

Manual para la producción protegida de Hortaliza
Colectivo de autores.



Antonio S. Casanova, Olimpia Gómez, Francisco R. Pupo, Manuel Hernández, Marisa Chailloux, Tomás Depestre, , Julio C. Hernández, Víctor Morero, maría León, Alberto Igarza, carmen Duarte, Irene Jiménez, Roberto santos, Aurelio navarro, Aleyda Marrero, Hortencia Cardoza, Francisco Piñeiro, Noel Arozarena, Luisa Vilarino, Maria Isabel Hernández, Eduardo Martínez, Máximo Martínez, Bertalina Muiño, Blanca Bernal, Julia Mirta Salgado, Huberney Martínez, Alfredo Socorro, Félix Cañet, José Fi, Alicia Rodríguez.

Introducción

En Cuba, el cultivo protegido constituye una tecnología promisoría para extender los calendarios de cosecha de las hortalizas y asegurar su suministro fresco al turismo, mercado de frontera y población, inclusive en los períodos en que la oferta de la producción proveniente del campo abierto resulta en extremo limitada. A nivel mundial el cultivo protegido se reconoce hoy día como una tecnología agrícola de avanzada, que puede influir eficazmente en la producción de hortalizas frescas durante todo el año. La importancia del mismo ha ido creciendo en la medida en que el productor ha dominado la tecnología y obtenido resultados satisfactorios.

En cada país las condiciones climáticas son diferentes y por tanto, los diseños de las estructuras, los cobertores y el manejo de los cultivos se adaptan a sus necesidades y posibilidades. La experiencia y los resultados obtenidos hacen del cultivo protegido un sistema interesante por la protección que brinda a las plantas del exceso de precipitaciones, la radiación solar, plagas y enfermedades, así como por las ventajas que ofrece en el orden agronómico, económico y social. Los rendimientos en hortalizas alcanzados por algunos de los proyectos existentes en el país representan un importante salto cuantitativo con relación a los que se logran a campo abierto. Existen numerosas unidades de cultivo protegido que poseen un trabajo consolidado, a partir del cumplimiento de una rigurosa disciplina tecnológica que parte de la capacitación sistemática de sus técnicos y obreros, actividad a la que ha contribuido la primera edición del Manual para Casas de Cultivo

Protegido, publicado en el año 2003, y otros materiales elaborados sobre el tema. El presente documento constituye una revisión corregida y ampliada de la primera edición, al calor de los avances logrados en la tecnología del cultivo protegido hortícola en el país en los últimos tres años, fruto de los resultados de las investigaciones de diferentes instituciones, de ensayos participativos realizados en las principales unidades de producción y de valiosos aportes surgidos en talleres, seminarios y fórum tecnológicos celebrados entre especialistas y técnicos del MINAG, MINFAR, MININT, ANAP, MES, MINAZ, CNSV y firmas especializadas radicadas en el país. Esperamos que esta segunda edición del Manual para la Producción Protegida de Hortalizas constituya una herramienta técnico-metodológica, de consulta y de capacitación para los técnicos, productores y dirigentes del país que tienen como objetivo lograr durante todo el año elevados y sostenidos rendimientos de hortalizas de alta calidad, mediante la explotación del sistema de producción protegido en condiciones tropicales, con mayor armonía y cuidado del medio ambiente.

II. INSTALACIONES Y MANEJO CLIMÁTICO

2.1. INSTALACIONES

Los modelos de instalaciones para el cultivo protegido de hortalizas en Cuba se agrupan atendiendo al efecto creado en el interior de las mismas. En una de la tipología se crea un efecto “invernadero”, mientras que en la otra se crea un efecto “sombrija”, más adecuado para las condiciones del clima subtropical de nuestro país. El significado de los anteriores términos se explica a continuación:

Efecto “Invernadero”

Se denomina así al calentamiento inducido por la radiación solar que atraviesa la cubierta de la atmósfera confinada en el invernadero o casa de cultivo, en relación con el exterior. La luz solar que pasa a través de la cubierta es adsorbida dentro del invernadero, pero una parte de esta energía es re irradiada en forma de rayos infrarrojos largos que no atraviesan la cubierta, quedando atrapada esta energía en el interior lo que provoca un efecto de invernadero para cualquier condición atmosférica y época del año. La presencia del material de cerramiento con malla antinsectos por laterales, frentes, y ventana cenital provoca una reducción de la corriente de aire y por consiguiente una disminución del transporte convectivo de calor. Las instalaciones con estas características se clasifican dentro de la tipología 1, y de forma general se les llama “casas cerradas”.

Efecto “Sombrija”

Es el efecto buscado en la producción protegida de hortalizas en regiones cálidas intertropicales. Consiste en proteger a las plantas del efecto de las lluvias y a la vez, lograr una disminución de la alta radiación global incidente y permitir al mismo tiempo una mayor aireación de las plantas, lo que se logra cubriendo las instalaciones con un cerramiento superior de polietileno (PE) o rafia plastificada, ventana cenital y colocando malla sombreadora 35 % por laterales y frentes o simplemente levantando o bajando convenientemente la malla antinsectos, también por laterales y frentes. Esto permite continuas renovaciones de aire en el interior de las casas de cultivo, con lo cual se evitan los saltos térmicos que incrementan de 10 a 15 °C la temperatura máxima en el interior de las instalaciones cerradas con malla antinsectos. Por sus características se les llama “casas abiertas” o de tipología 2.

Las condiciones climáticas y económicas de Cuba exigen de las instalaciones protegidas, los requisitos siguientes:

- Construcciones resistentes a fuertes vientos y tener larga vida útil.
- Bajo costo inicial y de mantenimiento.
- Ventilación adecuada con suficiente altura en las paredes laterales.

- Fácil desarme y arme de los cobertores ante la inminencia ciclónica.
- Alta transmitancia de la luz por su estructura y cobertores.
- Utilización de plásticos antigoteo y una adecuada pendiente de las estructuras.
- Facilitar las labores de cultivo en su interior.

