





Título de la obra

Contexto agronómico

Técnica

Ilustración digital con tableta, pincel en
textura de carboncillo

Autora

Laura Stefanny López Cortés (Sstefcore)



@sstefcore



Stefanny López

- Capítulo IV -

Contexto agronómico de la evaluación de materiales de *Capsicum* spp.

Cristian Dominguez Pulgarin, Carolina Zuluaga Mejía, Jaime Horacio López-Hoyos,
Jorge Eliécer Jaramillo Noreña

El capítulo presenta el contexto agronómico bajo el cual se desarrolló la evaluación de materiales de *Capsicum* spp. para el uso potencial en la agroindustria. Su propósito es describir de manera estructurada las condiciones edáficas, ambientales y de manejo que enmarcaron la expresión productiva de los genotipos evaluados. Se detalla el proceso de adecuación del suelo con base en el análisis fisicoquímico previo, orientado al ajuste del balance nutricional y a la optimización de la funcionalidad biológica. Asimismo, se describe la implementación de cobertura plástica, el establecimiento del cultivo y el sistema de tutorado, como

prácticas dirigidas a mejorar la arquitectura vegetal y la eficiencia en las labores agronómicas. El manejo hídrico se fundamentó en la caracterización de las propiedades hidrofísicas del suelo, el monitoreo climático y el cálculo técnico de láminas de riego por etapa fenológica, mediante un sistema de goteo. La nutrición se estructuró bajo un esquema de fertirriego ajustado a los requerimientos del cultivo y a las condiciones del suelo y del agua. En conjunto, estas prácticas garantizaron condiciones experimentales homogéneas y técnicamente controladas, necesarias para una evaluación objetiva del desempeño agronómico y productivo de los materiales.





Foto: Esteban Castaño Llanos

Introducción

El presente capítulo corresponde a la descripción metodológica del manejo agronómico realizado a la parcela donde fueron establecidos los materiales de *Capsicum* spp. evaluados entre mayo de 2022 y marzo de 2023. El ensayo se realizó en el C. I. La Selva de AGROSAVIA. El equipo de autores considera relevante presentar al detalle las actividades de manejo agronómico realizadas, para que el lector conozca las condiciones específicas en las que los genotipos expresaron sus características y potencialidades productivas para la agroindustria. Finalmente, es importante destacar que para el establecimiento del cultivo se partió de un análisis de suelo en el cual se basó el equipo técnico para el manejo agronómico. Los resultados del análisis se describen a lo largo del capítulo. Dicho lo anterior,

este no pretende ser una guía de manejo agronómico para el cultivo de *Capsicum*, por el contrario, es un espacio donde se detallan las condiciones y manejo agronómico brindado a los materiales genéticos evaluados.

Preparación y acondicionamiento del suelo

Preparación del suelo

Se seleccionó un área de terreno con una extensión de 1.700 m² dentro del espacio denominado *invernadero inteligente*, ubicado en el lote 3A, en la terraza baja del C. I. La Selva de AGROSAVIA, ubicado en el kilómetro 7 vía Rionegro-Las Palmas, a una altitud de 2.100 m s. n. m., con una temperatura promedio de 17 °C y una humedad relativa de 85 % (figura 4.1).



Figura 4.1. Lote seleccionado para la siembra.

Foto: Cristian Dominguez Pulgarin

La preparación del lote consistió en la eliminación de malezas de forma mecánica (guadaña) y en tres pases de motoazada, con el objetivo de romper el suelo sin generar compactación de capas inferiores, y dejarlo así mullido para la construcción de caballones de 30 cm de altura separados entre sí por 1,5 m.

En la costa Caribe colombiana, que es la principal zona productora de *Capsicum chinense* del país, los pequeños productores emplean sistemas de siembra manuales con labranza mínima, mientras que los grandes productores utilizan mecanización agrícola, compuesta generalmente por un pase de arado, dos rastrillados, nivelada y surcada (Pinto Zapata et al., 2005).

Aplicación de enmiendas y materia orgánica

Durante el establecimiento del cultivo se aplicó cal dolomítica en una dosis de $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, incorporada en la capa arable (0-20 cm). El suelo presentó un pH de 5,94, valor inferior al rango óptimo de 6,5-7,0 para el desarrollo de *Capsicum* (Saavedra et al., 2019), y una relación Ca:Mg de 7,7:1, derivada de un contenido alto de calcio ($16,4 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$) y medio de magnesio ($2,13 \text{ cmol}(+) \cdot \text{kg}^{-1}$).

Dado que no se detectó aluminio intercambiable y la saturación por bases fue cercana al 100 %, la aplicación tuvo como propósito ajustar el balance catiónico del complejo de intercambio, más que neutralizar la acidez.

La dosis se determinó mediante el método de balance de cationes intercambiables (Sumner & Miller, 1996; Kamprath, 1970), considerando la capacidad de intercambio catiónico efectiva ($19,3 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$), la densidad aparente del suelo ($1,3 \text{ Mg}\cdot\text{m}^{-3}$) y la composición mineral de la dolomita ($\approx 16 \% \text{ Ca}$ y $10 \% \text{ Mg}$). Este ajuste se proyectó para incrementar el Mg intercambiable en aproximadamente $0,3 \text{ cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$, equilibrando la relación Ca:Mg dentro del rango agronómicamente aceptable para suelos agrícolas ($\approx 4\text{-}6\text{:}1$) (NSW Department of Primary Industries, 2021; Iowa State University Extension and Outreach, 2023), sin modificar de forma significativa el pH.

Según las recomendaciones para suelos tropicales de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés), encalar con 1 a 2 t/ha cada 2 o 3 años podría ser suficiente para regular la acidez y conservar condiciones de pH adecuadas. Además, realizar aplicaciones de cal excesivas afecta la agregación de partículas y dispersa los coloides del suelo (Navarro García & Navarro García, 2013).

En estudios de diferentes dosis de cal dolomita, se ha podido comprobar que no existe diferencia entre el aporte de $1,5$ o 3 t ha^{-1} , por lo que usar dosis altas de la enmienda provoca un incremento en los costos de producción, además de un posible deterioro del suelo, ya que las 2 dosis incrementan entre $0,98$ y $0,85$ unidades de pH (Carvajal Diguay & Gómez Badillo, 2016).

Durante el establecimiento, se incorporó gallinaza compostada a razón de 8 t ha^{-1} , aplicada sobre el suelo previamente preparado y antes de la instalación del sistema de riego y el acolchado plástico. Esta práctica formó parte del manejo edáfico, dirigido a mantener el equilibrio biológico y la disponibilidad gradual de nutrientes en el suelo.

