un: Estudio diagnóstico de oportunidades y desafíos de los sistemas de producción hortícola y sus respectivas cadenas de valor en cada región productora donde se inicien actividades de desarrollo y fomento de la Horticultura protegida. El reconocimiento de la situación mediante un diagnóstico es clave al momento de la toma de decisiones. El objetivo de la actividad es caracterizar los sistemas de producción hortícola (bajo condiciones de ambiente protegido y a campo abierto), su cadena de valor, identificación de eslabones y el mapeo de actores relevantes, identificación de fortalezas y debilidades de la cadena productiva e identificación de encadenamientos productivos y asociatividad. Esta caracterización se realiza a través de la recopilación y análisis de datos secundarios, encuestas basadas en criterios como: a) productivo, b) económico, c) ambiental y d) social y la organización de talleres con productores y otros actores claves para la selección de alternativas productivas.

Según Muñoz (2018), la cadena de valor de Michael Porter es una sucesión de acciones realizadas con el objetivo de instalar y valorizar un producto o servicio exitoso en un mercado, mediante un planteamiento económico viable. Una cadena de valor alimentaria sostenible (CVAS) se define como aquellas explotaciones agrícolas y empresas, así como las posteriores actividades que de forma coordinada añaden valor y a través de las cuales se producen determinadas materias primas agrícolas que se transforman en productos alimentarios concretos y, a su vez, son vendidos a los consumidores finales, de tal forma que resulten rentables en todo momento, proporcionen amplios beneficios para la sociedad y no consuman permanentemente los recursos

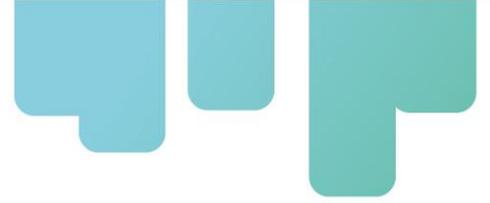


naturales (FAO, 2015).

En la implementación de esta actividad fue necesario el trabajo apegado a una metodología la cual enlazó las diferentes realidades de cada país y con igual criterio se obtuvieron resultados similares entre los países en el tema de la comercialización de productos priorizados. La metodología que se sugiere es la de Enfoque Participativo en Cadenas Productivas (EPCP) y la matriz de priorización de productos que se realiza con base a los datos secundarios y grupos focales y talleres con productores para la escogencia de los productos agrícolas con mayor potencial productivo y socioeconómico.

La metodología EPCP es “un método participativo que fomenta la interacción bien guiada y estructurada entre diferentes actores de una cadena productiva, con el fin de generar innovaciones. Además de permitir identificar, analizar e implementar innovaciones conjuntamente entre los actores de la cadena y con apoyo de organizaciones de investigación y desarrollo (I&D), el EPCP está dirigido a estimular el interés, la confianza y la colaboración entre aquellos que participan en este proceso” (Bernet et al., 2006). En sus etapas de aplicación busca conocer los actores de la cadena, analizar las oportunidades de mercado y la última etapa busca el lanzamiento de nuevos productos; en la primera fase, se implementa un análisis de datos secundarios, en la segunda se realizan talleres, definición de grupos focales y entrevistas y en la tercera fase se realiza la priorización de especies, diseño de mapas de la cadena hortofrutícola y sus eslabones, y para finalizar el proceso se hace entrega del informe sobre el diagnóstico de la cadena de valor.

La priorización de especies se realiza consultando fuentes secundarias de información, estadísticas agropecuarias del Ministerio de Agricultura o entidad encargada de manejar las estadísticas agropecuarias en cada país, lo que permite obtener datos de producción, consumo, exportación, importación y precios. El consumo se determina mediante la ecuación del consumo aparente (C), que es igual a la producción (P) más la importación (I) menos la exportación (E) ($C=P+I-E$). Los productores y comercializadores proporcionan información sobre la producción, el mercado, el precio y la preferencia de los cultivos. Las variables que se proponen evaluar en la matriz de priorización por cada cultivo son: producción regional, consumo nacional, consumo regional, exportación, importación, precio de venta, preferencia del comprador y consumidor, preferencia del productor. A través de las calificaciones con escala del 1 al 5 se suman los puntajes obtenidos por cada hortaliza y los puntajes mayores serán las especies que quedaran priorizadas por los diferentes actores de la cadena.



Esta metodología de EPCP y la matriz, en base a indicadores económicos de importancia, se recomienda por su practicidad, flexibilidad, y por su capacidad de internalizar estrategias aplicables en el logro de objetivos. Además de lo anterior es importante realizar un Contexto de la producción de hortalizas en cada región, importancia y potencial de mercado, oferta y demanda, consumo per cápita, áreas, zonas productoras, especies hortícolas sembradas, variedades o híbridos cultivados, indicadores de productividad, indicadores socioeconómicos, importación y exportación externa, además realizar una caracterización de la tecnología local de producción, identificación de experiencias de producción bajo condiciones protegidas, especies, áreas, regiones, tipo de estructuras, indicadores de productividad e, destino de mercados.

2. Metodología para el proceso de investigación y validación

2.1 Metodología para la gestión de la información agroclimática

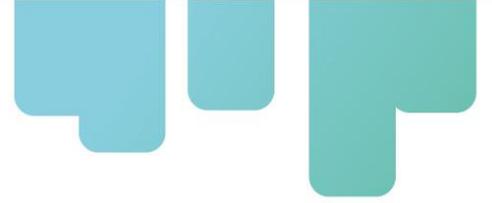
La gestión de la información agroclimática es un proceso dinámico orientado al manejo adecuado de los datos, desde el registro, transmisión, almacenamiento, procesamiento, control de calidad, visualización, consulta (idealmente en tiempo real) y descarga por el usuario final (**Error! Reference source not found.**). Su objetivo principal es facilitar el acceso a información de calidad para la toma de decisiones y permitir a diferentes actores (agricultores, investigadores y tomadores de decisión, entre otros), identificar y cuantificar los riesgos derivados de la variabilidad climática y eventos extremos en la agricultura, cada vez más frecuentes e intensos.



Figura 1. Gestión de información agroclimática.

Fuente: proyecto MAPA – AGROSAVIA

La información agroclimática se obtiene de diferentes fuentes como, estaciones agrometeorológicas, sensores e instrumentos para medición de parámetros eco-fisiológicos de cultivos, sensores remotos como satélites meteorológicos: GOES, TRMM, Meteosat, entre otros y el uso de cámaras multi e hiperespectrales acopladas a UAVs (Vehículos Aéreos).

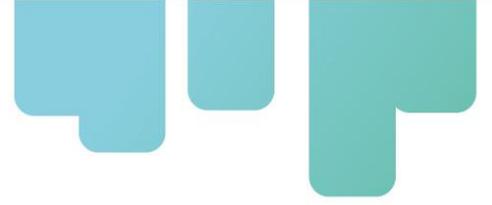


Boshell (2014) menciona dos principios fundamentales:

- La información agroclimática debe beneficiar tanto a los productores que tienen fines comerciales, como a los agricultores cuyos fines son de autoconsumo y seguridad alimentaria y tienen condiciones tecnológicas particulares.
- El tipo de información, así como sus alcances, forma de comunicación y aplicación es distinta en los dos casos.

Los procesos para la gestión de la información agroclimática presentan brechas y limitantes en países de América Latina y El Caribe. Como lo menciona Boshell (2014), entre los principales elementos se encuentran:

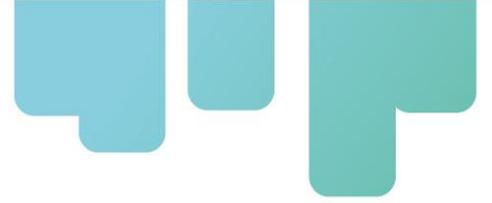
- **La calidad de los datos disponibles para los usuarios no cubre sus expectativas y necesidades:** no existen protocolos unificados de control de calidad, que se estén aplicando de modo efectivo en las diversas instituciones.
- **En estaciones convencionales, la disponibilidad de los datos no es adecuada:** existen rezagos importantes entre la fecha en que están disponibles los datos y las fechas en que fueron registrados.
- **Acceso restringido a los datos:** a pesar de los esfuerzos por facilitar el acceso a la información agroclimática no siempre los procesos de solicitud y/o entrega de información son sencillos.
- **Falta información útil para pequeños productores no tecnificados (campesinos, indígenas, comunidades y afrodescendientes):** quienes demandan alertas agroclimáticas tempranas locales, construidas con su participación y en muchos casos generan estructuras para agricultura protegida sin ninguna planificación ni modelación previa.
- **Existe dispersión de los datos disponibles entre diversos actores:** quienes no comparten la información, tienen protocolos diferentes de captura, transmisión, almacenamiento, control de calidad de datos, así como de instalación, operación, calibración y mantenimiento de equipos en sus estaciones. Por ello, los datos tienen diversos niveles de incertidumbre, según su fuente.



