DIPLOMADO

Tecnologías para Mejorar la Producción y Productividad Agropecuaria

Temática:

- Tecnologías digitales para la producción de hortalizas

Facilitador:

Dra. Francisca Mejía Betancourt

Universidad Nacional Agraria

Diplomado Tecnologías para mejorar la producción y productividad agropecuaria en tecnologías de producción agropecuarias

- Tecnologías digitales para la producción de hortalizas

Facilitador

Dra. Francisca Mejía Betancourt

Mayo, 2025

Índice de contenido

SECCIÓN **PAGINA**

I. INTRODUCCIÓN **4**

II. Factores que influyen en el crecimiento, rendimiento y calidad de las hortalizas **5**

2.1. Dióxido de carbono (CO_2) 5

2.2. Temperatura ambiental 6

2.3. Temperatura del suelo o del sustrato 6

2.4. Humedad relativa del aire (medida con higrómetro) 7

2.5. Velocidad del viento (medida con anemómetro) 7

2.6. pH del agua o del suelo 7

2.7. Conductividad eléctrica (CE) 7

2.8. Grados Brix (medidos con refractómetro) 8

2.2. Equipos y sensores para monitorear los parámetros ambientales y de calidad. **8**

2.3. ¿Cómo utilizar los equipos de medición? 10

2.3.1. ¿Cómo utilizar el medidor de CO2? 10

2.3.2. ¿Cómo utilizar el medidor de la velocidad del viento (anemómetro)? 11

2.3.3. ¿Cómo utilizar el medidor de humedad ambiental (higrómetro)? 12

2.3.4. ¿Cómo utilizar el medidor de pH y CE? 12

2.3.5. ¿Cómo utilizar el medidor de temperatura de suelo? 13

2.3.5. ¿Cómo utilizar el refractómetro? 14

2.3.6. ¿Cómo utilizar la aplicación móvil plantix? 15

III. CONSIDERACIONES FINALES **15**

IV. PREGUNTAS ORIENTADORAS **16**

V. GLOSARIO **16**

VI LITERATURA CITADA **17**

I. INTRODUCCIÓN

En la producción moderna de hortalizas, el uso de tecnologías digitales se ha convertido en una herramienta de acompañamiento en la toma de decisiones más precisas que conduzcan a mejorar el rendimiento de los cultivos. Equipos como los medidores de CO_2, temperatura ambiental y del suelo, higrómetros, anemómetros, medidores de pH y conductividad, así como refractómetros, permiten conocer en tiempo real las condiciones del ambiente y del suelo donde se desarrollan las plantas. Además, el uso de aplicaciones móviles (apps) facilita el diagnostico, análisis y seguimiento de Las plagas y las enfermedades. Estos datos están directamente relacionados con procesos fisiológicos del cultivo como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes, el crecimiento de raíces y hojas, y la calidad del fruto.

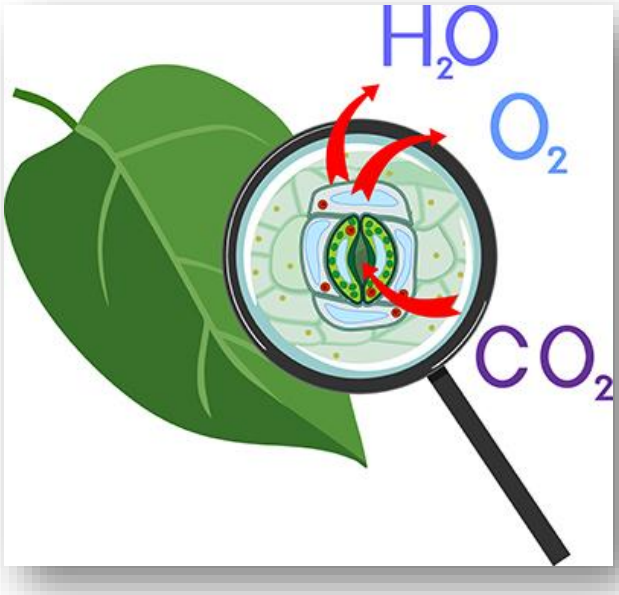
Al monitorear estas variables, el productor puede ajustar el manejo del riego, la ventilación, la fertilización y otros factores importantes para que las plantas se desarrollen de manera más sana y eficiente.

En este material didáctico se describe cada uno de estos instrumentos, su función, la importancia de la variable que mide y el paso a paso para su uso correcto en campo o invernadero.