El análisis inicial del suelo ($0\text{-}20 \text{ cm}$) evidenció un contenido de materia orgánica de $10,4 \%$, pH moderadamente ácido ($5,9$) y capacidad de intercambio catiónico media ($19,3 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$), condiciones que reflejan una buena reserva de nutrientes, pero también una tasa de mineralización limitada bajo el clima templado-frío y la altitud del sitio experimental ($\approx 2.100 \text{ m s. n. m.}$). En tales condiciones, la descomposición de residuos orgánicos tiende a ser lenta, lo que puede reducir el aporte efectivo de nitrógeno mineral y otros nutrientes al sistema.

La incorporación de materia orgánica estabilizada buscó favorecer la actividad microbiana y la estructura física del suelo, con el fin de promover una liberación progresiva de nutrientes, sin alterar las condiciones redox ni generar procesos de inmovilización o fermentación anaerobia. De este modo, la enmienda orgánica se integró como parte del manejo metodológico del suelo, orientado a mantener su funcionalidad biológica, y su capacidad de retención de agua y nutrientes durante el ciclo del cultivo.

Implementación de Agromulch

El cultivo se estableció sobre suelo cubierto con Agromulch o cobertura plástica color negro-plata (negro en la parte inferior y plata en la superior), con un calibre de 1.5 mm. La cobertura se

extendió sobre los camellones, se templó y afirmó en los costados con suelo. Se le realizaron perforaciones de 20 cm de diámetro, en las cuales se ubicaron posteriormente las plantas (figura 4.2).



Figura 4.2. Instalación de Agromulch en el lote.

Foto: Cristian Dominguez Pulgarin

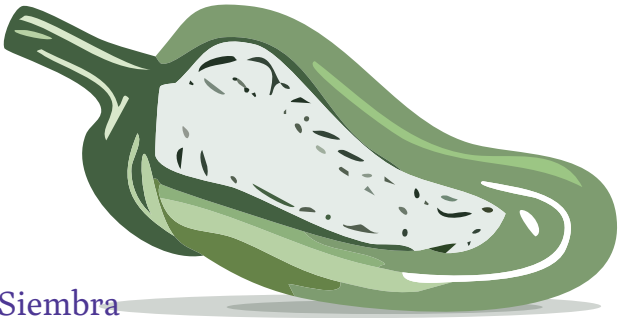
El empleo de acolchados se ha utilizado para mejorar las condiciones de producción de cultivos. Generalmente, las cubiertas plásticas aumentan la temperatura del suelo, reducen la compactación, la presencia de arvenses, la lixiviación de nutrientes y la pérdida de agua por evaporación. Igualmente, contribuyen a aumentar la precocidad, la concentración de carbono y la obtención de productos de mayor calidad (Hernández, 2014).

Se ha determinado que el empleo de cobertura plástica aumenta el rendimiento de cultivos de *C. chinense* Jacq. Si bien su uso disminuye el peso individual de los frutos, esto se ve compensado por la emisión de un mayor número de frutos por planta. Por otra parte, el uso de estas coberturas aumenta la precocidad del cultivo, con lo que se disminuye en una semana el tiempo de cosecha, en comparación con el cultivo en suelo desnudo (Gil-Marín et al., 2012).

Establecimiento del cultivo

Semilleros

Inicialmente, las plántulas se germinaron en bandejas de 72 alveolos, empleando turba como sustrato. En cada alveolo se colocó una semilla, la cual germinó entre los 10 y los 35 días, dependiendo de la accesión. El manejo de la germinación consistió en el suministro de agua una o dos veces al día, dependiendo de los niveles de temperatura. El trasplante a campo definitivo se llevó a cabo a los 45 días posteriores a la germinación, cuando las plántulas ya tenían sus primeras 4 hojas bien formadas.



Siembra

Para la siembra se construyeron caballones de 30 cm de alto, con una distancia entre ellos de 1,5 m. Las plántulas se sembraron a 45 cm entre ellas, agrupadas por especies, como se puede observar en la figura 4.3.