- **Los entes nacionales encargados de generar la información agroclimática no alcanzan a cubrir las necesidades del sector agropecuario y de sus subsectores productivos:** sus funciones y alcances son de índole nacional y multisectorial y sus recursos no necesariamente están enfocados en las necesidades específicas del sector.
- **Escasa articulación interinstitucional e intersectorial para integrar la información agroclimática relevante para el sector agropecuario y específicamente para la agricultura protegida:** la información que se genere debe ser pertinente, accesible y de calidad, para que pueda ser utilizada apropiadamente para reducir la vulnerabilidad al cambio climático y garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades y pueblos de la región y del mundo.

Para realizar la gestión de la información agroclimática enfocada a la caracterización, dentro del contexto del diseño de estructuras para sistemas de agricultura protegida, se plantean los siguientes pasos:

1. Localización del área donde se va a implementar la estructura. Descripción biofísica de la zona.
2. Ubicación y distribución de estaciones dentro del área de trabajo.
3. Revisión del estado de las estaciones y sus registros, que incluye la verificación del funcionamiento y operatividad de la estación, tipo de estación, coordenadas (longitud, latitud y altitud), entidad que la gestiona, variables que registra, longitud de cada una de las series de tiempo por variable.
4. Selección de estaciones con registros más extensos. Normalmente para una caracterización climática se trabaja con series de 30 años. Para este caso se considera el requerimiento de al menos cinco años de datos de una estación climática cercana al lugar de la instalación de las estructuras, preferiblemente de últimos años y a escala horaria o diaria.
5. Consolidación de la base de datos.



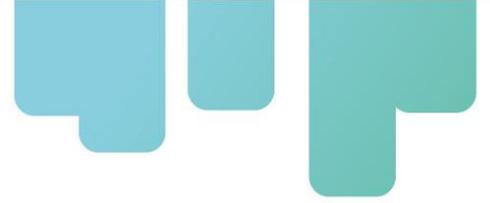
6. Control de la calidad de la información y proceso de verificación de los datos. Que incluye el análisis de número de datos faltantes, revisión de rangos, consistencia interna, datos atípicos y análisis de homogeneidad de las series. Y en los casos que sea necesario, la estimación de datos faltantes.
7. Distribución temporal de las variables agroclimáticas. Análisis del comportamiento temporal por estación a escala mensual, diaria y horaria de acuerdo con la información disponible.

2.2. Metodología para el modelado, simulación y diseño de estructuras para la producción agrícola en ambientes protegidos - AAP

La agricultura protegida es una de las principales medidas de adaptación frente a los impactos del cambio climático y la variabilidad climática extrema. Sin embargo, se requieren procesos adecuados de gestión de la información agroclimática, superando las brechas anteriormente mencionadas para que a partir de herramientas computacionales de modelado y simulación se puedan definir el o los tipos de estructuras de agricultura protegida más adecuadas de acuerdo con las condiciones agroclimáticas de la región donde se vayan a instalar, con la finalidad de crear las condiciones de microclima más favorables para el desarrollo de los cultivos

La modelación y simulación de estructuras para agricultura protegida se puede realizar de forma ágil y precisa a través de la implementación de modelos numéricos basados en la técnica de Dinámica computacional de fluidos CFD por sus siglas en inglés (Computational Fluid Dynamics). Esta herramienta permite analizar mediante simulación de las condiciones micro climáticas generadas en el interior de las estructuras de ambiente protegido, de acuerdo con las condiciones climáticas locales, los parámetros de diseño y arquitectónicos de la estructura, los materiales de cubierta. Generalmente en estructuras ventiladas de forma natural los parámetros técnicos a analizar para encontrar el prototipo de estructura más adecuada para la región donde se pretende construir son; Tasas de ventilación superiores a 60 renovaciones por hora, condiciones de temperatura y humedad relativa homogéneas en el interior de la estructura y para regiones de clima cálido en lo posible no permitir saltos térmicos superiores a 3 °C entre las condiciones al interior de la estructura en comparación con el ambiente exterior.

Para el desarrollo adecuado de simulaciones CFD en estructuras de agricultura protegida debe



existir; información **agroclimática de calidad** y con información de al menos cinco (5) años de registros de datos históricos, de una estación climática cercana al lugar donde se construirán las estructuras de agricultura protegida. Esta información es fundamental para la modelación y simulación CFD y para la posterior obtención del diseño de las estructuras. Esta información agroclimática es preferiblemente requerida en forma horaria de acuerdo con los tipos de análisis CFD que se requieren desarrollar, bien sea para estudiar los patrones de flujo de aire o la distribución de la temperatura en el interior de una estructura de agricultura protegida (ver figura 2).

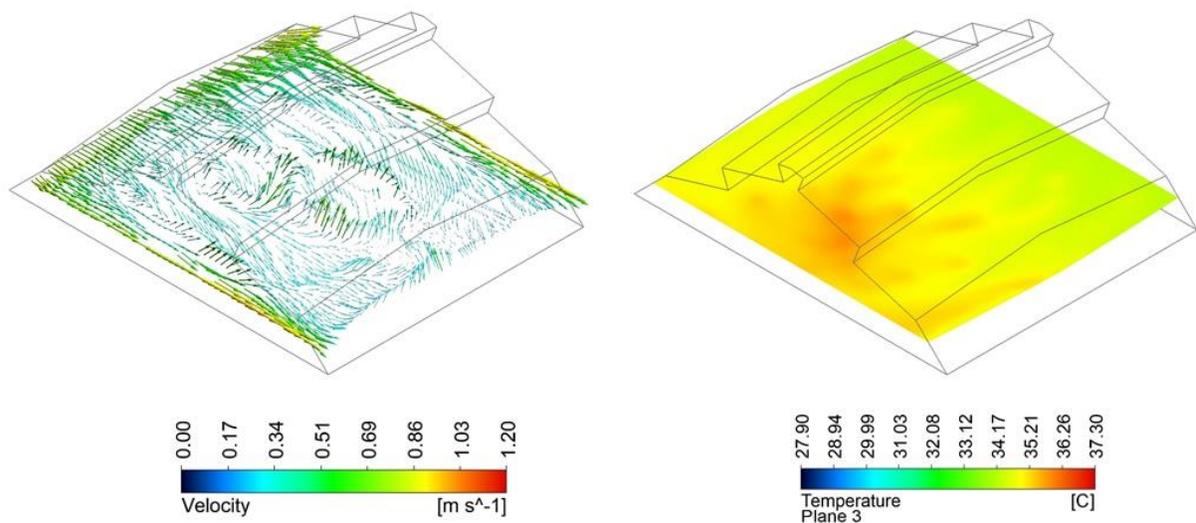


Figura 2. Contornos calculados de velocidad del viento (m s^{-1}) y distribución de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) calculados mediante simulación CFD-3d

Fuente: elaboración propia

Para evaluar el microclima en el interior de las estructuras de agricultura protegida con y sin presencia de cultivos, es necesario establecer un protocolo de registro y almacenamiento de información agroclimática en tiempo real y diferido, lo cual se puede conseguir mediante la instalación de una grilla de sensores de registro de variables agroclimáticas. Las fases de registro, transmisión, almacenamiento, despliegue y consulta de información (en tiempo real) son esenciales para el adecuado proceso de gestión de dicha información y su publicación en plataformas agroclimáticas y/o sistemas de información en la web, de fácil acceso a usuarios e interesados y para su correlación con variables fisiológicas y para la toma de decisiones sobre el manejo agronómico de un cultivo específico.



Las principales variables agroclimáticas para registrar tanto a campo abierto como al interior de las estructuras son las siguientes:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa del aire.
- Velocidad y dirección del viento.
- Precipitación.
- Radiación solar/luminosidad y UV.
- Presión del aire.
- Humedad del aire.
- Radiación fotosintéticamente activa (PAR).
- Concentración de CO₂.