2.2. MANEJO CLIMÁTICO

El manejo climático de las instalaciones para el cultivo protegido de hortalizas tiene sus particularidades de acuerdo a las condiciones específicas de cada lugar. Por ejemplo, en países fríos se necesita elevar las temperaturas y por tanto buscar el “efecto invernadero” o emplear otras técnicas como la calefacción. En los países en que prevalecen temperaturas elevadas y existen fuertes precipitaciones, se busca un “efecto sombrilla” para proteger las plantas de la alta radiación, buscar más ventilación y proteger los cultivos de las lluvias. En zonas de desiertos se necesita proteger los cultivos de los fuertes vientos y buscar el “efecto” cortavientos y a la vez el ahorro de agua. En Cuba, el período más crítico para la producción de hortalizas ocurre en primavera - verano (trasplante marzo - agosto), en que prevalecen temperaturas máximas muy elevadas y una alta radiación global.

El microclima en el interior de las casas se torna muy desfavorable, debido a la alta radiación solar, lo cual incrementa considerablemente la temperatura, lo que trae consecuencias desfavorables para la fructificación de las plantas, principalmente en el cultivo del tomate. Este incremento de la temperatura que se genera en el interior de las casas también afecta al hombre que labora en su interior. Esta situación depende de la instalación y su manejo climático, y es crítica en las instalaciones de tipología 1.

Entre los factores que influyen en la variación de la temperatura interior de las instalaciones se encuentran:

- Geometría de las instalaciones.
- Dimensiones de la Casa de Cultivo.
- Tipo de material de cerramiento y su limpieza.
- Ubicación.
- Condiciones orográficas del lugar.
- Presencia o no de ventanas cenitales y laterales.
- Estado vegetativo del cultivo y su manejo agronómico.
- Velocidad del viento predominante.
- Ubicación de las mallas de sombreo.
- Elementos del clima.

Para una mayor comprensión de los fenómenos que ocurren en el interior de las casas de cultivo es imprescindible tener nociones sobre los elementos del clima y cómo influyen sobre los cultivos. Se entiende por elemento climático a toda propiedad o condición de la atmósfera que define el estado físico del tiempo o del clima de un lugar determinado, para un momento o período de tiempo dado.

Los principales elementos del clima a los que se hace referencia son los siguientes:

- Temperatura del aire
- Radiación solar
- Viento
- Humedad del aire
- Evaporación
- Nubosidad

Temperatura del aire.

La temperatura del aire es la temperatura medida mediante un termómetro colocado en el interior de una caseta meteorológica y a una altura de 1.5 m del suelo. La unidad de medida en la que se expresa su magnitud es el grado celsius ($^{\circ}\text{C}$). El factor que más influye sobre la temperatura del aire es la radiación solar, lo cual explica la estrecha correlación entre ambas variables. La temperatura del aire alcanza su máximo anual en el país en los meses de julio y agosto y el mínimo en los meses de enero y febrero. La temperatura es la principal variable climática a tener en cuenta y es la que más influye en las posibilidades productivas en las casas de cultivo. En la formación de las características tropicales del clima de Cuba es determinante la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie, la que tiene sus variaciones según las condiciones orográficas del lugar y la época del año. Cuando las temperaturas son muy elevadas la evapotranspiración llega a un valor crítico a partir del cual la planta no es capaz de absorber y transportar toda la cantidad de agua que ella necesita transpirar por las estomas y los cierra, es decir se ha producido el estrés hídrico por un desequilibrio entre la transpiración y absorción radicular. Los factores ambientales, tales como temperatura, humedad y luz afectan grandemente cada proceso de la reproducción en el tomate, y a la vez, el porcentaje de fructificación y el rendimiento. La temperatura en los trópicos es particularmente desfavorable para la fructificación y limita la producción de tomates, al igual se puede decir de la luz. La fructificación del tomate es sensible a ciertas temperaturas críticas según se conoce hace algún tiempo. Estas inducen la caída de botones y flores como resultado de la falta de fertilización la cual, a su vez, es afectada por un número considerable de factores. Temperaturas superiores a 34°C por el día y 20°C por la noche, o un período de exposición a 40°C durante solo cuatro horas pueden causar la caída de los botones en la mayoría de los cultivares de tomate.

Radiación solar

Es la cantidad de radiación recibida en una superficie horizontal en el suelo, ó sea, es la llamada radiación global. La unidad de medida es el mega joule por m^2 por día ($\text{MJ}/\text{m}^2 - \text{día}$). La intensidad de la radiación global depende fundamentalmente de la altura del sol sobre el horizonte, de la cantidad y tipo

de nubes y del grado de transparencia de la atmósfera. Los valores medios anuales de la radiación solar en Cuba oscilan entre 5 100 y 6 600 MJ/m² al año aunque en algunas zonas costeras se observan máximas anuales de hasta 8 590 MJ/m² y valores máximos en abril y junio. La radiación solar elevada en el período primavera-verano generalmente calienta los cuerpos por onda corta. El vapor de agua de la atmósfera absorbe 85 % de las radiaciones de longitud de onda larga y en cambio solamente absorbe un 14 % de las radiaciones de onda que envía el sol. La atmósfera terrestre hace efecto de cubierta de un gran invernadero que deja pasar las radiaciones solares de onda corta y no deja escapar las radiaciones terrestres de onda larga. La intensidad de la radiación solar por el día es elevada, aumentando la temperatura y sometiendo a la planta a desequilibrios entre transpiración y absorción radicular. Los cuerpos dentro de la casa de cultivo absorben las radiaciones solares y se calientan y estas altas temperaturas provocan estrés en las plantas, alterando las estructuras reproductivas, el cuajado, la viabilidad del polen y desorganizan en general el sistema enzimático. En tomate, un descenso de radiación afecta negativamente a la calidad del fruto, incrementando su contenido en agua, afectando su compacidad, resistencia al transporte y vida comercial, así como la disminución del contenido de azúcar.

El viento

El desplazamiento del aire, es decir, el viento se caracteriza por su velocidad y dirección. Durante el período lluvioso predomina sobre el país la influencia de los vientos alisios los que imponen un régimen estable de vientos del noreste al este. Las medias mensuales de la velocidad del viento raramente sobrepasan los 15 km/hora, lo cual ocurre principalmente en los meses de seca. La circulación atmosférica registra velocidades medias más altas en las costas, en todo el territorio nacional las direcciones prevalecientes son las del primer cuadrante.