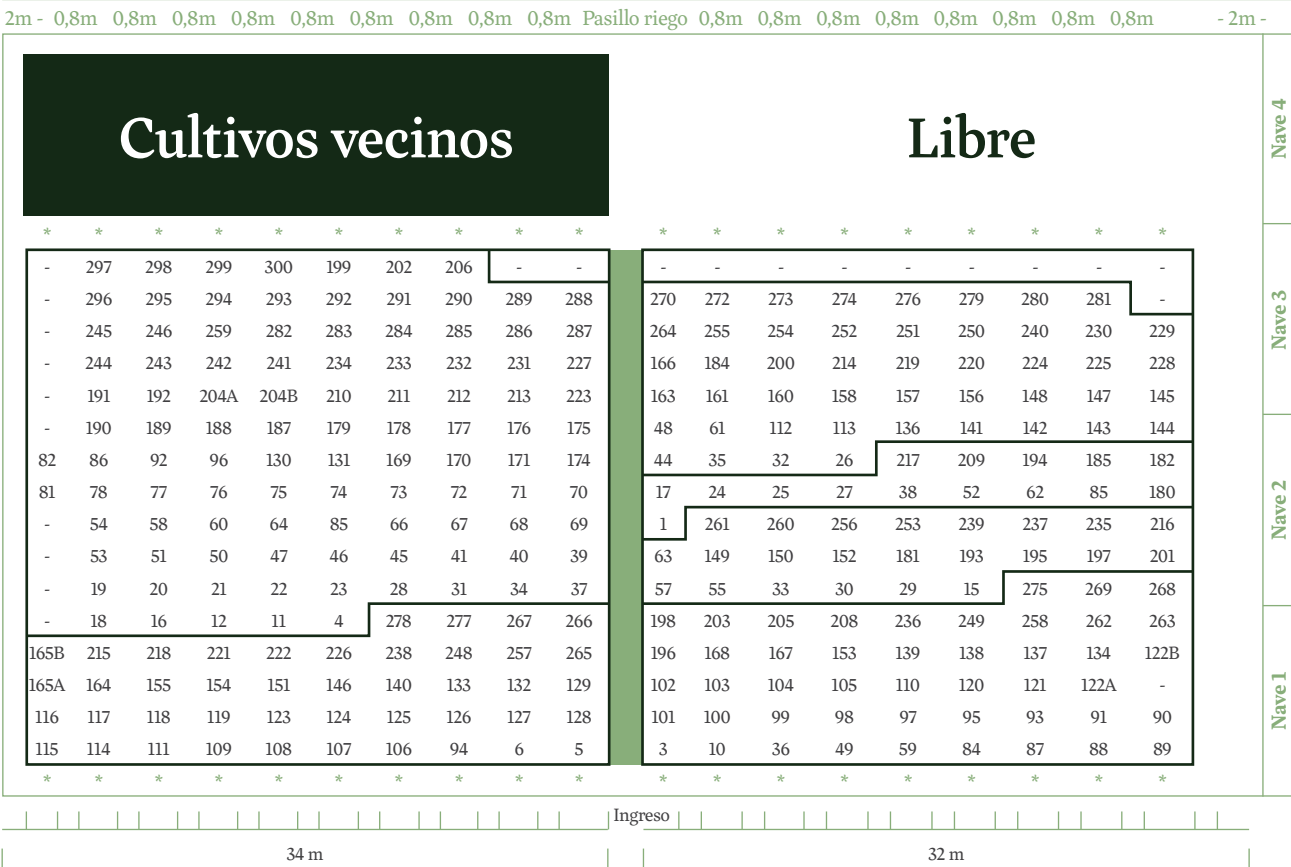


Figura 4.3. Plano de siembra.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente a la siembra, se realizaron cuatro aplicaciones foliares con un intervalo de siete días entre cada una. Las aplicaciones consistieron en la mezcla de un fertilizante foliar complejo 16-16-12 NPK y un fertilizante foliar complejo 10-30-10 NPK con aminoácidos, en dosis de 2,5 cc L⁻¹ y 0,5 cc L⁻¹, respectivamente.

El fertilizante foliar complejo 16-16-12 NPK corresponde a una suspensión concentrada (SC) que aporta 160 g L⁻¹ de N (38 g L⁻¹ amoniacal, 12 g L⁻¹ nítrico y 110 g L⁻¹ ureico), 160 g L⁻¹ de P₂O₅ y 120 g L⁻¹ de K₂O, complementados con B (10,0 g L⁻¹), Cu (0,21 g L⁻¹), Fe (0,43 g L⁻¹), Mn (0,36 g L⁻¹), Mo (0,07 g L⁻¹) y Zn (10,0 g L⁻¹), estos últimos quelatados con

EDTA (ácido etilendiaminotetraacético). También presenta pH 6,4, densidad 1,40 g cm⁻³ y una formulación balanceada que favorece la absorción rápida y homogénea de nutrientes.

Por su parte, el fertilizante foliar complejo 10-30-10 NPK con aminoácidos aporta 100 g L⁻¹ de N (30 g L⁻¹ nítrico y 70 g L⁻¹ ureico), 300 g L⁻¹ de P₂O₅ y 100 g L⁻¹ de K₂O, además de MgO (15 g L⁻¹), S (5 g L⁻¹), B (5 g L⁻¹), Cu (4 g L⁻¹), Zn (5 g L⁻¹) y aminoácidos libres (40 g L⁻¹), provenientes de hidrólisis controlada de proteínas vegetales. El producto presenta pH 2,5 y densidad 1,42 g mL⁻¹, características que favorecen la compatibilidad con la mayoría de fertilizantes y agroquímicos, excepto formulaciones a base de estaño.



Foto: Esteban Castaño Llanos

Manejo del riego y del drenaje

Condiciones iniciales para tener en cuenta en la instalación del sistema de riego

Según Pinto-Zapata et al. (2013), para su buen desarrollo y producción, las variedades de *Capsicum* sp. tienen un requerimiento de agua promedio de 600 a 1.250 mm anuales, por lo que se instaló un sistema de riego por goteo, teniendo en cuenta varias consideraciones de tipo técnico que se presentan a continuación.

Se determinó en laboratorio la curva de retención de humedad del suelo, la cual permite establecer una relación entre el potencial total del agua del suelo y su contenido de humedad dentro de un amplio rango de tensiones. Esta gráfica se construye con datos obtenidos en laboratorio utilizando platos y ollas de presión, en los que las muestras se someten a diferentes presiones (0,1, 0,3, 1, 5, 10 y 15 atm). Este análisis permite conocer las propiedades hidrofísicas del suelo, como la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y otros puntos de retención intermedios.

La capacidad de campo es el contenido de humedad que retiene el suelo una vez ha drenado, luego de un riego abundante o inundación, considerando el contenido de humedad óptimo en que la planta puede tomar el agua sin mayor esfuerzo (Jaramillo, 2011). La saturación es el contenido de humedad en el que tanto los microporos como los macroporos del suelo están completamente llenos de agua. En este punto, la planta no cuenta con la energía necesaria para extraer el agua del suelo, por lo que es una condición no ideal para el desarrollo de un cultivo. El punto de marchitez permanente es el contenido de humedad en el que el suelo está tan seco que la planta no tiene el agua necesaria para sus funciones y se genera un daño irreversible, por lo que es una condición que debe evitarse.

La toma de muestras para este análisis es muy similar a la que se realiza para densidad aparente. Se debe tener especial cuidado con marcar una flecha en el sentido en que entra el agua al suelo, como se puede observar en la figura 4.4.



Foto: Oscar Alfonso Loaiza-Loaiza



Figura 4.4. Toma de muestras para curva de retención de humedad. a. Cilindro para toma de muestra; b. Muestra tomada para la curva.

Fotos: Cristian Dominguez Pulgarin

La curva de retención de humedad obtenida para el suelo de la parcela del C. I. La Selva se presenta en la figura 4.5.