2.3 Metodología para la evaluación de la interacción cultivo – ambiente para la producción agrícola bajo ambientes protegidos con fines de investigación

Las entidades vinculadas al desarrollo del proyecto definieron con antelación al inicio de éste con un grupo de expertos investigadores de AGROSAVIA- Colombia, INTA – Costa Rica, IDIAP – Panamá y el apoyo del Instituto de Sistemas Alimentarios Sostenibles de la Universidad de Florida, las variables de interés que sirvan de referente para generar estrategias de manejo agroclimático en sistemas de producción de hortalizas bajo ambientes protegidos.

Igualmente se definieron los equipos o instrumentos para forma de medición, frecuencia de medición, almacenamiento de la información, control de calidad y el análisis a realizar con la información generada. La anterior información se presenta en las **Error! Reference source not found.1, 2 y 3.**



Tabla 1. Variables de interés agroclimático

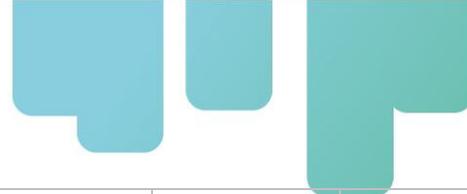
Variable	Equipo o instrumento para la medición	Forma de medición	Frecuencia de medición	Almacenamiento de la información	Control de calidad	Análisis con la información generada
Temperatura	Termómetro	La medición se hace mediante una estación meteorológica automática que contiene los sensores de medición para cada una de las variables. La estación se ubica afuera de la estructura y almacena los datos meteorológicos del exterior y los envía de forma inalámbrica a una consola. La descarga de los datos se realiza desde un software y también se puede hacer transmisión a internet mediante un <i>Vantage Connect</i> o un <i>Datalogger</i> IP.	Horaria	Inicialmente la información se almacena en la consola, la que permite guardar los datos por un tiempo, pero, cuando la memoria se ocupa, los registros se empiezan a sobrescribir, por tanto, los datos se deben descargar periódicamente a un PC. Si se tiene conexión a internet la información se puede descargar desde interfaz al PC.	Los registros de la estación se deben someter sistemática y periódicamente a un control de calidad, de tal manera que los datos se puedan considerar aptos para su posterior análisis. Por tanto, se propone realizar algunos filtros para identificar datos errores o no razonables, entre los que están: 1. Verificación de la coherencia interna. Análisis de las relaciones físicas que existen entre las variables climáticas. 2. Verificación de la coherencia temporal. Análisis de la variación del elemento climático en el tiempo. 3. Verificación de la coherencia espacial. Comparación con observaciones de otras estaciones de la zona.	Estudio del comportamiento de las variables climáticas en la zona mediante análisis gráficos, descriptivos, frecuencia, indicadores, etc., que permitan especificar los datos o valores de entrada, de tipo climático, en los modelos CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>) para el diseño de las estructuras. De igual manera, esta información registrada periódicamente, debidamente procesada y almacenada durante el establecimiento de la estructura se utilizará para su validación y ajuste. Así como en la validación de la interacción cultivo-ambiente.
Precipitación	Pluviómetro		Horaria			
Velocidad y dirección del viento	Anemómetro		Horaria			
Radiación Solar	Piranómetro		Horaria			
Humedad Relativa	Higrómetro		Horaria			

Fuente: Informe taller formulación proyecto.

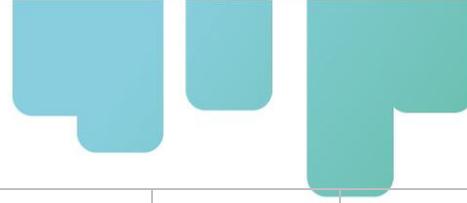


Tabla 2. Variables agronómicas

Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición	Frecuencia de medición	Almacenamiento de la información	Control de calidad	Análisis con la información generada
Especies que producen frutos (tomate, pimentón, pepino, berenjena, ahuyama, etc.) Rendimiento por planta (kg) y por m² (kg), # total de frutos por planta, # de frutos/m², peso fresco del fruto, % de frutos por planta primera, segunda y tercera categoría, tiempo total del ciclo productivo, días a floración y días a cosecha	Balanza electrónica, Pie de Rey	Se deben cosechar todos los frutos aptos de acuerdo con las exigencias del mercado, contabilizar el número total de plantas, número total de frutos por planta y producción por planta al momento de la cosecha. El rendimiento de los genotipos se expresa en kilogramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas. Tomar datos de longitud y diámetro (cm), y forma de fruto para conocer el estado de los estándares de calidad sugeridos por el mercado.	Realizar cosechas en todas las plantas de las parcelas, las cuales se deben ejecutar con una periodicidad mínimo semanalmente o dependiendo de la fenología de cada cultivo. En cada cosecha cuando haya frutos aptos a cosecha de acuerdo con las demandas del mercado.	Los datos se transcriben y procesan en Excel	Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad de cumplir las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales
Especies que producen vainas (frijol, arveja, habichuela, habichuelín, habas) Rendimiento por planta y por m², # total de vainas por planta, tiempo total del ciclo productivo, rendimiento/planta (Kg), rendimiento/m² (Kg), peso fresco de vainas.	Balanza electrónica, Pie de Rey	Se realiza cosechas en todas las plantas de las parcelas, las cuales se ejecutan con una periodicidad semanal. En cada cosecha, se recolectan todas las vainas aptas a cosecha por parcela, seleccionando aquellos que no hayan alcanzado la madurez fisiológica, pero, ya presentan la forma y tamaño típico del mismo, además, se contabilizan el número de plantas totales en producción por parcela al momento de la cosecha. El rendimiento de los genotipos se expresa en gramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas.	Cada vez que haya vainas en estado óptimo de cosecha dependiendo de las exigencias del mercado	Los datos se transcriben y procesan en Excel Los datos se transcriben y procesan en Excel	Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad de cumplir las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales



Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición	Frecuencia de medición	Almacenamiento de la información	Control de calidad	Análisis con la información generada
Especies que producen raíz (Zanahoria, arracacha, nabo, rábano, remolacha)	Balanza, Pie de Rey	Se realiza la cosecha una vez se haya cumplido el ciclo total del cultivo dependiendo de las condiciones agroecológicas de la región donde se siembre	Cada vez que haya raíces en estado óptimo de cosecha y de acuerdo con las exigencias del mercado		Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales
Especies que producen bulbos (ajo, cebolla de bulbo, rábano, col rábano, hinojo). Rendimiento: por planta o por área específica, tiempo total del ciclo productivo, peso promedio planta para el material que aplique	Balanza electrónica, Pie de Rey	<p>Se realiza la cosecha una vez se haya cumplido el ciclo total del cultivo dependiendo de las condiciones agroecológicas de la región donde se siembre.</p> <p>Se recolectan todos los bulbos, aptos a cosecha por parcela, seleccionando también aquellos que aunque no hayan alcanzado la madurez fisiológica, ya presentan la forma y tamaño típico del mismo, además, se contabilizan el número de plantas totales en producción por parcela al momento de la cosecha. El rendimiento de los genotipos se expresa en gramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas.</p>	Cada vez que haya bulbos en estado óptimo de cosecha y de acuerdo con las exigencias del mercado		Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizarán los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales



Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición	Frecuencia de medición	Almacenamiento de la información	Control de calidad	Análisis con la información generada
Especies que producen hojas (espinacas, apio, cebolla de rama, cebollín, acelgas, cilantro, lechugas de hoja, etc. Rendimiento: por planta o por área específica, tiempo total del ciclo productivo, peso promedio planta para el material que aplique	Balanza electrónica, Pie de Rey	Se realizarán cosechas en todas las plantas de las parcelas, las cuales se ejecutarán con una periodicidad de una a dos veces por semana de acuerdo a las demandas del mercado y calidad del consumidor. En cada cosecha, se recolectarán todas las hojas aptas a cosecha por parcela. El rendimiento de los genotipos se expresará en kilogramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas.	Hojas en estado tierno, de acuerdo con las demandas del mercado	Los datos se transcriben y procesan en Excel	Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad cumplir las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales
Especies que producen cabeza (repollo blanco, repollo morado, lechuga Batavia) Rendimiento por planta o por m², diámetro y longitud de cabeza, tiempo total del ciclo productivo, peso promedio por planta	Balanza electrónica, Pie de Rey	Se realizan cosechas en todas las plantas de las parcelas, las cuales se ejecutarán con una periodicidad semanal. En cada cosecha, se recolectarán todas las cabezas aptas a cosecha por parcela, seleccionando también aquellas que no hayan alcanzado la madurez fisiológica, pero, ya presentan la forma y tamaño de acuerdo con las demandas del mercado, además, se contabilizará el número de plantas totales en producción por parcela al momento de la cosecha. El rendimiento de los genotipos se expresará en gramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas.		Los datos se transcriben y procesan en Excel	Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad cumplir las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales



Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición	Frecuencia de medición	Almacenamiento de la información	Control de calidad	Análisis con la información generada
Especies que producen flor (Brócoli, coliflor, alcachofa) Rendimiento por planta y por m², tiempo total del ciclo productivo, peso. Longitud y diámetro de cabeza	Balanza electrónica, Pie de Rey	Se realizan cosechas en todas las plantas de las parcelas, las cuales se ejecutarán con una periodicidad semanal. En cada cosecha, se recolectarán todas las flores aptas a cosecha por parcela, seleccionando aquellas que no hayan alcanzado la madurez fisiológica, pero, ya presentaban la forma y tamaño típico del mismo, además, se contabilizaran el número de plantas totales en producción por parcela al momento de la cosecha. El rendimiento de los genotipos se expresará en gramos por planta para la sumatoria de todas las cosechas.		Los datos se transcriben y procesan en Excel	Se aleatorizan los tratamientos y las especies, con varias repeticiones y así conseguir con una alta probabilidad cumplir las premisas para realizar un análisis de varianza.	Se analizan los datos con métodos estadísticos descriptivos, análisis de varianza, pruebas de medias en aquellos tratamientos en los que se encuentren diferencias significativas y a través de análisis multivariado por componentes principales

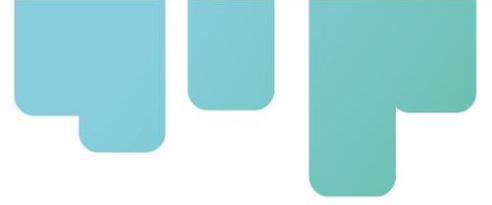
Fuente: Informe taller formulación proyecto.

Tabla 3. Variables fisiológicas, fenológicas y de calidad variables fisiológicas, fenológicas y de calidad

Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición
Variables fenológicas		
Número de días a desarrollo vegetativo, floración, y fructificación.	No aplica	Se toman los datos del número de días en el que se cumple cada estadio fenológico para el 50% de las plantas sembradas en cada una de las repeticiones. Para ello, se utilizará el descriptor de los Estadios de las plantas mono y dicotiledóneas (Meier, 2001), con adaptaciones, como se describe a continuación: Estadio 19. Desarrollo de hojas (tallo principal). Nueve o más hojas del tallo principal, desplegadas. Estadio 51. Aparición del órgano floral. Primer botón floral visible. Estadio 61. Floración. Primera flor abierta. Estadio 71. Formación del fruto. Primer fruto alcanza la forma y el tamaño típico.
Variables fisiológicas		
Potencial hídrico xilemático (MPa)	Bomba de Scholander o cámara de presión (Scholander et al., 1965).	Se medirá en las horas comprendidas entre las 11:00 y 13:00; se tomarán de la quinta hoja totalmente expandida en el sentido ápice base en cada unidad experimental, previamente tapada con papel de aluminio por 30 minutos (Celedón et al., 2012), para luego ser llevada al equipo
Grado de verdor (SPAD)	Medidor de clorofila SPAD 502 Konica Minolta	Está asociado con el contenido de clorofila en la hoja. Se tomará de la quinta hoja totalmente expandida en el sentido ápice base en cada unidad experimental.
Análisis de parámetros fisicoquímicos (FQ)	Balanza Refractómetro Potenciómetro	Para el pH y la acidez se usarán los métodos potenciométricos reportados en la AOAC 981.12 (AOAC, 1990). Respecto a los sólidos solubles referidos como se utilizará el equipo de medición refractométrica, por su parte, la determinación de la materia seca se llevará a cabo por el método gravimétrico de secado por convección forzada en estufa hasta peso constante, descrito por la AOAC 934.01 (AOAC, 1990).
Análisis físicos	Balanza Pie de Rey Penetrómetro	En los análisis físicos previstos se encuentran: Peso de hortaliza con balanza de precisión, dimensiones (diámetros y longitudes de la parte cosechable), mediante medición clásica con pie de rey y textura instrumental con penetrómetro.

Variables	Equipos o instrumentos para la medición	Forma de medición
Análisis sensoriales.	No aplica	Se propone un análisis sensorial de los atributos de aroma, apariencia, sabores: dulce, amargo y salado, además de presencia de sabores extraños. Lo anterior, se realiza mediante una prueba descriptiva de calificación con escalas no estructuradas con la participación de al menos 10 panelistas semi-entrenados. Tanto los análisis físicos, fisicoquímicos y sensoriales se le realizarán con tres repeticiones para cada hortaliza y cada sistema de cultivo (condiciones protegidas y libre exposición).
Análisis de vida útil.	Balanza Pie de Rey Penetrómetro	

Fuente: Informe taller formulación proyecto



2.4. Metodología para el manejo agronómico del cultivo de hortalizas en ambientes protegidos

El manejo agronómico de los cultivos se plantea de acuerdo con las recomendaciones tecnológicas desarrolladas por las diferentes instituciones de investigación agropecuaria de cada país y la experiencia técnica de cada uno de los investigadores asociados a cada cultivo y proyecto como son: distancias de siembra, niveles de fertilización, sistemas de poda y tutorado, manejo del riego y la nutrición y prácticas de manejo integrado del cultivo, plagas y enfermedades. Una vez identificadas las especies potenciales para cada región/país se define un protocolo para evaluación, validación y ajuste de recomendaciones tecnológicas que conduzcan al desarrollo de un modelo productivo específico.

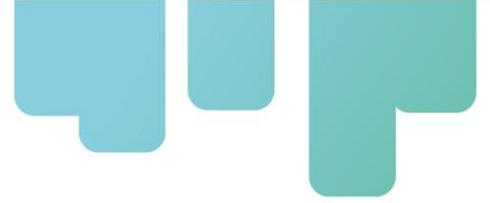
Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIP)

Manejo de insectos plaga

Para realizar el monitoreo de plagas, por cada planta se realiza un muestreo al azar en 4 hojas, flores o frutos, de acuerdo con la etapa fenológica, distribuidos en los estratos medio superior, media e inferior. El conteo del número de individuos de cada especie plaga encontrada se realiza en campo con la ayuda de una lupa de 40x. Se recomienda evaluar al menos diez plantas situadas dentro de cada parcela.

Las hojas colectadas se cubrirán con papel secante y se colocarán en bolsas de plástico, las cuales se transportan en hielera al laboratorio. Un porcentaje de los insectos son conservados en alcohol al 70 % para su posterior identificación.

Se recomienda que una parte de las muestras se coloquen en cámaras de cría para observar si hay emergencia de parasitoides y depredadores adultos. Las cámaras de cría consisten en recipientes plásticos con papel u otro medio absorbente que debe mantenerse húmedo en el fondo y con una malla o tela lo suficientemente fina para impedir el escape del insecto, parasitoide o depredador. En caso de que se observe la emergencia de enemigos naturales, se colectan y conservan en alcohol al 70%, para su identificación, junto con individuos de la especie de insecto hospedera. La información se registra en una ficha técnica de muestreo de las principales plagas y enemigos naturales en las hortalizas.



Se recomienda evaluar la densidad día acumulada de plaga sobre el cultivo p con base a los trabajos de Moreno Vázquez, (1994a, 1994b) según la siguiente expresión:

$$DA_t = D \times [(NMI_t + NMI_{t-1} / 2)] + DA_{t-1}$$

Donde:

DA_t= número de individuos-día acumulados en el muestreo t.

DA_{t-1}= número de individuos-día acumulados en el muestreo anterior (t-1).

D= número de días entre el muestreo (t-1) y t.

NMI_t= número medio de individuos en el muestreo t.