Tabla 2. Dirección del viento predominante (Anual) en 57 estaciones.

Dirección	No de Estaciones	%
Este	28	49
Noroeste	15	26
Estenordeste	6	11
Nortenoeste	2	3
Estesudeste	1	2
Sureste	1	2
Sur	3	5
Norte	1	2

El movimiento del aire a través de la cubierta de un invernadero juega un papel fundamental en las condiciones medio ambientales que rodean al cultivo. La temperatura del aire, su humedad y su concentración en CO₂, están afectadas

por la ventilación. El aire se intercambia entre el exterior y el interior por las ventanas cenitales, y otros espacios de la cubierta de la casa de cultivo. Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, humedad, anhídrido carbónico y el oxígeno que hay en el interior de la casa de cultivo. El aire caliente, al pesar menos que el frío, se escapa por las ventanas cenitales, lo que deja espacio al aire fresco que penetra por las ventanas laterales. La reducida ventilación se ve limitada por la vegetación de los cultivos tutorados que dificulta la renovación del aire en el interior. En Cuba, la mayoría de las casas de cultivo están orientadas según los vientos predominantes para que el aire caliente salga por las ventanas cenitales. Las observaciones prácticas de los termómetros y la dirección del viento demuestran que lo fundamental es la velocidad del viento y no su dirección. En las casas de cultivo que no tienen ventana cenital la diferencia de presión depende de las ventanas laterales. A mayor superficie de las ventanas existe mayor posibilidad de entrada y salida del aire. La diferencia de presión es debida al efecto del viento por su velocidad y dirección y a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la casa de cultivo y tienen lugar a la vez. Cuando las velocidades del viento son inferiores a 1.5 m/seg, el efecto térmico predomina. Para lograr diferencia de presión hay que tener un coeficiente de presión positivo y otro negativo, lo cual puede lograrse con la orientación de las ventanas cenitales y laterales. Si esto no se tiene presente, la ventilación no es eficiente, al estar las ventanas opuestas el aire tendría que entrar y salir por la misma ventana. La ventilación cenital por sí sola no es suficiente para crear un flujo de aire apropiado. La ventilación por los laterales es importante para inducir la ventilación por gravedad cuando la velocidad del viento es baja. Para lograr una ventilación suficiente, la superficie total de ventanas debe ser del 15 al 25 % de la superficie del suelo. La tasa de ventilación debe ser mayor de 50 renovaciones por hora.

Otro aspecto a tener en cuenta es el efecto térmico, donde la fuerza motriz de la ventilación es la diferencia de temperatura entre el aire interior y el exterior. Esta diferencia induce diferencia de densidades del aire y, por tanto, diferencias de presiones variables según la altura de la ventana. Al ser negativas las diferencias de presiones, el aire sale de la casa de cultivo.

Humedad del aire.

Es la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. Se expresa en porcentaje y se realiza su medición con el psicrómetro. La máxima ocurre en octubre y la mínima en abril. La marcha diaria y anual de esta variable tiene un comportamiento casi siempre opuesto al de la marcha de la temperatura del aire. El máximo se presenta en horas de la madrugada y el mínimo al medio día cuando puede llegar a un 30-40 %. Dentro de las casas de cultivo existen variaciones según los modelos. En las casas cerradas es mayor la humedad relativa que en las casas abiertas. El exceso de humedad producto del fertirriego, incrementa la humedad relativa en el interior de la casa de cultivo y

contribuye a la compensación. La humedad relativa alta favorece el desarrollo de enfermedades y puede convertirse en un problema para la obtención de altos rendimientos.

Evaporación

La evaporación es el proceso mediante el cual el agua pasa del estado líquido al gaseoso, o sea, al estado de vapor de agua. Se mide de forma directa por los milímetros evaporados en un tanque evaporímetro. La evaporación media anual para el territorio cubano es de 1995 mm. La mayor parte de la evaporación corresponde al período de abril a septiembre. Los valores mínimos corresponden a diciembre y enero, y los máximos a abril y mayo. La evaporación y la transpiración aumentan en días de baja humedad y disminuyen durante períodos de humedad alta por la variación en tensiones.

Nubosidad

La nubosidad es el grado de cobertura nubosa del cielo. La observación de este elemento se efectúa sobre el supuesto de considerar la bóveda celeste dividida en ocho partes iguales y estimar que parte está cubierta por nubes. Se considera día nublado cuando es superior a 6/8. El máximo de días nublados ocurre en la región central del país, interior de Pinar del Río, mitad septentrional de la Habana y el interior de Camagüey, el mayor número de días despejados ocurre en toda la costa meridional de la región central y en la zona septentrional de Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas y Holguín. La intensidad luminosa depende de factores meteorológicos, como la existencia de nubes en el cielo, presencia de polvo en la atmósfera, en techos y paredes de la instalación, la condensación de gotas de agua y otros factores como el material de cerramiento y las características constructivas de la instalación.

La falta de luz provoca en la planta la formación de entrenudos largos y delgados, así como de racimos florales débiles y poco numerosos y aborto floral. Se conoce, que con el aumento de luz las necesidades de nitrógeno aumentan y las de potasio disminuyen. En los meses de menos luz éste constituye, de forma general, el factor que más limita la producción en las instalaciones protegidas. Existen determinados factores ambientales que influyen en la intensidad luminosa que llega al interior de las casas de cultivo. Entre ellos, la existencia de nubes en el cielo, la presencia de polvo en la atmósfera y en las paredes de las instalaciones protegidas, así como la condensación de gotas de agua en techos y paredes.

Medidas generales a tomar en las diferentes instalaciones atendiendo a las épocas del año:

- Colocar, a partir del mes de mayo, una malla sombreadora 35 % sobre el techo de las instalaciones o preferentemente situarla 20 cm por encima del mismo, lo cual contribuye a interceptar la radiación infrarroja corta (IRC), disminuye así el calor que se genera dentro de la instalación.