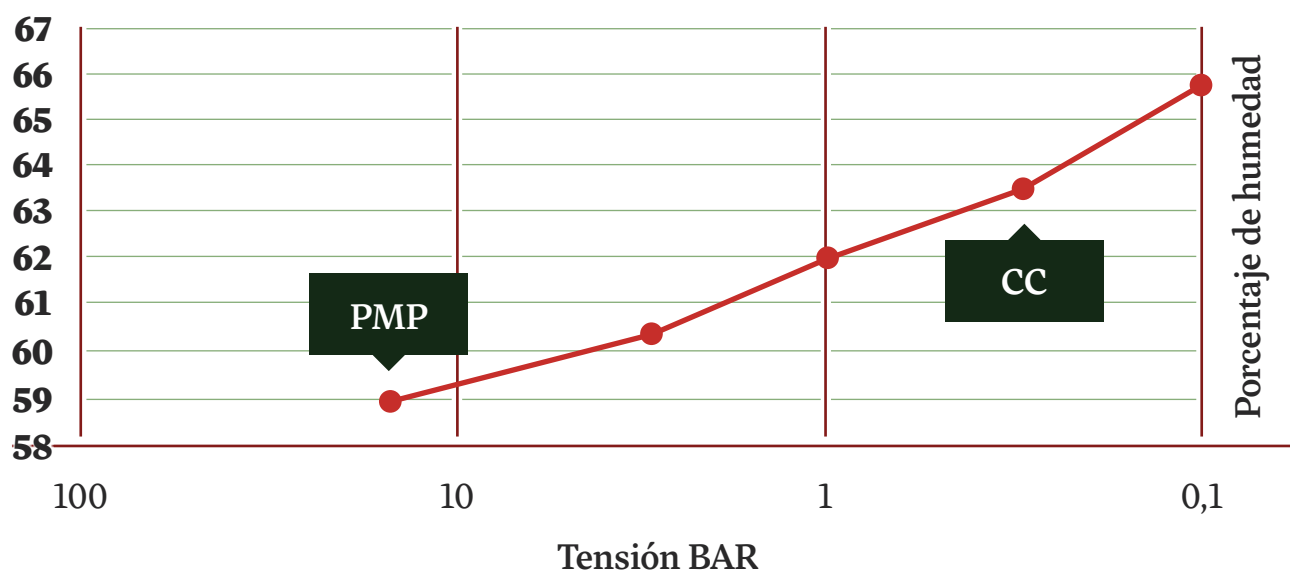


Figura 4.5. Curva de retención de humedad.

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos para este suelo, se aprecia que el contenido de humedad óptimo oscila entre el 63,56 y el 65,82 %, lo que indica un nivel de humedad alto. Para monitorear este parámetro, se instaló un tensiómetro en el lote (figura 4.6). Esto, complementado con la observación de las condiciones climáticas y de la humedad del suelo, sirvió como criterio clave para la aplicación del riego durante el ciclo de crecimiento del cultivo.



Figura 4.6. Tensiómetro instalado en el lote.

Foto: Cristian Dominguez Pulgarin

El monitoreo de las condiciones climáticas del cultivo se hizo con un *datalogger* RHT 20 y una estación Watchdog series 2000. Periódicamente se obtuvieron los datos de temperatura y humedad relativa, como se presentan en la figura 4.7.

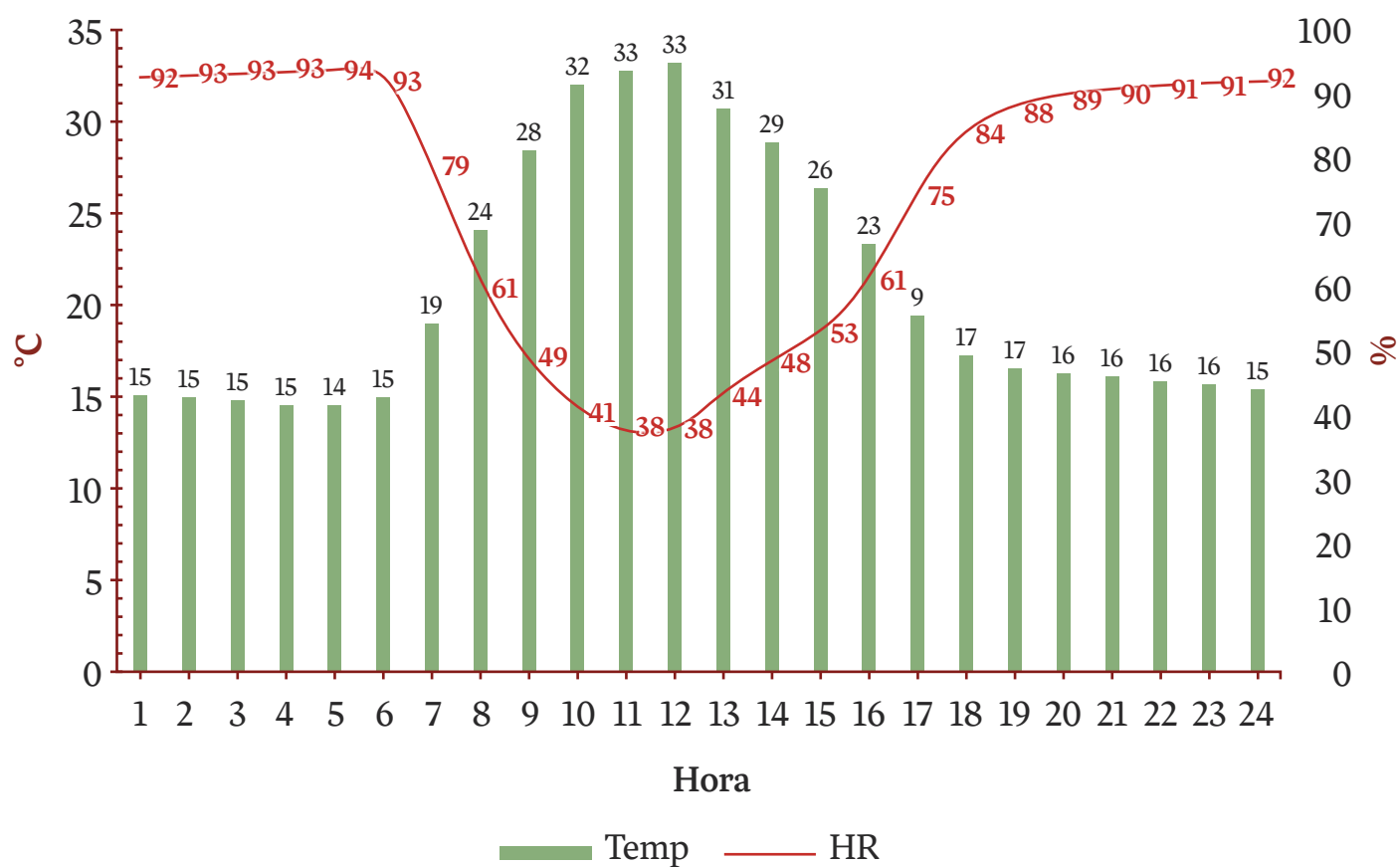


Figura 4.7. Comportamiento de la temperatura y la humedad relativa en el invernadero.

Fuente: Elaboración propia

Se encontró que las horas más críticas en cuanto a temperatura están entre las 11 a. m. y la 1 p. m., por presentarse los valores más altos, y entre las 12 a. m. y las 4 a. m., por presentarse los valores más bajos. Para evitar diferencias muy considerables entre las temperaturas del día y la noche en el

invernadero, se tomó la decisión de abrir las cortinas entre las 11 a. m. y las 4 p. m., y nuevamente cerrarlas para conservar el calor durante las horas de baja temperatura en la noche, como se aprecia en la figura 4.8.