II. Factores que influyen en el crecimiento, rendimiento y calidad de las hortalizas

2.1. Dióxido de carbono (CO_2)

El CO_2 es como el "alimento del aire" que las plantas usan para hacer su comida a través de la fotosíntesis junto con el agua y la luz. Este gas entra por las hojas y, junto con la luz y el agua, permite que la planta produzca la energía que necesita para crecer, producir flores y dar frutos. Si hay poco CO_2 en el ambiente, las plantas trabajan lento, se desarrollan menos y la cosecha se reduce. En cambio, si hay buena cantidad, especialmente en invernadero, las plantas crecen más rápido, se ven más vigorosas y la producción mejora.



Por eso es útil medir el nivel de CO_2, ya que nos puede decir si hace falta ventilar o enriquecer el ambiente. Recordemos que el carbono (C), junto con el hidrógeno (H) y el oxígeno (O), son los elementos que la planta más necesita, y los toma del aire y del agua, siempre y cuando haya buena circulación de aire entre el cultivo y agua disponible. En el ambiente hay aproximadamente 300 ppm de CO_2.

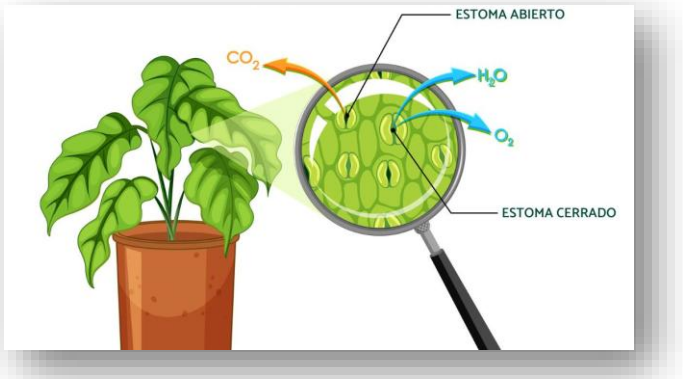
El CO_2 se puede aumentar con métodos sencillos: usando un tanque de gas CO_2 (parecido al de cocina), prendiendo velas, dejando que se descomponga abono orgánico, o incluso si el cultivo está cerca

de un corral de animales, ya que ellos también lo generan al respirar. Aprovechar estas fuentes puede ser una estrategia práctica para mejorar el crecimiento del cultivo.

2.2. Temperatura ambiental

La temperatura del aire afecta directamente el ritmo de vida de la planta. Si hace mucho frío, las plantas se "duermen" y crecen despacio; si hace mucho calor, pueden estresarse y hasta dejar de producir flores o frutos. Cada cultivo tiene su temperatura ideal. Saber en cuánto estamos permite hacer ajustes en la ventilación o el sombreo para mantener a las plantas cómodas. En hortalizas es de 25-30 °C.

Además, la temperatura se encarga de regular muchos procesos fisiológicos en las plantas como son: La fotosíntesis, respiración, transpiración, movimiento de los nutrientes.



2.3. Temperatura del suelo o del sustrato

Las raíces también sienten. Si el suelo está muy frío, las raíces no absorben bien el agua ni los nutrientes. Si está muy caliente pueden dañarse. Una buena temperatura en el suelo (22-25 °C) hace que las raíces estén activas, crezcan bien y alimenten a toda la planta, lo que se nota en un crecimiento parejo y vigoroso.

2.4. Humedad relativa del aire (medida con higrómetro)

El aire seco hace que las plantas pierdan mucha agua por las hojas y se deshidraten. Si el aire está muy húmedo, puede favorecer la aparición de enfermedades. La humedad ideal ayuda a que la planta mantenga su equilibrio de agua, respire bien por las hojas y se mantenga sana. Los cultivos de hortalizas prefieren humedades entre el 50-60 %. En cambio, una alta humedad es un factor que ayuda al desarrollo de enfermedades en los cultivos.

2.5. Velocidad del viento (medida con anemómetro)

El viento ayuda a mover el aire entre los cultivos y evita que se acumulen gases o calor excesivo. Pero si hay mucho viento, las plantas pueden deshidratarse, doblarse e incluso caerse (acame) o producir caída de flores y frutos y disminuir la polinización. Medir el viento ayuda a saber cuándo abrir o cerrar cortinas en un invernadero o si necesitamos hacer podas o planificar mejor la densidad de siembra en el próximo ciclo de cultivo.