- Establecer, como práctica, abrir las instalaciones en el verano, levanta la malla antinsectos o sustituirla por malla de sombreado 35 %. En las instalaciones que están cerradas herméticamente (variante malla enterrada en trinchera de tierra) para ser abiertas en verano, hay que abrirlas de arriba hacia abajo para evitar tener que sacar la malla enterrada, pues en este proceso de introducirla y sacarla, generalmente se rompe.
- Abrir la parte superior por los frentes y sustituir la malla antinsectos por malla sombreadora 35 %, lo que favorecerá la aireación en el interior de la instalación.
- Emplear cultivares resistentes a geminivirus en tomate y cumplir lo orientado por Sanidad Vegetal para la lucha contra los insectos.
- Los techos cubiertos con polvo, algas o ambos, provocan la falta de luz en el interior de las instalaciones, lo cual altera la fenología y morfología de la planta. Es preciso mantener los techos limpios a través del año, sobre todo en la época de verano donde se presenta la mayor nubosidad.
- Hacer un uso adecuado de la pantalla térmica, en las instalaciones que la posean.
- Aplicar la estrategia de manejo agronómico según los cultivos.

2.3. LOCALIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El cultivo protegido de hortalizas es un sistema de producción intensiva, con una alta inversión inicial, previa a su ubicación se requiere, por tanto, efectuar un estudio de mercado y tener en cuenta además los aspectos edafoclimáticos, económicos, sociales y ambientales. Los productores no deben perder de vista que el tiempo medio de explotación de una casa de cultivo de estructura metálica en Cuba es alrededor de 15 años y, por tanto, se debe garantizar el cumplimiento de un conjunto de medidas para la ubicación definitiva de las instalaciones:

2.3.1-PRINCIPALES ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LA LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

Organizativos.

- Aprobación del proyecto.
- Microlocalización.
- Seguridad del lugar y condiciones para su protección física.

Estudio de mercado

- Demanda de la producción.
- Volumen de la producción por cultivo.
- Destino de la producción.

Fuente de abasto de agua

- Comprobada calidad del agua por medio de análisis de laboratorio.
- Cercanía a la fuente de abasto.
- Existencia de fuente de abasto alternativa.
- Aforo y garantía de abasto permanente de agua.

Suelo

- Análisis de suelo con sus características físicas, químicas y biológicas.
- Buen drenaje interno y externo.
- Estudio topográfico.
- Topografía llana y libre de obstáculos.
- pH. del suelo entre 5.5 y 7.5

Clima

- Dirección del viento predominante.
- Incidencia de ciclones y otros fenómenos atmosféricos.
- Elementos del clima (temperatura, humedad relativa etc.)

Sociales

- Ubicar las instalaciones cerca de núcleos poblacionales que garanticen fuerza de trabajo estable.
- Ubicación cercana a vías de acceso.
- Locales socio administrativos.
- Fuerza de trabajo calificada.

Ambientales

- Licencia ambiental
- Alejado de áreas con peligro de contaminaciones.

2.3.2- PROTECCION DE LAS INSTALACIONES

La tecnología de cultivo protegido, por sus características estructurales y su alto costo, requiere de un conjunto de medidas especiales para proteger las instalaciones de eventos meteorológicos adversos y minimizar las pérdidas materiales. El ciclón tropical se define como un centro de bajas presiones, alrededor del cual el viento, junto a nubes de tormenta y lluvia, giran en sentido contrario a las manecillas del reloj. Los ciclones tropicales se clasifican según la velocidad de los vientos en:

Depresión Tropical		Hasta 62 Km/h
Tormenta Tropical		63 a 117 Km/h
Huracán	Categoría I	118-153 Km/h
	Categoría II	154-177 Km/h
	Categoría III	178-209 Km/h
	Categoría IV	210-250 Km/h
	Categoría V	+ de 250 Km/h

Temporada ciclónica: Es la época del año en que con mayor frecuencia se forman los ciclones tropicales en nuestra área geográfica de interés, comprendida por el Atlántico, el golfo de México y el Mar Caribe, y se extiende desde el primero de junio hasta el 30 de noviembre. Las estadísticas demuestran que las instalaciones de mayores dimensiones son las más afectadas por los ciclones, lo que incide también en la mayor dificultad en la retirada de los cobertores. La estrategia en los últimos años es la instalación de casas pequeñas de fácil desmontaje de mallas y techos. La experiencia indica

que no es practicable desmontar las estructuras metálicas dado el poco tiempo que se dispone, las dificultades tecnológicas y las pérdidas que se producen.

Los cambios climáticos y la incidencia frecuente de ciclones, intensas lluvias y tormentas locales, obligan a tomar medidas excepcionales en la protección de las casas de cultivo. Es de cumplimiento obligatorio en todas las instalaciones protegidas contar con planes de reducción de desastres, para lo cual se debe respetar el mando único creado en estas situaciones y prepararse a partir de la Directiva No. 1 del Vicepresidente del Consejo de Defensa Nacional y el documento del ejercicio Meteoro de Mayo de 2006, donde de forma concreta, se indica cómo trabajar para la reducción de desastres en casas de cultivo ante el paso de un huracán. En estos planes se tiene que dejar claro las vulnerabilidades y riesgos, cómo actuar en las etapas de prevención, preparación, respuesta y recuperación. Etapa de prevención. Puntualizar las acciones posibles de disminución de los riesgos de desastre como sigue:

- Programa detallado de desmantelamiento de las casas, discutido y aprobado.
- Entrenamiento de los grupos de desmantelamiento.
- Aseguramiento de los techos, puertas y ventanas de las instalaciones no sólidas (almacenes, casetas, etc.)
- Drenajes ingenieros en sus parámetros de evaluación.
- Volúmenes de cultivo de posible cosecha.
- Reubicación de productos químicos para mayor seguridad (prioridad número 1: altamente tóxicos).
- Plantilla de dirección, técnica y obreros que se dispondrán en tiempo crítico real.

Etapa de preparación.