Figura 4.8. Apertura de cortinas en el invernadero.

Foto: Cristian Dominguez Pulgarin

Gracias a la estación climática WatchDog Series 2000, se obtuvieron los registros de radiación solar global y radiación fotosintéticamente activa (PAR, por su sigla en inglés), correspondientes al periodo de ejecución del proyecto. Estos datos permitieron caracterizar

las condiciones lumínicas bajo las cuales se desarrollaron los ensayos, con lo que se evidencia la disponibilidad de energía radiante tanto total como útil para la fotosíntesis. La figura 4.9 ilustra la variación de ambas variables durante el tiempo experimental.

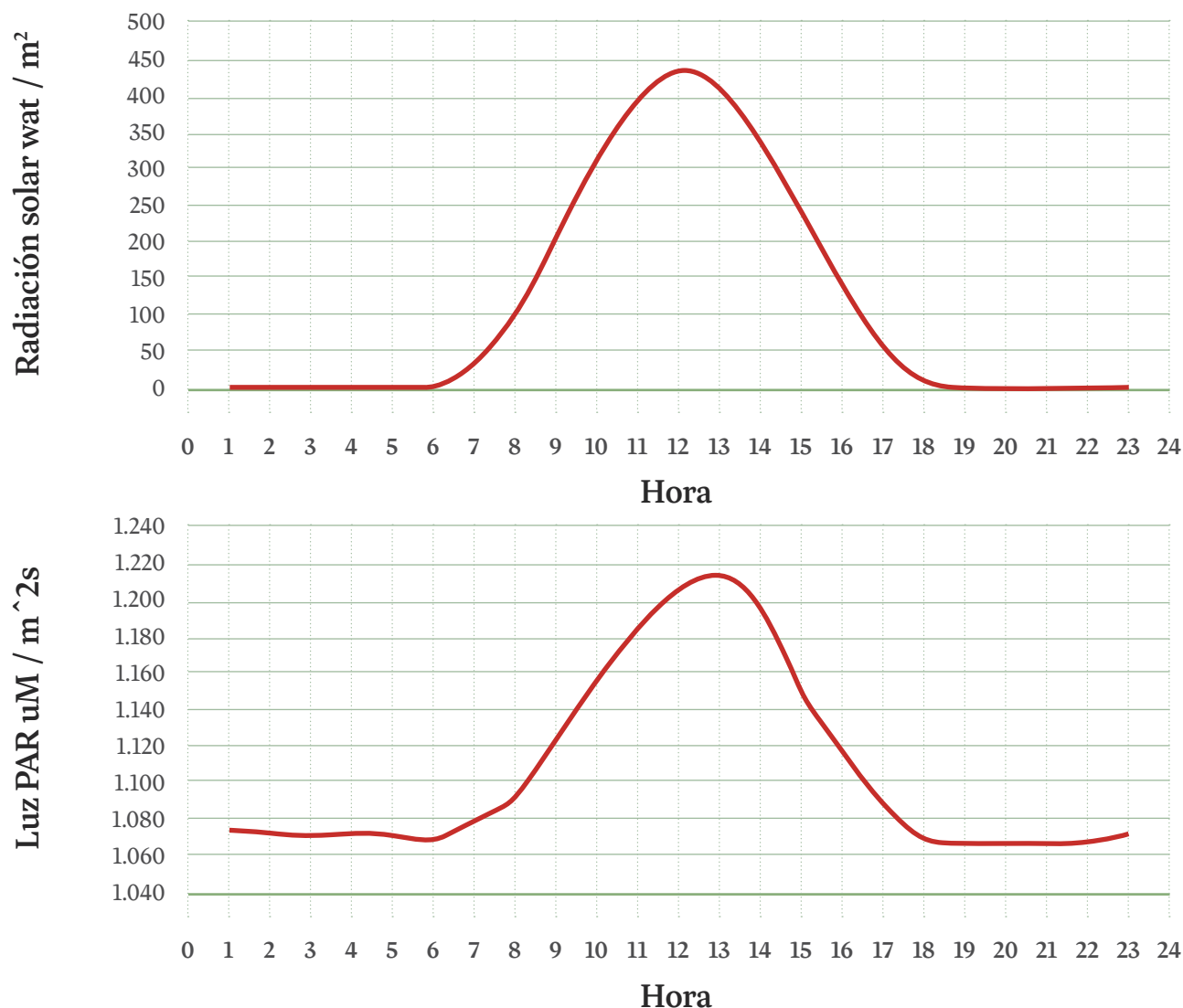


Figura 4.9. Radiación solar global y radiación fotosintéticamente activa (PAR). a. Radiación solar por horas; b. Luz PAR por horas.

Fuente: Elaboración propia

Las condiciones lumínicas registradas durante el periodo de evaluación (figura 4.9) mostraron una distribución típica de días despejados bajo condiciones de invernadero. La radiación solar global presentó un incremento progresivo desde las primeras horas de la mañana, alcanzando su valor máximo cerca del mediodía (alrededor de 450 W/m²), para luego disminuir gradualmente hacia la tarde. De manera coherente, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) siguió una

tendencia similar, con un pico máximo cercano a las 12:30 h. de aproximadamente 1.220 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Este comportamiento refleja una adecuada disponibilidad de energía radiante para los procesos fotosintéticos durante las horas de mayor actividad fisiológica del cultivo. La estabilidad de las curvas, sin fluctuaciones abruptas, evidencia además un control ambiental adecuado dentro del invernadero, lo que favoreció la homogeneidad de las condiciones experimentales.



Cálculo de la lámina de riego e instalación del sistema de riego

El cálculo de la lámina de riego se hizo a partir de la ecuación de Penman-Monteith, los datos climáticos obtenidos de la estación Watchdog series 2000 y los coeficientes del cultivo por etapa o calculados en Sánchez et al. (2003) para variedades de *Capsicum* sp. Los coeficientes del cultivo y las láminas de riego calculadas se presentan en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Necesidad de riego en lámina por día para cada etapa del cultivo

Etapas	Kc	Lr mm/día	Tiempo Riego min/día
Vegetativa	0,65	2,29	29
Floración	0,97	3,41	44
Fructificación	1,06	3,73	48
Cosecha	1,13	3,97	51

Fuente: Elaboración propia con base en Sánchez et al. (2003)

El área de riego neta que se tenía establecida bajo invernadero correspondió a 410 m², con lo que se calculó el volumen de agua aplicado por mes en el invernadero, que corresponde a los meses de enero, febrero y marzo, los de mayor necesidad de riego, con 1,7 m³ por mes en la etapa de cosecha.