2.6. pH del agua o del suelo

El pH nos dice si el agua o el suelo son ácidos o alcalinos. Las plantas absorben mejor los nutrientes cuando el pH está en un rango adecuado (6.5-7.5). Si el pH no es el correcto, aunque el fertilizante esté presente, la planta no lo puede aprovechar bien. Esto afecta su nutrición, crecimiento y producción.

2.7. Conductividad eléctrica (CE)

La CE nos indica cuántas sales o fertilizantes hay disueltos en el agua o en el sustrato. Si es muy baja, falta comida para la planta; si es muy alta, hay riesgo de quemar raíces. Un buen nivel de CE

ayuda a que la planta reciba lo necesario sin exagerar, lo que se refleja en plantas fuertes y frutos de buen tamaño y calidad.

2.8. Grados Brix (medidos con refractómetro)

Los Brix nos dicen cuánta azúcar tiene la savia o el fruto. Más azúcar significa que la planta está haciendo bien la fotosíntesis y que el fruto será más dulce y de mejor calidad. Es un buen indicador de cómo está funcionando todo el sistema: luz, agua, nutrientes y salud de la planta.

2.2. Equipos y sensores para monitorear los parámetros ambientales y de calidad.

Cuadro 1. Descripción de los equipos de monitoreo.

Equipo	**¿Qué mide?**	**Niveles óptimos en hortalizas**	**Importancia**
Medidor de CO_2	Concentración de CO_2 Temperatura Humedad relativa	300-700 ppm de CO2 25-30 °C. 40-60% de humedad	Fotosíntesis Rendimiento
Anemómetro	Mide la velocidad del viento y la temperatura	1.5 a 2 metros por segundo.	Permite conocer si hay una correcta ventilación y evitar caída de plantas, flores y frutos.
Higrómetro	Mide la humedad ambiental	*40-60%*	La humedad adecuada permite la correcta transpiración y movimiento de nutrientes. Evitamos el desarrollo de enfermedades.

Medidor de la temperatura del suelo	Nivel de la temperatura a diferentes profundidades del suelo	*22-25 °C.*	Permite el correcto desarrollo de la raíz y la absorción y movimiento de los nutrientes.
Medidor del pH y la conductividad eléctrica (CE)	Mide los niveles de acidez o alcalinidad del suelo y la CE.	*pH en el suelo :6.5-7.5* *En cultivo hidropónico: 5.5-6.5.*	pH: Permite la disponibilidad y absorción de nutrientes. CE: Indica el contenido de sales en el suelo o sustrato.
Refractómetro	Mide los grados bix de los frutos	En tomate los rangos son de 4.5-5°Brix	Permite determinar la calidad de frutos porque indica el contenido de azúcar que tiene y puedo darme una idea del manejo de la nutrición que se le dio. En suelos salinos los frutos siempre tienen alto contenido de Grados Brix.
Aplicación telefónica plantix	Permite identificar más de 400 tipos de daños (plagas y enfermedades) en más de 60 especies de cultivo		Ayuda a identificar plagas y enfermedades. Además de generar un diagnóstico, también genera recomendaciones de manejo.

2.3. ¿Cómo utilizar los equipos de medición?

A continuación, se describirá el paso a paso para la utilización de cada equipo de medición.

2.3.1. ¿Cómo utilizar el medidor de CO2?

En la figura 1 se puede observar la descripción de los componentes más importantes del equipo de monitoreo de CO_2.

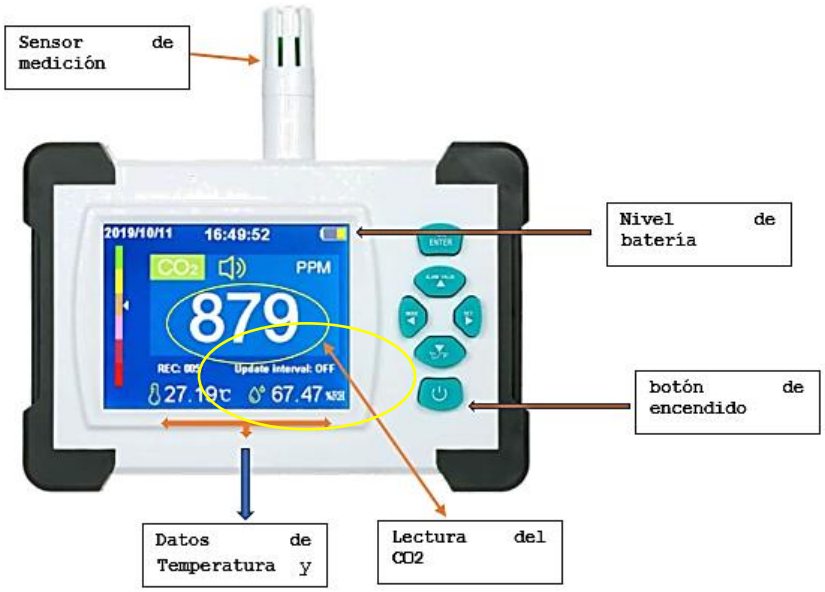


Figura 1. Descripción del equipo.