NMI_{t-1}= número medio de individuos en el muestreo (t-1).

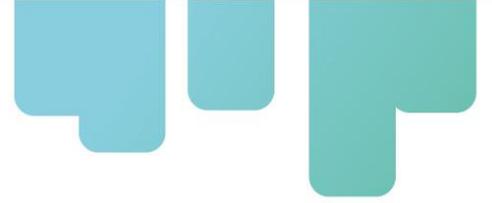
El uso de trampas se recomienda como método de control y monitoreo. Se colocan al azar trampas cromáticas adhesivas dentro del lote e invernadero y se contabilizan semanalmente el número de insectos atrapados en una superficie de aproximadamente 350 cm². Además, se colocan trampas (recipientes amarillos con agua).

Cuando las poblaciones de un insecto están por encima del umbral de acción, se realizan medidas de control, priorizando la aplicación de productos biológicos a base de hongos entomopatógenos, o aceites minerales. Si con la aplicación de biológicos no es suficientes para bajar las poblaciones por debajo del umbral de acción, se debe hacer una aplicación de productos químicos, usando diferentes ingredientes activos en rotación, para evitar la aparición de resistencia en las poblaciones.

Manejo de enfermedades

Para la evaluación de enfermedades, se parte del muestreo al azar de por lo menos cinco plantas por parcela u órganos (hojas, tallos, frutos y raíces) por plantas, siendo el ideal, el 10% de las plantas por especie establecida por ambiente. A partir de esta evaluación, se calcula la incidencia de cada una de las patologías observadas (porcentaje de plantas enfermas) como: [(Número de plantas u órganos afectados) x 100/ (Número total de plantas u órganos evaluados)], y la severidad, como la estimación visual del área afectada (Agris, 2004) dividiendo la planta en tercios afectados: hasta 33% del área afectada o un tercio, hasta el 66% del área afectada o dos tercios y hasta el 100% del área afectada o tres tercios.

Para enfermedades donde los síntomas se expresen en los frutos, se evaluarán cuatro racimos de frutos por planta (tomate), en frutos de mayor tamaño (berenjena pimentón y pepino) se



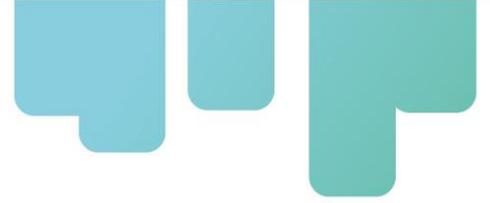
recomienda evaluar del 70 al 100% de los frutos presentes en el momento de la evaluación y hasta 100 frutos de ají, vainas de fríjol y habichuela. Para determinar la severidad de enfermedades que ocasionen marchitez, pudrición radicular y/o estrangulamiento del cuello de la raíz, se utilizará una escala de acuerdo con el progreso de la enfermedad, que va desde clorosis y marchitez, en algunos casos defoliación, hasta finalmente la muerte de la planta. En el caso de enfermedades que reporten en la literatura una escala diagramática o descriptiva específica para el patosistema, esta será utilizada para determinar su severidad.

Las evaluaciones se realizan cada ocho días después de siembra durante el ciclo del cultivo. Para la identificación de los patógenos causantes de las sintomatologías, las muestras colectadas (hojas, tallos, frutos y raíces) en cada evaluación se deben llevar al laboratorio donde se colocarán en cámara húmeda y/o medio de cultivo para la identificación y/o confirmación del agente causal. La identificación del(los) agente(s) causal(es) hasta género estará condicionada a la obtención de estructuras reproductivas del(los) patógeno(s) que facilite(n) su identificación a partir de sus características morfológicas en el caso de hongos. Cuando el(los) agente(s) causal(es) corresponda(n) a bacterias, nemátodos, virus y fitoplasmas y coincida(n) con que los síntomas observados no corresponden a los reportados en literatura especializada, la(s) muestra(s) será(n) enviada(s) a laboratorios especializados de diagnóstico vegetal para su identificación.

Con objeto de disminuir la presión de enfermedades y favorecer el desarrollo del cultivo, se recomienda la incorporación de enmiendas orgánicas, biofertilizantes y microorganismos como *Trichoderma* sp. al suelo previo a la siembra y durante el ciclo del cultivo. Previo al uso de los anteriormente listados, debe revisarse que los productos cuenten con el registro de la Organización Nacional de Protección Fitosanitaria para el uso en la especie a cultivar o similares, con el propósito de evitar problemas por fitotoxicidad y asegurar el uso eficiente y efectivo de los insumos.

Manejo de suelo y agua

La fertilidad del suelo es el resultado de la interacción entre sus propiedades físicas, químicas y biológicas y, consiste en la capacidad del suelo para aportar agua y nutrientes esenciales a las plantas para completar su ciclo de vida. Los nutrientes son exclusivamente de naturaleza orgánica o mineral. Se estima que las plantas requieren de 17 nutrientes (Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxígeno (O), Nitrógeno (N), Fosforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Boro (B), Cloro (Cl), Molibdeno (Mo) y Níquel (Ni) para completar su ciclo de vida y alcanzar los rendimientos esperados. Para la producción de hortalizas bajo cubiertas es necesario proporcionar los



nutrientes y agua a las plantas en función de sus requerimientos nutricionales e hídricos. Para la producción de hortalizas se sugiere seguir el plan de nutrición relacionado en la tabla 1.

Tabla 4. Estándares nutricionales a nivel edáfico para garantizar nutrición balanceada en hortalizas.

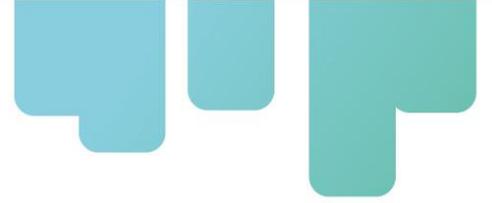
Parámetro	Unidad	Recomendación
Nitrógeno	kg/ha	100
Fosforo (P)	mg.kg-1	15
Azufre (S)	mg.kg-1	6
Hierro (Fe)	mg.kg-1	25
Manganeso (Mn)	mg.kg-1	5
Cobre (Cu)	mg.kg-1	1
Zinc (Zn)	mg.kg-1	1,5
Boro (B)	mg.kg-1	0,5
Calcio (Ca)	cmolc .kg-1	3
Magnesio (Mg)	cmolc .kg-1	1,5
Potasio (K)	cmolc .kg-1	0,25
Sodio (Na)	cmolc .kg-1	1

La aplicación del plan de nutrición se fracciona durante todo el ciclo productivo, aplicando un 30% en la fase vegetativa y 70% en la fase de floración y productiva. La aplicación se realiza bajo el sistema de fertirriego. Con la implementación de este sistema es importante tener en cuenta que la aplicación del riego se realiza hasta llevar el suelo a capacidad de campo, es decir, el suelo húmedo y no encharcado con un porcentaje de humedad aproximado entre 50 y 70%. Lo anterior para garantizar la eficiencia y eficacia del fertilizante y que la planta pueda tomar los nutrientes adecuadamente y se reduzcan las pérdidas por infiltración. Por otra parte, es fundamental que los fertilizantes utilizados sean completamente solubles y estén libre de impurezas.

Cosecha y Postcosecha

Para este apartado se recomienda que, para el caso de especies de fruta, se sugiere dejar al menos dos centímetros del pedúnculo y hacer el corte con tijera de podar, desinfectando con frecuencia las herramientas con yodo al 5 % con el fin de evitar movilizar patógenos entre plantas. Por su parte, en especies con el resto de las partes cosechable (hoja, flores, tallos y raíz), se recomienda cosechar la planta desde la raíz para que mantenga un estado de calidad óptimo para el transporte.

Por su parte, para la postcosecha se recomienda almacenar los productos en cajas plásticas o



cartón, en ambientes frescos para evitar acelerar la madurez.