Posteriormente al cálculo de las láminas de riego, se procedió a seleccionar el mejor sistema de riego para el cultivo. El sistema por goteo es, según Pinto-Zapata et al. (2013), el más eficiente, ya que garantiza la buena producción y suministra los volúmenes de agua requeridos por el cultivo; además, permite la aplicación de fertilizantes con el riego. El sistema empleado consistió en riego por goteo a doble línea cada 20 cm, con goteros cada 10 cm, impulsado por una bomba de referencia WEG NBR7094, con una potencia de 7,5 hp, utilizada para alimentar todos los sistemas de riego ubicados en la parte baja del centro de investigación (figura 4.10). En el caso específico del invernadero con cultivo de ají, se instalaron reductores de presión, debido a que la potencia de la bomba resultaba elevada para el sistema de riego por goteo, aunque con suficiente capacidad para garantizar el suministro de agua al sistema.



Figura 4.10. Sistema de riego por goteo. a. Cabezal de riego por goteo para el cultivo; b. Líneas de goteo.

Foto: Cristian Dominguez Pulgarin

Tanto el cabezal como la conducción principal se construyeron móviles, para facilitar el traslado del sistema de riego a otras parcelas experimentales, en caso de que se requiriera en algún momento. La figura 4.11 presenta el esquema del sistema de riego.

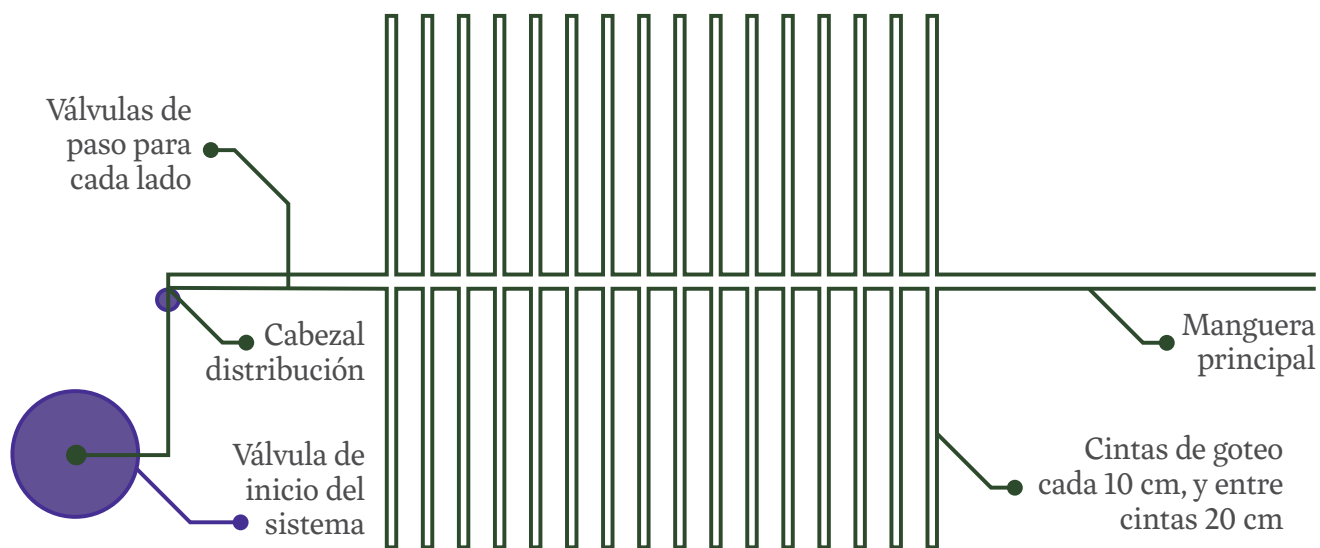


Figura 4.11. Esquema del sistema de riego por goteo.

Fuente: Elaboración propia

Manejo del drenaje en el lote

Las condiciones del clima en el Oriente antioqueño se caracterizan por presentar una temperatura entre 16 y 20 °C, régimen de lluvia bimodal con dos periodos de lluvia entre abril y mayo, y entre octubre y noviembre, aunque esto puede variar significativamente. Las precipitaciones pueden oscilar entre 1.000 y 4.000 mm al año (Cornare, 2012).

Un alto régimen de lluvias durante ciertos periodos del año, combinado con una topografía plana o casi plana, generan niveles freáticos elevados (Salazar Molina,

2010). Para el caso de cultivos de *Capsicum* sp., es importante evitar encharcamientos por largos periodos de tiempo, ya que un alto nivel freático es un obstáculo para el desarrollo de raíces y puede causar daño en el sistema radicular por el ataque de enfermedades.

Una forma sencilla de monitorear el nivel freático es hacer un hoyo en el suelo con un barreno holandés a una profundidad de 1 m y evaluar a qué distancia se encuentra el agua de la superficie del suelo, como se puede observar en la figura 4.12.