1. *Encendido y calentamiento:* Enciende el equipo y espera unos 30 segundos a que se estabilice.
2. *Calibración inicial:* Calibra al aire libre (CO_2 ~400 ppm) antes de usarlo en el cultivo.
3. *Ubicación adecuada:* Coloca el medidor a 1–1.5 m del suelo, lejos de corrientes de aire, maquinaria o personas.
4. *Evitar interferencias:* No respires cerca del sensor mientras mide para evitar lecturas alteradas.
5. *Tiempo de estabilización:* Espera 1–2 minutos tras colocarlo para obtener una lectura confiable.
6. *Registro de datos:* Anota la lectura de CO_2, hora, condiciones ambientales y tipo de cultivo.
7. *Interpretación:* Menos de 300 ppm: deficiencia (puede afectar el crecimiento). 400–800 ppm: es óptimo para cultivos de hortalizas.

8. *Ventilación o enriquecimiento:* Si está bajo, considera mejorar la ventilación o aplicar CO_2 adicional ya sea con inyección directa o con métodos tradicionales.
9. Recalibración periódica: Calibra regularmente siguiendo el manual del equipo.

2.3.2. ¿Cómo utilizar el medidor de la velocidad del viento (anemómetro)?

1. Encendido y revisión: enciende el anemómetro y asegúrate de que tenga batería y funcione correctamente.

2. Verificación de unidades: Ajusta las unidades de medida (km/h, m/s, o mph), según tus necesidades. Lo común en agricultura es m/s o km/h.

3. Ubicación correcta: Sostén el anemómetro a la altura del dosel del cultivo o a 1.5–2 metros del suelo, lejos de obstáculos (árboles, paredes, maquinaria).

4. Orientación al viento: apunta el sensor directamente en la dirección de donde sopla el viento para una lectura precisa.

5. Tiempo de lectura: Espera 10–20 segundos para que el anemómetro estabilice la lectura. Algunos equipos dan velocidad promedio y máxima.

6. Registro de datos: Anota: velocidad del viento, dirección (si el equipo lo permite), hora y condiciones del lugar.

7. Interpretación: menos de 2 m/s: viento débil (poco movimiento de aire) y de 2–5 m/s: ideal para ventilación natural en invernaderos.

2.3.3. ¿Cómo utilizar el medidor de humedad ambiental (higrómetro)?

1. Encendido y verificación: Enciende el higrómetro y asegúrate de que esté calibrado y funcional.

2. Revisión de unidades: Confirma que la lectura esté en % de humedad relativa (HR).

3. Ubicación adecuada: Colócalo a la altura del cultivo o entre 1–1.5 m del suelo, lejos del sol directo y fuentes de agua.

4. Estabilización de lectura: Espera unos 30 segundos a 1 minuto para que la lectura se estabilice.

5. Registro de datos: Anota la humedad relativa, la temperatura (si el equipo lo incluye), hora y condiciones del entorno (riego reciente, sombra, etc.).

6. Interpretación básica: menos del 40% HR: aire seco (puede aumentar la transpiración y deshidratación de la planta). Humedad del 50–70% HR: ideal para la mayoría de los cultivos. 80% HR: riesgo de enfermedades fúngicas (botritis, mildiu, etc.

2.3.4. ¿Cómo utilizar el medidor de pH y CE?

1. Preparación del equipo: limpia los electrodos antes de usar.

2. Enciende el medidor y verifica que esté calibrado correctamente (idealmente cada semana o antes de un muestreo importante).

3. Calibración: pH: Usa soluciones buffer (pH 4 y pH 7) y para CE usa una solución patrón (1.413 mS/cm o similar). Sigue las instrucciones del equipo para completar la calibración.

4. Toma de muestra

Para suelos: mezcla 1 parte de suelo con 2.5 partes de agua destilada, agita y deja reposar.