2.5. Metodología para el análisis económico de la producción de hortalizas bajo ambientes protegidos

Los estudios económicos de los modelos de producción nos permiten seleccionar la mejor alternativa entre los cultivos analizados en un experimento después de obtenidos los resultados del análisis estadístico. La tasa de retorno marginal y mínima son de los indicadores que ayudan en la toma de decisiones efectivas y permiten reducir riesgos desde el punto de vista económico al productor. El análisis de presupuesto parcial, dominancia, tasa de retorno marginal y tasa de retorno mínima permiten escoger alternativas económicas dentro de un experimento con un gran número de tratamientos, y recomendar la mejor opción. Cuando existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se colocan los tratamientos de manera que los costos y beneficios resulten organizados desde el costo menor al costo mayor con sus correspondientes beneficios. Si los beneficios son menores en el orden establecido pues resultan dominados por tener mayor costo y menor beneficio. Luego del presupuesto parcial, de obtener costos e ingresos de cada tratamiento, se realiza el análisis de dominancia y con los tratamientos no dominados, entonces se pasa a completar el análisis de la tasa de retorno marginal; después se calcula la tasa de retorno mínima y si esta tasa es menor que la tasa de retorno marginal el agricultor aceptará la tecnología (CIMMYT, 1988).

Los sitios y sus condiciones climáticas pueden hacer una diferencia en la escogencia de los cultivos que se producen, en las tecnologías y en los eslabones por donde transita el producto hasta llegar al consumidor o usuario. Existen zonas donde se cultivan determinados productos y se comercializan por diferentes eslabones. Estos productos resultan rentables dependiendo de los costos e ingresos que culminan en un beneficio para el productor.

Para realizar la viabilidad económica es necesario que se recopile la información económica de la inversión, costo de producción y los ingresos por ventas de los productos, luego se determina los indicadores económicos que tienen en cuenta el tiempo y expresan el rendimiento económico de la inversión de la empresa agrícola. Estos indicadores permiten aceptar o rechazar la realización de un proyecto y evaluar su rentabilidad, además, se debe comparar y seleccionar entre diferentes alternativas de inversión. Los indicadores utilizados y de mayor uso son: el valor actual neto (VAN) ó valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y relación beneficio-costos

(B/C) (Martínez, 2015).

Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor que actualiza el flujo de beneficios netos (ingresos totales menos costos totales) mediante una tasa de descuento prefijada. El flujo de beneficios netos es generado por el proyecto de inversión. Este valor resulta de restar al valor actual de los flujos positivos el valor actual de los negativos. Para obtener el VAN se utiliza la fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^T Bt(1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T Ct(1+r)^{-t}$$

Donde

Bt= beneficios en cada período del proyecto

Ct= costos en cada período del proyecto

r = tasa de actualización

t = tiempo en Años

$(1+r)^{-t}$ = factor de actualización

El criterio de decisión del VAN para rechazar o aceptar un proyecto de inversión es que éste debe de ser igual o mayor que cero. Esto significa que, dada una tasa de actualización el valor presente de los beneficios debe superar o igualar al valor presente de los costos. Este indicador representa el beneficio neto actualizado que genera el proyecto que supera la tasa de descuento o factor de actualización.

Tasa Interna de Rendimiento (TIR)

La TIR económica es la tasa de valoración para la cual el valor actual de flujos positivos (corrientes de beneficios) y negativos (corrientes de costos) es el mismo (Levenfeld 1997). También, es aquella tasa que hace que el valor actual neto sea igual a cero. La fórmula para obtener la TIR es:

$$TIR = \sum_{t=1}^T Bt(1+r)^{-t} - \sum_{t=1}^T Ct(1+r)^{-t} = 0$$

Donde

Bt= beneficios en cada período del proyecto

Ct= costos en cada período del proyecto



r = tasa de actualización

t = tiempo en Años

$(1+r)^{-t}$ = factor de actualización

El criterio de decisión formal de la TIR para aceptar un proyecto es que sea mayor o igual que la tasa de actualización seleccionada. Este indicador expresa la tasa de interés máxima que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, después de recuperados los costos de inversión y de operación.

Relación Beneficio-Costo (B/C)

Es el cociente que resulta de dividir el valor actualizado de los flujos positivos o corrientes de beneficios entre el valor actualizado de los flujos negativos o corrientes de costos, a una tasa de actualización prefijada. La fórmula para obtener la relación beneficio-costo es:

$$B/C = \sum_{t=1}^T Bt(1+r)^{-t} / \sum_{t=1}^T Ct(1+r)^{-t}$$

Donde

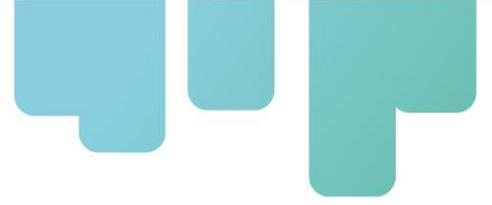
Bt = beneficios en cada período del proyecto

Ct = costos en cada período del proyecto

r = tasa de actualización

t = tiempo en Años

$(1+r)^{-t}$ = factor de actualización



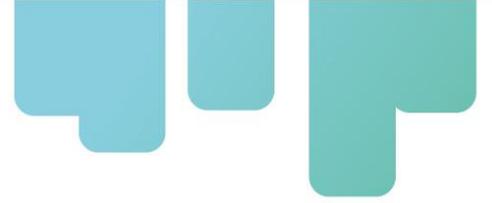
3. Metodología para la gestión del conocimiento encaminado al fortalecimiento de capacidades en los productores de hortalizas

La gestión del conocimiento se muestra como una relevante contribución a todos los sectores económicos, incluso en las actividades primarias y de producción agrícola, teniendo en cuenta la significativa participación de dichos agentes en el desarrollo socioeconómico mundial. De ahí, se tiene que inicialmente nuevas tecnologías y prácticas de gestión son discutidas en ámbito académico y divulgadas a través de publicaciones científicas para posteriormente ser transformadas en mecanismos fácilmente adoptados por la sociedad (Costa et al, 2019).

Se deben tener en cuenta componentes de gestión del conocimiento muy robusto, de tal forma que permitan una profunda interacción con los agricultores desde las etapas más tempranas de la validación, por lo que incorporar elementos de esta metodología resultaría fundamental para conocer las percepciones de los beneficiarios y los posibles impactos de las innovaciones. Por lo anterior en este aparte se ofrecen herramientas que pueden apoyar la difusión de las nuevas tecnologías generadas en el marco de la producción de hortalizas bajo ambientes protegidos.

El objetivo de este capítulo es dar unos lineamientos básicos para la construcción de una estrategia que permita dar a conocer y apropiar los conocimientos y tecnologías desarrollados en proyectos enfocados a la agricultura protegida, para darlos a conocer a los productores, asociaciones de productores, instituciones del sector público- privado, sector académico y demás eslabones de la cadena interesados en las tecnologías y así facilitar su incorporación al sistema productivo, para generar cambio técnico sostenible en el sector agropecuario. Los lineamientos para desarrollar la estrategia que permitan la vinculación de las tecnologías de AAP según (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], 2017) son:

Paso 1. Se debe realizar una evaluación de la pertinencia de la tecnología en el mercado; la estrategia debe prever actividades de vinculación temprana (investigación participativa) que deben generar dinámicas de compenetración (identificación) del producto final con los beneficiarios, que favorezcan la puesta a punto del producto y su adopción.



Paso 2. La estrategia de vinculación debe plantearse y desarrollarse de manera que contribuya al cumplimiento de objetivos claros como son: definición del público al cual va dirigido, una estrategia de incorporación y posicionamiento de la tecnología y conocimiento, definición de cobertura, alcance, recursos e indicadores de seguimiento, que permitan medir el resultado de dicha incorporación. Estableciendo metas a corto, mediano y largo plazo.

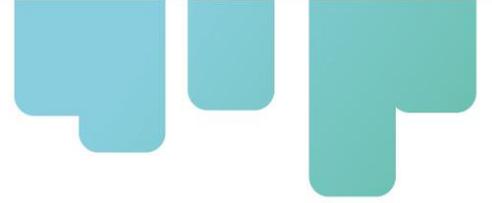
Paso 3. Se debe contemplar la divulgación y difusión de las tecnologías que contribuyan a la promoción de la AAP, haciendo uso de todas las tecnologías de la información y comunicación (TICs) disponibles, promoviendo la gestión del conocimiento las actividades de multiplicación y escalamiento de ser requeridas, su distribución y mercadeo respectivo, seguimiento técnico y comercial en función de la relación con los aliados que establezca cada país.

Paso 4. construir un plan de negocios que contenga el componente financiero, operativo y comercial de las tecnologías para promover la AAP. Este plan de negocios contemplará mercado objetivo, producción y mercadeo que promuevan la incorporación de la tecnología y posicionamiento de esta oferta.