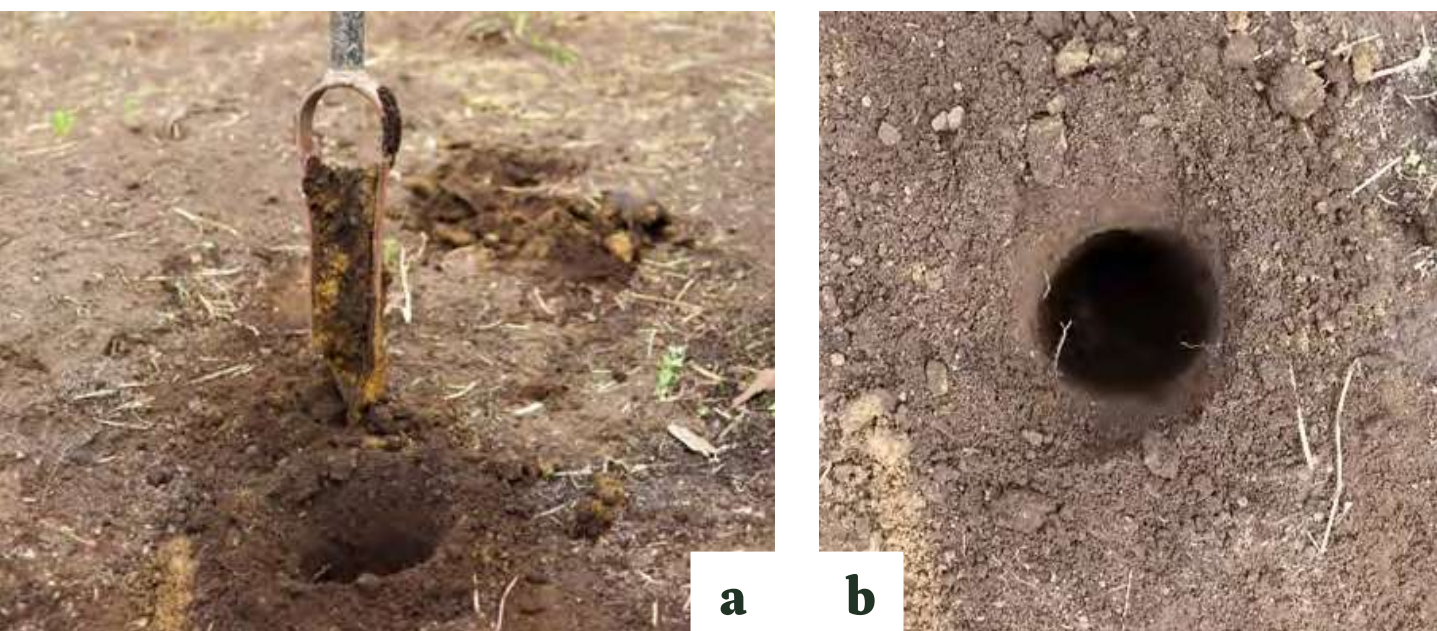


Figura 4.12. Monitoreo de nivel freático. a. Barreno holandés; b. Hoyo de observación de nivel freático.

Fotos: Cristian Dominguez Pulgarin

No existen reportes de recomendaciones para mantener el nivel freático hasta cierta altura para este tipo de cultivos, pero se encontró que Salazar Molina (2010) recomienda mantener el nivel freá-

tico un 20 % por debajo de la profundidad promedio de las raíces, para cualquier cultivo. En este caso, las raíces llegan hasta una profundidad de 70 cm, lo que equivale a un nivel de 84 cm.

Manejo de la fertilización

Para su desarrollo y producción, los cultivos de *Capsicum* spp. requieren el suministro adecuado de elementos mayores (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg y S) y elementos menores (Mn, B, Cu, Fe, Zn y Mo). Los niveles de extracción y los requerimientos del cultivo son diferentes de acuerdo al suelo y a la variedad (Pinto-Zapata et al., 2013). En estudios realizados por Azofeira y Moreira (2008) se encontró que los valores de extracción de los nutrientes variaron según la etapa productiva. Al final del ciclo, K, Ca y Mg se acumularon principalmente en la

parte aérea; P y S, en los frutos, y N, en los frutos y en la parte aérea. Los mismos autores encontraron variación de los valores nutricionales en las etapas de desarrollo. Al final del ciclo, las plantas acumularon mayor cantidad de N, P, Mg, K y S en los frutos, y Ca en la parte aérea.

Los niveles de extracción correspondientes a algunas especies del género *Capsicum* sp., como ají y pimentón, para obtener un rendimiento de 7,9 t/ha y 27,5 t/ha, respectivamente, se presentan en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Niveles de extracción para algunas especies del género *Capsicum* spp.

Cultivo	Kg/ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S
Ají	60	8	80	32	7	8
Pimentón	139	26	180	23	13	15
	g/ha					
	B	Cu	Zn	Mn	Fe	
Ají	275	350	108	423	1.110	
Pimentón	244	250	181	490	1.896	

Fuente: Elaboración propia con base en Microfertisa (1994)

En la parcela establecida en el C. I. La Selva se inició con la aplicación de materia orgánica y cal, como se explicó en el apartado de aplicación de enmiendas. Posteriormente, se aprovechó la existencia del sistema de riego por goteo para hacer la aplicación

de los fertilizantes en los mismos turnos de riego. Se contó con la asesoría de una empresa del sector de fertirriego para la selección de los productos según el análisis de suelos. Los productos aplicados se presentan en la tabla 4.3.



Tabla 4.3. Productos utilizados para la fertilización

Producto	Composición
Producción	10-3-40 + elementos menores
Inicio	15-25-10-2 (MgO) -2 (S) + elementos menores
Menores	3-0-3 + elementos secundarios y menores
Humus	Contienen ácidos húmicos, por lo cual son agentes naturales quelantes, lo que ayuda a la movilización de macro y micronutrientes en el suelo
Producto con calcio	Nitrógeno total (N): 7,0 % Nitrógeno nítrico (N): 7,0 % Calcio total (CaO)*: 12,0 % Agentes quelatantes* (EDTA y ácido cítrico) pH en solución al 10 %: 3,5 Densidad a 20 OC: 10,0 g/100 m

Fuente: Elaboración propia

La periodicidad de aplicación y las dosis de los productos se presenta en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Periodicidad y dosis de aplicación de los productos de fertirriego

Producto	Dosis g/m ³	Periodicidad de aplicación
Inicio	450	Semanal
Producción	500	Semanal
Menores	500	Quincenal
Humus	300 ml	Quincenal
Calcio	160	Quincenal

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.5 presenta la composición de cada uno de los productos aplicados en el fertirriego. Durante la implementación de este sistema se tuvieron en cuenta las características físico-químicas tanto del agua como del suelo, con el fin de garantizar una adecuada disponibilidad de nutrientes y evitar problemas de salinidad o acidez. El agua utilizada, con un pH de 4,8 y una conductividad eléctrica (CE) de 0,776 dS/m, presentó una ligera acidez, pero sin riesgo de salinización, por lo que se realizaron ajustes en

el manejo del pH mediante la adición controlada de enmiendas y fertilizantes compatibles. El suelo, con pH 5,94 y CE 1,6 dS/m, mostró acidez leve y salinidad moderada, condiciones que se corrigieron aplicando enmiendas calcáreas y estableciendo un plan de monitoreo periódico del pH y la CE para evitar acumulación de sales en el perfil. Estas medidas permitieron mantener un equilibrio químico adecuado en la zona radicular, optimizar la eficiencia del fertirriego y asegurar un desarrollo eficiente de los cultivos.

Tabla 4.5. Composición de los productos aplicados en el fertirriego

Producto	dosis g o cc/m ³	NH ₄	NO ₃	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
Inicio	450,00	52,65	14,85	67,50	112,50	45,00		9,00	9,00	1,35	1,35	0,14	1,35	0,90	0,02
Producción	500,00	1,50	48,50	50,00	15,00	200,00		5,00	5,00	1,50	1,50	0,15	1,50	1,00	0,03
Calcio	160,00			11,20			19,20								
Humus	300,00														
Menores	60,00	1,80		1,80		1,80		2,40	6,00	1,50	3,00	0,18	3,60	1,50	0,18
ppm Aplicadas		63,45	125,85	205,50	127,50	261,80	94,20	41,40	20,00	4,60	6,10	0,52	6,60	3,50	0,25

Fuente: Elaboración propia



Tutorado

Debido a la fragilidad de los tallos y a la longitud que pueden alcanzar, las plantas de *Capsicum* tienden a inclinarse hacia los lados, lo que dificulta el desplazamiento de los operarios y la ejecución de labores agronómicas, como el manejo sanitario, el control de arvenses, la fertilización y la cosecha.