Para agua de riego o drenaje: toma la muestra en un recipiente limpio, sin burbujas.

5. Medición: introduce el electrodo en la muestra (agua o extracto del suelo). Espera unos segundos hasta que la lectura se estabilice.

6. Registro de datos: anota el valor de pH, CE, fecha, hora, tipo de muestra y lugar.

7. Interpretación básica: pH: menor de 5.5: Muy ácido – riesgo de toxicidad y bloqueo de nutrientes. De 5.5–6.5: Ideal para la mayoría de los cultivos. 7.5: Alcalino – riesgo de deficiencias (como hierro y fósforo).

Conductividad eléctrica (CE): menor a 0.7 mS/cm: Baja fertilidad o lixiviación. De 1.0–2.5 mS/cm: Rango óptimo para la mayoría de los cultivos en hidroponía o suelo fértil. Superior a 3.0 mS/cm: Riesgo de salinidad; puede afectar el crecimiento.

8. Limpieza: enjuaga los electrodos con agua destilada después de cada uso. No los limpies con jabón ni los seques con paños ásperos.

9. Mantenimiento: guarda los electrodos en solución de almacenamiento. No dejes que se sequen (especialmente el de pH).

2.3.5. ¿Cómo utilizar el medidor de temperatura de suelo?

1. Verificación del equipo: El medidor debe estar limpio. Sí este es digital debe tener batería.

2. Selección del punto de medición: elige un área representativa del cultivo o del sitio de siembra. Evita zonas con sombra permanente, charcos o residuos orgánicos recientes.

3. Profundidad de medición: inserta el sensor a la profundidad adecuada: 5 cm para cultivos de raíces superficiales. 10–20 cm para hortalizas y gramíneas.

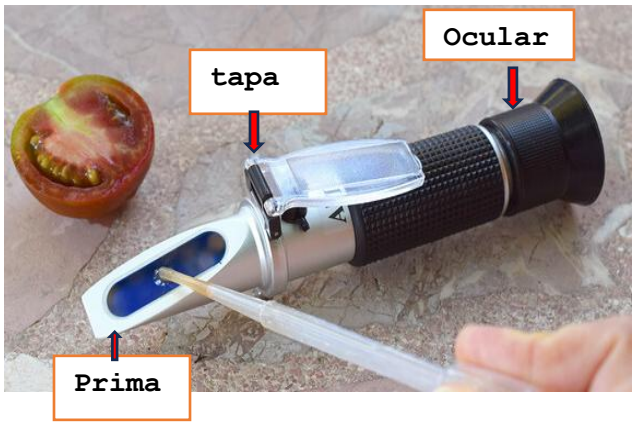
4. Estabilización de la lectura: Espere entre 30 segundos y 2 minutos hasta que la temperatura se estabilice.

5. Registro de datos: Anota: temperatura (°C), profundidad, hora, humedad del suelo y condiciones climáticas.

6. Interpretación básica: Menos de 10 °C el suelo está frío y provoca un crecimiento lento o riesgo de pudrición. 18–25 °C es ideal para la mayoría de los cultivos. Mayor a 30 °C puede afectar raíces y reducir absorción de agua.

2.3.5. ¿Cómo utilizar el refractómetro?

1. Limpieza inicial: Limpiar y secar el prisma del refractómetro. Usa un paño suave con alcohol o agua destilada.



2. Calibración: coloca una gota de agua destilada en el prisma, cierra la tapa y mira a través del ocular.

3. Ajusta con el tornillo de calibración hasta que marque 0.0 °Brix.

3. Toma de muestra: exprime una gota de jugo fresco de la fruta. Usa sólo líquido limpio, sin sólidos ni burbujas.

4. Medición: coloca 1–2 gotas del jugo sobre el prisma. Cierra la tapa suavemente y observa a contraluz. Lee el valor donde cambia de azul a blanco la escala: ese es el contenido de sólidos solubles (°Brix).

5. Registro de datos: Anota: cultivo, parte muestreada, °Brix, hora, condiciones de cultivo (riego, fertilización reciente, etc.).

6. Interpretación básica

- ✓ 0–3 °Brix: muy bajo (inmadurez o estrés severo).
- ✓ 4–5 °Brix: rango normal para cultivo de tomate, chiltoma y pepino.
- ✓ 5-10 °Brix: excelente contenido de azucares.
- ✓ Mayor a 10 °Brix: es normal en cultivos expuestos a suelos con alta salinidad.