- Actualización de las plantillas de todo el personal y medios de protección previstos.
- Aseguramiento detallado de los recursos materiales previstos.
- Estimado de las producciones que están listas para cosecha, recursos para su ejecución y afectaciones que se pudieran producir.
- Actualización de la situación existente en los drenajes.
- Inventario de productos (fertilizantes, pesticidas, equipos, etc) y grado de protección.

Aplicación de las fases.

1.-Fase Informativa: Cuando se pronostique que en un plazo de 96 a 72 horas el organismo ciclónico puede comenzar a afectar un territorio dado.

2.-Alerta: Cuando se pronostique que a partir de las próximas 48 horas el organismo puede comenzar a afectar un territorio dado.

3.-Alarma: Cuando se pronostique que a partir de 24 horas el organismo comenzará a afectar el territorio.

4.-Recuperativa: Cuando ha desaparecido el peligro y los consejos de defensa dicten la aplicación de esta fase.

Medidas en la fase informativa.

- Activación de los planes previstos.

- Ejecución de los trabajos de drenajes ingenieros.
- Concentración, aseguramiento y protección de todos los medios posibles.
- Eliminación de desechos, basuras etc. que interrumpen los drenajes.
- Seguimiento de la información meteorológica.
- Comprobación de la disposición objetiva de hombres y medios.

Medidas en la fase de alerta.

- Conclusión de medidas previstas en la fase anterior.
- Intensificar recolección y traslado a los lugares previstos de productos agrícolas en cosecha.
- Movilización y empleo de las brigadas de trabajo.
- Conclusión de medidas previstas, pendientes de la fase anterior.
- Desmonte y aseguramiento de laterales y techos de casas sin cultivo. Esta medida se aplica cuando el número de casas es grande y existen problemas con la fuerza de trabajo en dependencia de la categoría del huracán. Si se considera que existen condiciones, esta medida se pospone para la siguiente fase.
- Recoger percheros y tutores de estas casas y llevarlos a lugares seguros.
- Enrollar pantallas térmicas, recoger pizarras y motores y ubicarlos en lugares seguros.

Medidas en la fase de alarma ciclónica.

- Acelerar la conclusión de medidas previstas en la fase anterior.
- Desmonte y aseguramiento de laterales y techos de todas las casas.*
- Desenganchar percheros y acostar los cultivos.
- Cumplimiento del sistema informativo.
- Garantizar la protección del personal.

* Si la alarma es por intensas lluvias no desmontar aún los laterales y techos de las casas.

Medidas para la fase recuperativa.

- Eliminación de obstáculos.
- Evaluar y cuantificar daños y necesidades.
- Actualización de los drenajes.
- Cosecha de productos no aptos para el consumo
- Concretar el posible reinicio productivo.
- Comenzar la reconstrucción, demolición y eliminación de obstáculos.

Algunas precisiones para el personal de las casas de cultivo.

- Respetar el mando único creado en casos de huracanes.
- Tener elaborados todos los planes establecidos para cada etapa y fase.
- En las casas existentes, por su tecnología y ensamblaje, no es factible desmontar las estructuras metálicas.
- Capacitar a todo el personal en las tareas a realizar antes del paso de un ciclón.
- Contar con todos los medios, como las herramientas necesarias para el desmonte de mallas y techos.

- Realizar, con anticipación, ejercicios de desmonte de cobertores, enumerarlos para garantizar su montaje nuevamente.

III. EL SUELO Y SU PREPARACIÓN

La casi totalidad de las instalaciones de cultivo protegido de hortalizas en Cuba se encuentran sobre suelo, por lo que es necesario realizar su adecuado manejo, que permita obtener los mejores rendimientos y garantizar su conservación.

3.1. TIPOS DE SUELOS.

Las características exigidas en los suelos en esta tecnología son las siguientes:

- Suelos altos, profundos, con buen drenaje interno y externo.
- Adecuadas condiciones físicas, químicas y biológicas (evitar suelos franco arenosos).
- pH entre 5.5 y 7.5.
- Buena topografía, libre de obstáculos.
- Comprobada sanidad en relación con la presencia de nemátodos, infestación de malezas como hierba fina o cebolleta y residuos de herbicidas.

Los suelos que ocupa el cultivo protegido en Cuba son los siguientes:

Suelos Ferralíticos (Rojo, Rojo Lixiviado, Amarillento Lixiviado).

Son los suelos más productivos del país por sus excelentes características físicas y químicas, de alta productividad. Poseen media o baja fertilidad, bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno, tienen un elevado contenido de hierro y fijan el fósforo.

Frecuentemente, por manejo inadecuado, uso excesivo de la maquinaria y de la fertilización presenta compactación, elevación del pH, etc. Igualmente en el proceso de explotación de este sistema las plantas muestran a menudo fuertes deficiencias de magnesio y calcio. Su manejo debe promover la ruptura de la capa compacta para facilitar el drenaje, y garantizar el suministro de materia orgánica, magnesio y calcio.

Suelos Pardos Sialíticos (Pardos con y sin carbonatos, Pardos grisáceos).

Presentan buena capacidad de intercambio catiónico (>30 cmol/kg de arcilla). No poseen un alto grado de desarrollo, son de elevada fertilidad y tienen medio o alto contenido de materia orgánica. Sus limitantes son la topografía accidentada y su poca profundidad. Su preparación resulta más difícil en relación con los suelos anteriores. Sobre los suelos Ferralíticos y Pardos se encuentra el mayor número de instalaciones en el país. Otros suelos utilizados son:

- Ferralíticos.
- Ferríticos.
- Fersialítico.
- Aluvial.

3.2. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN.

El análisis de caracterización físico-química de los suelos donde estarán asentados los módulos de casas de cultivo se emplea con el objetivo de conocer las principales características físico - químicas de los mismos, para su

mejor explotación en función del manejo correcto del riego y de la nutrición y posibles enmiendas a efectuar. Este se realiza antes de ubicar las instalaciones, acompañado de un estudio de suelos que certifique los factores limitantes existentes (profundidad, drenaje, compactación, pedregosidad, etc.).