Para evitarlo, las ramas deben orientarse mediante un sistema de tutorado que facilite una arquitectura adecuada de las plantas, mejore la aireación del cultivo y permita realizar las labores de manejo con mayor eficiencia.

Entre los sistemas de tutorado más empleados se destaca el tradicional, que consiste en colocar hilos de polipropileno horizontales dispuestos a distintas alturas y que sujetan las plantas entre ellos, y el holandés, que consiste en que cada uno de los tallos seleccionados a partir de la poda de formación se sujeta al emparrillado con un hilo vertical, que se va liando a la planta conforme va creciendo. El sistema holandés requiere mayor inversión en mano de obra con respecto al tutorado tradicional, pero supone una mejora de la aireación general de la planta y favorece el aprovechamiento de la radiación (Pino et al., 2018).

Manejo de arvenses

El manejo de arvenses tiene como propósito evitar la competencia por agua, luz y nutrientes en el cultivo, así como reducir la presencia de plantas hospederas de insectos o patógenos que puedan causar enfermedades en las plantas. Esta labor se realizó mediante el uso de la cobertura o Agromulch, y manualmente, con azadón en las calles.

Reflexión

Es importante recordar que las características fenotípicas de un material se deben a la genética (genotipo) y a la interacción de esta con las condiciones medioambientales en las que se desarrolla o desenvuelve la planta. Por consiguiente, el manejo es el principal factor ambiental, el cual, junto al clima y las condiciones abióticas, desempeñan un papel importante en las caracterizaciones y las evaluaciones de materiales genéticos.



Foto: Oscar Alfonso Loaiza-Loaiza

Referencias

- Azofeira, A., & Moreira, M. A. (2008). Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. CV. HOT) en Alajuela, Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 32(1), 19-29. <https://www.redalyc.org/pdf/436/43632104.pdf>
- Carvajal Diguay, K. G., & Gómez Badillo, C. A. (2016). *Efecto de la aplicación de cal dolomita sobre el pH del suelo y rendimiento de sorgo sureño en suelos de uso agrícola, Zamorano, Honduras* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. Biblioteca digital Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/91690727-b306-49ee-9d27-25d45f434165/content>
- Cornare. (2012). *Evaluación y Zonificación de riesgos por avenida torrencial, inundación y movimientos en masa y dimensionamiento de procesos erosivos en el municipio de Rionegro*. <https://www.cornare.gov.co/GestionRiesgo/RIONEGRO/Informe-Rionegro.pdf>
- Gil-Marín, J. A., Montaña-Mata, N. J., & Plaza, R. (2012). Efecto del riego y la cobertura del suelo sobre la productividad de dos cultivares de ají dulce. *Bioagro*, 24(2), 143-148. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85723473009.pdf>
- Hernández Sánchez, E. (2014). *Manual acolchados vegetales y películas plásticas*. Universidad Tecnológica de Tula-Tepeji. <https://www.utt.edu.mx/extensionismo/Informacion/Publicaciones/Serie.%20Agricultura%20Regenerativa/4.-Acolchados%20vegetales.pdf>
- Jaramillo, D. F. (2011). *El suelo: origen, propiedades, espacialidad*. Universidad Nacional de Colombia.
- Kamprath, E. J. (1970). Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. *Soil Science Society of America Journal*, 34, 252-254. <https://www.scilit.com/publications/23aaf303d40e26a24ef94b451065336f>
- Microfertisa. (1994). *Manual técnico*. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/a99c4696-0a43-4e78-baac-ab664f9a9348/content>
- Navarro García, G., & Navarro García, S. (2013). *Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas* (3.ª Ed.). Mundi Prensa.
- NSW Department of Primary Industries. (2021). *Soil acidity and liming (Primefact AC.19, 4th ed.)*. NSW DPI. https://www.dpi.nsw.gov.au/_data/assets/pdf_file/0005/1366421/AC.19-4th-edition-2021.pdf
- Pino, M. T., Campos, A., Saavedra, J., Álvarez, F., Salazar, C., Hernández, C., Soto, S., Estay, P., Vitta, N., Escaff, M., Pabón, C., & Zamora, O. (2018). Pimientos para la industria de alimentos e ingredientes. *Boletín INIA*, 360. <https://biblioteca.inia.cl/items/dc376c4e-18bd-4992-8679-75d167f00985>



- Pinto Zapata, M., Baquero Maestre, C., Guzmán Rozo, N., Páez Redondo, A., Rebolledo Podleski, N., & Martínez Bustamante, E. (2005). *Tecnología para la producción de ají chino en la Costa Atlántica*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/8873cdd1-a256-4d1d-894c-9ef9e8df5131/content>
- Pinto-Zapata, M. J., Correa-Álvarez, E. M., Jiménez-Mass, N., Páez Redondo, A. R., Guzmán-Rozo, N., & Baquero-Maestre, C. (2013). *Modelo productivo del cultivo del ají topito (Capsicum spp.) para la región Caribe*. Corpoica. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34309>
- Saavedra, G., Jana, C., & Kehr, E. (2019). *Hortalizas para procesamiento agroindustrial*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/e7b0239a-d9aa-4736-a760-000c351eb65d/content>
- Salazar Molina, C. A. (2010). *El drenaje agrícola en el cultivo del banano: aplicado a las zonas bananeras de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.
- Sánchez, C., Jaraba, D., Medina, J., Martínez de la Cruz, J., & Martínez, A. (2003). Requerimientos hídricos del ají dulce (*Capsicum annum* L.) bajo riego por goteo en el Valle del Sinú medio. *Temas Agrarios*, 8(1), 11-20. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/611>
- Iowa State University Extension and Outreach. (2023). *A general guide for crop nutrient and limestone recommendations in Iowa (PM 1688)*. Iowa State University. <https://store.extension.iastate.edu/product/pml688-pdf>
- Sumner, M. E., & Miller, W. P. (1996). *Cation exchange capacity and exchange coefficients*. En D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston, & M. E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (pp. 1201-1229). Soil Science Society of America. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2136/sssabookser5.3.c40>