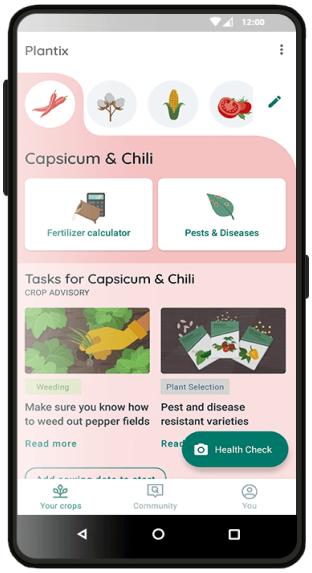
7. Limpieza después del uso: Limpia el prisma inmediatamente con agua destilada y un paño suave.

2.3.6. ¿Cómo utilizar la aplicación móvil plantix?

1. Descarga e instalación: abre la Play Store (Android) o App Store (iPhone) y busca "Plantix" y descárgala. Posteriormente instálala y permite el acceso a la cámara y galería del teléfono.

2. Creación de cuenta (opcional): Puedes usar Plantix sin registrarte, pero crear una cuenta te permite guardar diagnósticos y acceder a más funciones.

3. Diagnóstico con fotos: Abre la app y toca el ícono de cámara. Toma una foto clara de la hoja, fruto o parte afectada del cultivo. Asegúrate de buena iluminación y enfoque. También puedes subir una foto desde la galería.



4. Resultado del diagnóstico: Plantix analiza la imagen y te muestra:

- Nombre de la enfermedad, plaga o deficiencia.
- Descripción del problema.
- Recomendaciones de manejo (agronómicas, químicas y orgánicas).
- Opcionalmente, productos sugeridos.

III. CONSIDERACIONES FINALES

Recuerde que es importante darle al cultivo el manejo adecuado de la nutrición, control de plagas, etc. Pero, sin descuidar el monitoreo y control de los factores ambientales que en conjunto determinan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos. Se debe tratar de que cada uno de estos factores se

encuentre dentro de los rangos óptimos que se mencionaron anteriormente.

IV. PREGUNTAS ORIENTADORAS

¿Qué factores ambientales determinan el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos?

¿Cuáles son los nutrientes que las plantas requieren en mayor cantidad y por qué comúnmente nos preocupamos más por el N, P y K?

¿alguna vez hemos usado el celular para el manejo del cultivo, cuál?

¿Considera que los equipos y las apps son herramientas de acompañamiento?

V. GLOSARIO

Fotosíntesis: a fotosíntesis es el proceso mediante el cual las plantas convierten la luz del sol en alimento. Las hojas capturan la luz solar, y junto con el agua (del suelo) y el dióxido de carbono (CO_2 del aire), producen azúcares (energía para crecer) y oxígeno.
Crecimiento: Es el aumento en tamaño y peso de la planta. Incluye el alargamiento de tallos, formación de hojas, engrosamiento de raíces y aumento de biomasa.
Desarrollo: Es el proceso de cambio en las etapas de vida de la planta. Incluye la germinación, floración, formación de frutos y madurez.
pH: es una medida que indica si un suelo o solución es ácida, neutra o alcalina.
CE: mide la cantidad de sales disueltas en el agua o en una solución del suelo. Se expresa en milisiemens por centímetro (mS/cm)

VI LITERATURA CITADA

Mejía Betancourt, F. A. (2024). *Luz, CO_2 y temperatura en plántula de jitomate modifican el número de flores en las primeras tres inflorescencias* [Tesis doctoral, Universidad Autónoma Chapingo]. Repositorio Chapingo. https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/bf556103-3ad5-43b6-aed7-223a0a619b7f/content

Mejía-Betancourt, F. Á., Sánchez-Del Castillo, F., Moreno-Pérez, E.C., & Colinas-León, M. T. B. (2024). Enriquecimiento carbónico en plántulas de tomate para incrementar el número de flores y frutos por planta. *Revista fitotecnia mexicana*, *47*(3), 285 292.https://doi.org/10.35196/rfm.2024.3.285

Ossa Duque, S. I. (2017). Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos. *Revista Vector*, 12, 51-60. https://doi.org/10.17151/vect.2017.12.6Revistas UCaldas

Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional

El Pueblo, Presidente!

UNA

¡Líder en Ciencias Agrarias!

UALN

Universidad Abierta en Línea de Nicaragua

¡Únete a Nosotros!

DIPLOMADO

Tecnologías para Mejorar la Producción y Productividad Agropecuaria