Paso 5. Establecimiento de espacios físicos que promuevan las innovaciones en AAP como son: vitrinas, parcelas demostrativas, fincas innovadoras.

Es importante que los procesos de transferencia de tecnología en el sector agropecuario respondan a dos escenarios: el primero de carácter endógeno(cerrado/interno), en el cual es de resaltar la gestión del conocimiento y la innovación, mientras en el segundo, de carácter exógeno (abierto/externo), será apoyo de los procesos y acciones enfocadas por entidades e instituciones público- privado que permitan movilizar y dinamizar espacios de participación intersectorial que operen desde una visión de territorio (agendas, cadenas agro productivas, clúster regionales, sistemas regionales de innovación, alianzas interinstitucionales), en los cuales se juega el rumbo del desarrollo agropecuario nacional y en particular, las posibilidades de articulación en un escenario que privilegia a organizaciones capaces de crear ambientes propicios para la gestión del conocimiento y la innovación y que a su vez, traducen lo anterior en resultados tangibles frente a sus objetivos estratégicos y en soluciones eficientes para las necesidades de sus clientes.

La visión de investigación que contribuya al desarrollo de cada país con conocimiento y soluciones tecnológicas, la importancia creciente de la agroindustria, la apertura de mercados, los acuerdos comerciales bilaterales y multilaterales y la necesidad de modernización del sector primario



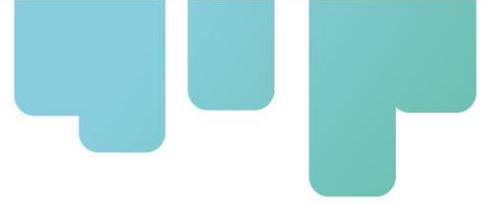
hacen necesario un nuevo enfoque del rol de transferencia de tecnología que permanece a toda la institucionalidad con énfasis en el fortalecimiento de las competencias laborales y las capacidades tecnológicas de organizaciones e individuos que prestan el servicio de Asistencia Técnica Agropecuaria por medio de estrategias de Gestión del Conocimiento en Sistemas de Innovación que permitan vincular al sector productivo el conocimiento, las tecnologías, las soluciones tecnológicas y los productos generados.

Para iniciar procesos de aprendizaje es importante identificar los estilos de aprendizaje de los participantes de sus actividades de transferencia y la consecuente toma de decisiones sobre las mejores herramientas a utilizar para favorecer su aprendizaje. Esta metodología puede consultarse en el documento Metodología para la identificación de estilos de aprendizaje aplicable al sector agropecuario colombiano (MIDEAS), generada por AGROSAVIA y la Universidad de Antioquia en 2017 la cual se puede consultar a través del siguiente enlace: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13484>

3.1. Herramientas de comunicación y gestión del conocimiento

FONTAGRO, financiador del proyecto en el cual está enmarcado este documento, actualmente posee un manual del gestión del conocimiento muy completo que contiene instructivos para la construcción de herramientas para la gestión del conocimiento como son: *webstories*, videos, entradas de blog, y formatos para la construcción de documentos técnicos; este manual puede servir de ejemplo para cualquier institución que desee implementar herramientas que permitan la difusión/diseminación de los proyectos y de recolección y sistematización de los resultados. , este manual y sus herramientas pueden ser consultados en el siguiente enlace: <https://www.fontagro.org/es/productos-de-conocimiento/>

Adicional a lo anterior sugerimos La construcción de **modelos productivos** los cuales son documentos que contienen un conjunto de conocimientos con base en tecnologías sustentables aplicables a un sistema productivo desarrollado en una región específica, y que por tanto tiene en consideración los factores ambientales, sociales, culturales, económicos, entre otros. Su expresión documental, presenta información de forma clara y concreta sobre cada uno de los factores relacionados directamente con un sistema productivo y las tecnologías adaptadas a las condiciones de un sistema, generadas desde la experticia y la lógica técnica o agronómica, que, con su aplicación, mejoran sustantivamente la productividad y competitividad en una región específica.

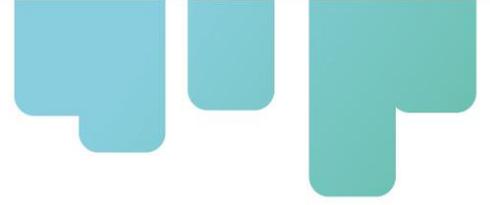


Este enfoque precede a la evaluación, validación y ajuste tecnológico y tiene como objetivo facilitar el acceso a pequeños y medianos productores y a asistentes técnicos agropecuarios, a conocimientos técnicos e innovaciones tecnológicas, por medio de información concreta sobre procesos y actividades a llevar a cabo en las condiciones específicas en las que se presentan modelos productivos que contribuyan a mejorar el manejo agronómico de los cultivos. Su alcance es presentar de forma concreta y sencilla las tecnologías adaptadas a las condiciones del sistema productivo de ambiente protegido, teniendo en cuenta todos los aspectos relacionados con el mismo, desde la descripción de los sistemas productivos, área geográfica, priorización de cultivos, hasta la descripción de las actividades propias del proceso final de transformación y valoración de subproductos.

Estructura de modelos productivos agrícolas

Para la construcción de modelos productivos se propone la metodología generada por (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA], s. f.) la cual se desarrolla a través de las siguientes etapas:

- A. Área geográfica y entorno ambiental:** Debe describir el área geográfica donde se definió el Modelo Productivo de ambiente protegido y su importancia en la producción de las diferentes especies priorizadas. Se debe mencionar la ubicación, altitud, clima, suelos, hidrografía y relieve de la zona. Descripción botánica (biología floral y polinización), taxonómica y clasificación del producto en cuestión.
- B. Recurso genético y propagación:** Debe describir de los materiales seleccionados (variedad, híbrido, etc.) a sembrar en los sistemas de ambiente protegido, medios y métodos de propagación incluyendo nombre de los materiales disponibles y descripción de sus características productivas más importantes. Se exponen las características principales relacionadas con potencial genético del cultivo, en especial de la producción de cada especie, de acuerdo con las condiciones ambientales de la zona.
- C. Exigencias edafoclimáticas para el desarrollo del cultivo:** descripción de las exigencias y/o requerimientos ambientales/climatológicos/edafológicos del cultivo (altitud, precipitación, humedad relativa, temperatura, vientos, brillo solar durante el año y riesgos o alertas para el cultivo).
- D. Manejo del recurso suelo:** Se debe caracterizar los suelos, en cuanto a fertilidad, textura y



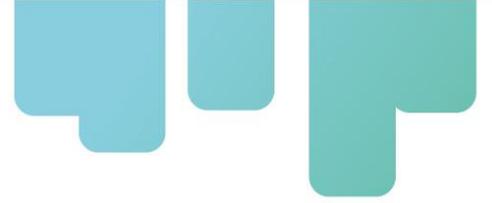
estructura; así como detallar las tecnologías de conservación de suelos que se deban realizar a los sistemas de ambiente protegido, que incluya las actividades de preparación y manejo del terreno, aplicación de enmiendas y materia orgánica.

E. Sistemas de siembra: Se debe recomendar las épocas de siembra para cada zona específica de aplicación del modelo productivo teniendo en cuenta las características de la región y periodos de lluvia, sistemas de siembra de ambiente protegido, ventanas de mercados de mayor demanda, distancia, número de plantas por metro o por hectáreas, densidad de semilla (Kg/ha), tipos de arreglo en campo (monocultivo, asociado, mixto o multiestrato), entre otros.

F. Prácticas culturales: Se debe describir las labores específicas para el manejo del sistema productivo, que incluya las especies priorizadas y tecnologías para la realización de estas que permita una producción sostenible, con una mayor producción, mejor uso de los recursos de la producción y un eficiente uso del recurso hídrico.