Análisis físico	Análisis químico
Humedad higroscópica	pH en agua, en cloruro de potasio y acidez hidrolítica
Capacidad de campo	Carbonatos (CO ₃)
Densidad aparente	Cationes intercambiables (calcio, magnesio, potasio, sodio)
Límite superior e inferior de plasticidad	Capacidad de intercambio catiónico (Valor T)
	Fósforo móvil y potasio asimilable (P ₂ O ₅ y K ₂ O), M.O.

Cómo tomar las muestras de suelo:

- Se toma una muestra compuesta formada por 5 - 10 submuestras en cada instalación protegida (en dependencia del tamaño) tomada en diagonal encima de los canteros. Es necesario que el suelo se encuentre lo más seco posible, o sea no muestrear después del fertirriego.
- Limpiar con una pala la parte superior del cantero. Introducir la pala hasta una profundidad de 20 cm (medirlo bien).
- Eliminar el suelo que se encuentre en los bordes de la pala, deja solamente el que está en el centro.
- Introducir el suelo extraído en una bolsa limpia de polietileno.
- Cerrar la bolsa e identificar correctamente para su envío al laboratorio.

Corrección del pH del suelo

En los suelos con pH menor de 6.0 o acidificados en el proceso de su explotación se harán aplicaciones de CaCO₃ durante su preparación.

Encalado del suelo

El propósito principal del encalado es la neutralización de los iones Al³⁺ y H⁺ que se presentan en suelos ácidos cuyo pH es menor de 5,5; además, disminuir la toxicidad del Al y Mn, elevar el pH, aumentar la disponibilidad del P, mejorar el suministro de Ca y Mg, y mejorar las condiciones del nitrógeno del suelo.

Dosis: t/ha para neutralizar el Al. $t \text{ cal/ha} = \text{meq Al/100 g} \times 1,65$ si el % de M.O < 7,0 $t \text{ cal/ha} = \text{meq Al/100 g} \times 2,30$ si el % de M.O > 7,0 donde los meq Al/100 g = Al intercambiable extraído con KCl, 1N

Ejemplo: Para un suelo que tiene un pH de 4.8, 6.5 % de M.O y 2.5 meq Al/100 g de suelo, la cantidad de cal a aplicar sería la siguiente: $t \text{ de cal/ha} = 2.5 \times 1.65 = 4.1 \text{ t cal/ha}$ Se usa el factor 1.65 porque M.O < 7 % La aplicación de cal debe ser homogénea, incorporarla con no menos de un mes de anticipación a la fecha de siembra o plantación, para que tenga tiempo de reaccionar en el

suelo y realizar la neutralización del aluminio. El material ideal para hacer el encalado es el carbonato de calcio o cal agrícola. El 100 % debe pasar por un tamiz No10 y el 50 % por un tamiz No100.

3.3. LABORES DE PRESIEMBRA O PLANTACIÓN.

Materia orgánica

Es favorable la aplicación de materia orgánica bien descompuesta de forma sistemática para mantener y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. La materia orgánica aportada debe cumplir con la condición indispensable de estar bien descompuesta y libre de malezas, hongos y nemátodos. Debe ser certificada. La aplicación se realizará sobre las superficie del suelo, al iniciar las labores de su preparación, o sobre los canteros ya conformados, lograr una distribución uniforme e incorporarla de forma mecanizada con rotovator o de forma manual con el auxilio de azadón y rastrillo a una profundidad entre 5 - 15 cm, según el tipo de apero utilizado. Resulta de mayor efectividad la primera variante descrita. Se utilizarán fuentes locales como el estiércol vacuno, la biotierra, el compost y otras de pH ácido o neutro en dosis de 2 - 3 kg/m² y el humus de lombriz a razón de 0.8 – 1.0 kg/m². Evitar utilizar fuentes con elevado pH como la gallinaza. Se recomienda establecer centros de almacenamiento de materia orgánica al menos para dos ciclos de cultivo. Desinfección del suelo En las unidades o en los sistemas de cultivo protegido de tomate y otras hortalizas la desinfección del terreno es una labor imprescindible teniendo en cuenta su carácter intensivo y el alto índice de utilización del suelo en estas unidades. La misma puede realizarse por la vía química física o biológica.

Tratamiento químico

- Aplicar Basamid (Dazomet 98 %) a la dosis máxima de 60 - 100 g/m² o por el procedimiento establecido u otras alternativas que surjan y se orienten.
- Para aplicar Dazomet, el suelo deberá estar excelentemente preparado y en condiciones de tempero lo que se logra con un riego profundo previo a su aplicación, la desinfección se iniciará 48 horas después.
- Cumplir las normas de cubrimiento del suelo con una manta de polietileno y aplicar el gas bajo éste con tuberías de goteros no autocompensados, hacer corresponder una línea a cada cantero.
- Aplicar AGROCELHONE-NE en dosis de 330 – 440 l/ha.
- Aplicación antes de la plantación con el suelo mullido y húmedo, con un 60 % de capacidad de campo. Se aplicará por el sistema de riego con la bomba de inyección a la entrada de la casa de cultivo. Sellar el suelo con lámina de polietileno. Regar dos o tres veces y no regar un día antes de la aplicación. Esperar 28 días para realizar la plantación.

Tratamiento físico.

En suelos que presentan nemátodos, una de las alternativas es el método de solarización, ya sea exponiendo el suelo directamente a los rayos solares por espacio de 30 días, realizar labores de preparación. Otra posibilidad es preparar bien el suelo, humedecerlo y taparlo con una manta de polietileno por

45 días. El método de solarización es más efectivo en suelos con alto contenido de materia orgánica, ya que también actúa como biofumigación. La efectividad es aún mayor cuando se hace combinada, ya sea con la biofumigación o con Metan sodio (100 cc/m²).

Tratamiento biológico.

El HeberNem. Producto biológico para el control de nemátodos parásitos de las plantas.