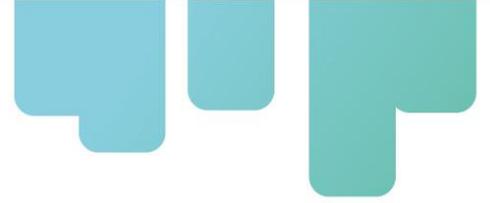
- **Riego y drenaje:** se debe presentar las tecnologías disponibles para los sistemas productivos para suplir sus necesidades hídricas de los cultivos, incluyendo la programación de riego (caudales de aplicación, momento oportuno, tiempo de riego, frecuencia de riego, uso consuntivo, balance hídrico) y aplicaciones recomendadas para la zona específica de implementación del modelo productivo. Necesidades de drenaje de la zona, sistemas existentes y formas de manejo de las aguas en exceso y calidad de agua para riego.
- **Fertilización:** se presenta las tecnologías disponibles para el uso de fertilizantes basadas en las necesidades del cultivo y su tasa de absorción de nutrientes (cantidad de nutrientes, forma, frecuencia, época de aplicación, entre otros). Incluye: dosis kg/ha y periodicidad. Recomendaciones para análisis de fertilidad de suelos, frecuencia, entre otros; así como la información al respecto de los problemas por toxicidad o deficiencia de nutrientes.
- **Podas:** en los casos que aplique, se incluirá la información de los tipos de podas utilizados en el cultivo, justificación, métodos, materiales y herramientas utilizadas y recomendaciones de manejo.
- **Manejo de malezas:** Debe incluir tipos y prevalencias de malezas en la región de estudio, periodos críticos, plan de manejo, métodos, materiales, insumos, recomendaciones de manejo integrado de malezas.

G. Manejo integrado de plagas y enfermedades – MIPE: Debe incluir la relación de plagas y



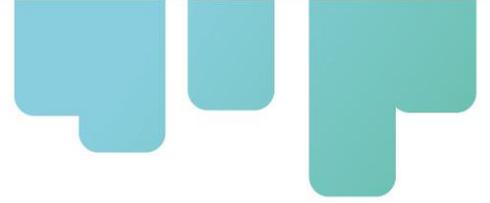
enfermedades, descripción (nombre común, científico, agente causal, ciclos de vida, tipo de daño, entre otros), métodos y tecnologías de prevención, detección, control y manejo cultural, genético, físico, químico y biológico, asociados con la fenología del cultivo. Métodos de evaluación de la incidencia, severidad y umbrales de las limitantes fitosanitarias. Debe incluir material fotográfico y/o esquemas.

- H. Cosecha:** Debe describir los factores relacionados con la época, indicadores de madurez (puntos/grados de maduración), frecuencia, tecnología de cosecha, sistema de programación de cosecha, materiales.
- I. Poscosecha:** Se debe describir las actividades y tecnologías (infraestructura, equipos, herramientas, etc.) recomendadas para el manejo del producto en poscosecha, haciendo especial énfasis en las buenas prácticas agrícolas, a procesos de lavado, clasificación, almacenamiento y empaque; así como la vida en anaquel.
- J. Transformación y valor agregado:** Se debe presentar de forma concreta las alternativas de transformación, industrialización y valoración de los productos y subproductos, así como las prácticas y actividades llevadas a cabo en dichos procesos. Estudio del mercado local, regional y nacional del producto y sus subproductos.
- K. Indicadores económicos:** Se debe presentar los indicadores económicos de mayor importancia como rendimientos, rentabilidad, ingresos, relación costo/beneficio, entre otros, para el producto en las condiciones específicas del modelo productivo. Estructuras de costos, análisis resumido de la cadena de valor que involucra la actividad productiva (actores principales y eslabones, etc.) y del mercado, como una forma de conocer mejor el entorno en el cual se desarrolla, incluyendo el nivel de competitividad de la región en el mercado para el producto específico.
- L. Fuentes bibliográficas:** Debe incluir los documentos consultados y de respaldo al modelo productivo.



Referencias Bibliográficas

- Bauer, SE, K. Tsigaridis, G. Faluvegi, M. Kelley, KK Lo, RL Miller, L. Nazarenko , GA Schmidt y J. Wu, (2020). Evolución histórica (1850-2014) de aerosoles y papel en el forzamiento climático usando la contribución de GISS ModelE2.1 a CMIP6.
- Bernet T., Thiele G. and Zschocke T. (2006). Participatory Market Chain Approach (PMCA) – User Guide. International Potato Center (CIP) – Papa Andina, Lima, Perú.
- Boshell, F (2014). Análisis general de la gestión de información agroclimática en Colombia [diapositivas de PowerPoint]. Recuperado: Taller de Gestión de la Información Agroclimática en Colombia. Corpoica Centro de Investigación Tibaitatá, Mosquera – Colombia."
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, mx). (1988). La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica (en línea). México, DF. Cimmyt. 70 p. Consultado 4 oct. 2021. Disponible en <https://repository.cimmyt.org/handle/10883/1063>.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (2017). *Plan de vinculación: diseño, ejecución y evaluación* [Proceso: Vinculación de conocimientos y tecnologías].
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria [AGROSAVIA]. (s. f.) *Estructura modelos productivos* [Documento interno de trabajo].
- Costa, Lucas; Fernandes, Alice; Ferreira, Ana; Saraiva, Caroline; Chinchón Pérez, Miguel., (2019). Gestión del conocimiento en el sector agrícola: un análisis bibliométrico. VL - 26. Revista Estudio & Debate. 68 p. [https://www.researchgate.net/publication/336213349 Gestión del conocimiento en el sector agrícola. Un análisis Bibliométrico](https://www.researchgate.net/publication/336213349_Gestión_del_conocimiento_en_el_sector_agrícola._Un_análisis_Bibliométrico)
- FAO, (2009). La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Roma, Italia.
- FAO, 2009. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. Como alimentar al mundo. Foro de expertos de alto nivel. Oficina del Director, Dirección de economía del desarrollo agrícola. Departamento de Desarrollo Económico y Social. Roma, Italia. 4 p
- FAO. (2015). Desarrollo de cadenas de valor alimentarias sostenibles: principios rectores. Roma.



- FAO. (2020) Informe SOFI 2020. Transformación de los sistemas alimentarios para que promuevan dietas asequibles y saludables. 320 P. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9692en>
- FAO. (2020). Frutas y verduras – esenciales en tu dieta. Año Internacional de las Frutas y Verduras, 2021. Documento de antecedentes. Roma. <https://doi.org/10.4060/cb2395es>. 81p.
- Jaramillo N, J.E; Rodriguez, V.P; Gil V, L.F; García M, M.C; Hío, J.C; Quevedo G, D; Sánchez L, G.D; Aguilar A, P.A; Pinzón P, L.M; Zapata C, M.A; Restrepo, J.F y Guzmán A, Miryam. (2012). Tecnología para el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas. Corpoica. 484 p.
- Levenfeld, Gustavo; De la Maza, Sofía. Matemática de las Operaciones Financieras y de la Inversión (1997). McGraw Hill - 277p
- Martínez, C. (2015). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de ají-pimiento bajo invernadero en Rancho Arriba, San José de Ocoa. Revista APF. 4 (1):9-16. Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales. SODIAF. p. 54.
- Mayorga, J. (2012). Caracterización de la cadena productiva de hortalizas bajo techo en el Salvador. IICA, Centa, MAG.
- Moreno Vázquez, R. (1994). Análisis de datos. In R. Moreno Vázquez (Ed.), *Sanidad vegetal en la horticultura protegida* (pp. 109–112). Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Muñoz, F. (2018). Desarrollo de un sistema de gestión por procesos para empresas de servicios de ingeniería y construcción orientadas a la industria. Tesis de maestría en Dirección de Empresas. Caso: Empresa CDM, S.A. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador.
- POEHLMAN. J. (1992). Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. LIMUSA. México. 11 va edición. 105 p.
- Rodríguez Espinosa, Holmes; Piedrahita Pérez, Alejandra; Velásquez Chica, Alexandra; Toro González, Isabel Cristina; Ramírez Gómez, Carlos Julián; Gallego Lopera, Alexandra; Durango Molina, Eduar. (2017). Metodología para la identificación de estilos de aprendizaje aplicable al sector agropecuario colombiano (MIDEAS): Manual para el facilitador. Corporación colombiana de investigación agropecuaria - AGROSAVIA Universidad de Antioquia. 48 p.
- Trenberth, Kevin E; Fasullo, John T., Kiehl Jeffrey (2009). Presupuesto energético global de la Tierra. <https://doi.org/10.1175/2008BAMS2634.1> Página(s): 311–324



Instituciones participantes

AGROSAVIA

Corporación colombiana de investigación agropecuaria



Instituto Nacional de Innovación y
Transferencia en Tecnología Agropecuaria



idia Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá

Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org