- a) Aplicar HeberNem en dosis de 10 l/ha ó 1 ml /m² Primera aplicación de presiembra en el suelo (dosis: 10 l/ha ó 1 ml/m²). Siete días antes del trasplante o siembra directa. (En infestaciones bajas de nemátodos: tres días antes) Por el sistema de riego (riego localizado): a razón de 1 litro en 20 litros de agua, que serán aplicados teniendo en cuenta el área total a tratar. Para garantizar uniformidad en la aplicación, se recomienda el empleo de una mochila o asperjadora manual. Debe regularse una entrega adecuada de la mochila en la zona donde se desarrollará el sistema radicular de la planta en dependencia del tipo de suelo, la solución final por planta que debe aplicarse está entre 40 y 70 ml. Segunda aplicación a los 14 días después del trasplante (dosis 10 l/ha ó 1 ml/ m²). Proceder igual que en la primera aplicación, pero teniendo en cuenta que debe aplicarse un volumen mayor de solución final para cubrir la zona radical (entre 50 y 90 ml). Tercera aplicación, a los 21 días de la segunda (dosis: 10 l/ha ó 1 ml/m²). Proceder igual que en la segunda aplicación. En este caso, se recomienda el uso del fertirriego debido al desarrollo foliar de las plantas. HeberNem puede ser usado en mezcla con materia orgánica, en aplicaciones de presiembra al conformar los canchales, esta práctica incrementa y alarga la efectividad del producto.
- b) Aplicar al suelo un biopreparado a base del hongo *Trichoderma harzianum*, cepa A - 34, destinado al control de hongos tales como *Phytium*, *Phytophthora*, etc., que producen la enfermedad conocida como Damping off o Mal de los almácigos. Emplear el biopreparado a una dosis de 6 L/ha, con una solución final de 400 L/ha. La aplicación se realizará posterior a la aplicación inicial de materia orgánica sobre el suelo con humedad superficial o después del riego, dos días antes del trasplante.

3.4. PREPARACIÓN DEL SUELO.

Esta es una de las actividades más importantes de la tecnología, ella debe cumplimentar las exigencias de profundidad en el mullido que favorezcan las propiedades físicas, químicas y biológicas, el control de malezas, el drenaje, la eliminación de sales que se acumulan por efecto del fertirriego y la aplicación de prácticas eficientes de desinfección para el control de nemátodos y otros agentes.

Subsoleo

Previo al montaje de las casas, en los suelos que lo requieran por tener capas internas compactadas o impermeables, se realizará el subsoleo a una profundidad no menor de 40 cm y una distancia entre los órganos del implemento de 30 cm, emplear un subsolador o el multiarado sin sarta, realizar dos pases en forma cruzada, para lo cual se emplean tractores de estera o de gomas. Igualmente, será necesario realizar esta labor en instalaciones con suelos en los cuales subsistan horizontes compactados. Esta actividad resulta fundamental para facilitar el drenaje, el movimiento de sales y el desarrollo radical de las plantas.

Nivelación

- Se proscribe la nivelación del suelo con motoniveladora o equipo similar que afecte el horizonte "A" del suelo.
- La labor de alisamiento del suelo de las instalaciones puede realizarse, si fuera necesario con aperos adecuados para ello.

Laboreo del suelo

La preparación inicial del suelo se realiza después de montada la casa de cultivo, de forma mecanizada o con tracción animal, según la disponibilidad de implementos y fuentes energéticas, el tiempo medio total de preparación del suelo es de 25 a 30 días.

Preparación del suelo en cultivo de rotación.

El cultivo protegido de las hortalizas es una tecnología intensiva con un elevado índice de rotación del suelo, por lo que requiere que se garantizan condiciones óptimas para lograr los rendimientos potenciales máximos en cada especie. En cultivos en rotación, el tiempo total de laboreo puede ser más breve teniendo siempre presente el cultivo precedente, así como el estado físico y sanitario del suelo.

Laboreo del suelo posterior a la cosecha.

Finalizada la recolección son retirados los restos vegetales y el sistema de riego, posterior a lo cual se procede al laboreo del suelo. Es obligatoria la realización de al menos las labores de rotura con los correspondientes pases de escarificación o mullidos intermedios, lo cual se puede lograr en un mayor o menor plazo, en dependencia del cultivo anterior, tipo de suelo, su grado de humedad y estado sanitario. Se recomienda, regar a tempero durante el proceso de preparación para mejorar la calidad del laboreo y reducir el plazo total de esta labor.

Lavado del suelo.

Esta labor se realiza con el fin de lavar las sales acumuladas en el suelo en el cultivo anterior. Después de preparado el suelo, efectuar un riego por aspersión con dosis de 15 – 20 L/m² para el lavado de sales y además, crear una franja húmeda hasta la profundidad de 40 – 50 cm. Posterior al lavado, la conductividad eléctrica de los extractos acuosos del suelo (C.E.) descenderá en función de la C.E. del agua utilizada para el lavado, el tipo de suelo y su grado textural. Se persigue que no sea superior a 1.0 mS/cm. En caso de que

la C.E. de los extractos acuosos del suelo se mantenga elevada, se debe continuar con el lavado del suelo hasta lograr los rangos permisibles, para poder realizar un nuevo trasplante. Tener en consideración la C.E.(salinidad) del agua usada para el lavado. Labores básicas de preparación del suelo.

En la práctica, lo más generalizado es la combinación de las labores mecanizadas, con tracción animal y labores manuales, en dependencia de las condiciones locales y las disponibilidades de equipos.

Tabla 3. Labores básicas de preparación del suelo.

Labor	Implemento	Exigencia (cm)	Observación
Riego aspersión 1	Sistema aéreo, Sistema portátil	(Tempero)	Tiempo y norma según suelo
Subsolar	Subsolador RENTER Multiarado M-140	30 - 40	Opcional
Roturar	Arado media vertedera Multiarado M-140 Arado criollo	15 - 20	Según labor mecanizada o tracción animal
Mullido	Grada de pinchos Escarificador	(Tempero)	-
Cruzar	Arado de media vertedera Multiarado M – 140	20 - 25	En instalaciones grandes Con saeta de 400 mm
Remate de cabeceras	Arado criollo Arado de media vertedera	Máxima profundidad	Obligatorio
Riego aspersión 2	Sistema aéreo Sistema portátil	(Tempero)	Si fuera necesario
Mullido	Grada de pinchos o discos Rotovator	> 15	-
Trazado de canteros	Surcador acanterador de doble aleta	> 15	Bien rectos
Conformación de canteros	Instrumentos manuales Rotoacanterador RTM 1400	15	Cumplir dimensiones normadas

Variante mecanizada

Esta labor se realiza generalmente en instalaciones grandes. En casas de baja altura se usan equipos pequeños o también se les quita el techo a los equipos para facilitar su trabajo dentro de la instalación.

Previo al inicio del laboreo del suelo se procede a dar un riego por aspersión hasta lograr una humedad de tempero que favorezca las labores de preparación del suelo. Este riego se realiza con el sistema de riego aéreo que poseen algunas instalaciones o con un equipo portátil de riego por aspersión.

La preparación básica del suelo se realiza a partir del subsolado, de ser necesario, e incluye labores de rotura y cruce (casas grandes) con labores intermedias de mullido o escarificado del suelo.

Variante con tracción animal

Está fundamentada en labores similares a las que se realizan en la preparación mecanizada del suelo, en su lugar se emplean implementos desarrollados para la tracción animal. Por lo general se realizan con bueyes en casas pequeñas y en una sola dirección. La aradura se realiza a todo el suelo o simplemente sobre el cantero y sin romper los pasillos. Las dos variantes son necesarias para mejorar el suelo y el desarrollo radicular.

Variante manual

La preparación manual del suelo se realiza con el empleo de tridente, azada, pala, rastrillo lo que constituye una opción factible para unidades pequeñas. Procede también combinar las labores de preparación del suelo, de forma mecanizada y con tracción animal, en la medida de las posibilidades y siempre que se logren las exigencias técnicas definidas. Las casas de cultivo están sometidas a una explotación intensiva y el tiempo de preparación del suelo se reduce notablemente, en dependencia de cómo queda el suelo después de la cosecha anterior. La labor de cruce se practica en las casas estrechas, donde se repiten las araduras en una sola dirección.

Trazado y conformación de los canteros

El trazado de los canteros se realiza en función de lograr una adecuada distribución espacial de las plantas para obtener la densidad óptima a establecer en cada especie, que permita un adecuado crecimiento y desarrollo de la plantación. En esta tecnología se pretenden establecer densidades de población que oscilan entre 1.8 y 2.5 plantas/m²

. Canteros anchos (doble hileras).

En sus inicios la tecnología concibió el trasplante o la siembra directa sobre canteros altos de superficie plana, los cuales son trazados a una distancia de 180 a 200 cm de centro a centro de los canteros, de manera que se logre un plato o superficie del cantero ente 110 y 120 cm, que permita establecer un esquema de dobles hileras, quedando los pasillos entre canteros con un ancho medio entre 70 y 90 cm. La altura del cantero no deberá ser menor de 15 cm.

Es el esquema de plantación más generalizado en el país, la plantación se realiza sobre canteros altos con las siguientes características:

Ancho del plato del cantero	110 – 120 cm
Distancia entre hileras	60 cm
Distancia entre plantas	50 cm
Distribución de las plantas	Tresbolillo
Pasillos	70-90 cm
Densidad	2.0 – 2.2 plantas/m ²

La distancia media entre hileras debe ser de 60 cm, aunque algunos productores reducen esta distancia hasta 40 cm para buscar un solapamiento del cono de humedad de los goteros de ambas hileras y contrarrestar daños fisiológicos observados en ocasiones en las plantas, derivados de las fluctuaciones de humedad en el suelo, fundamentalmente en el verano y en suelos ligeros. Esta práctica es recomendable siempre y cuando los alambres del tutorado superior se mantengan a una distancia media de 60 cm.

Es importante cuidar la terminación final del cantero, evitar que su superficie quede inclinada hacia uno de los extremos, dejar preferentemente bordes en ambos lados del mismo que resguarden el cono de humedecimiento de los goteros y evitar que se humedezca el pasillo. Para esta labor de conformación lo ideal es el empleo del rastrillo de forma manual.

Canteros estrechos (hilera sencilla)

La hilera sencilla consiste en una siembra o plantación en un cantero estrecho donde las hileras de plantas están separadas. Esta variante es utilizada por algunos productores con buenos resultados, principalmente en la atención fitosanitaria. En el cultivo del pimiento es donde más se ha utilizado.

Características del esquema de plantación a una hilera en una instalación de 12 m de ancho.

11 canteros; 11 hileras de plantas; 11 laterales de riego

Ancho del plato del cantero	30 cm
Distancia entre hileras	104 cm
Distancia entre plantas	40-50 cm
Ancho del pasillo	54 cm
Plantas por metro cuadrado	1.75-1.94 cm
Distancia entre goteros	40 cm
Largo del cantero	4300 cm

Ubicación de los alambres del tutorado y las mangueras de riego. Al montar las casas de cultivo es muy importante que los alambres del tutorado se ubiquen según el esquema de plantación diseñado para esa instalación. Si no existe esta coordinación, se pueden presentar grandes dificultades para el manejo de los cultivos. Después de trazado los canteros según el esquema, se monta el sistema de riego a las distancias indicadas. Las distancias se toman a partir del centro de los tubos laterales hacia el centro de la casa de cultivo y se repite para la segunda mitad de la casa en forma inversa. Es importante que los montadores de las instalaciones de cultivo protegido respeten estas distancias para que los alambres coincidan con las hileras de plantas.

**Tabla 4. Posibles variantes para el trazado de los canteros en túneles de 12 m de ancho.
(Distancias a partir del centro de los tubos laterales).**

VARIANTE 1 (6 canteros)

Distancia de los alambres (m)	Distancia de las mangueras (m)	Centro de los pasillos (m)
0.85	0.90	0.30
1.55	1.50	2.10
2.65	2.70	3.90
3.35	3.30	5.70
4.45	4.50	
5.15	5.10	

VARIANTE 2 (7 canteros)

Distancia de los alambres (m)	Distancia de las mangueras (m)	Centro de los pasillos (m)
0.90	0.95	0.32
1.50	1.45	2.00
2.50	2.55	3.60
3.10	3.05	5.20
4.10	4.15	
4.70	4.65	
5.70	5.75	

