



*Las opiniones y los contenidos de los trabajos publicados son responsabilidad de los autores, por tanto, no necesariamente coinciden con los de la Red Internacional de Investigadores en Competitividad.*



Esta obra por la Red Internacional de Investigadores en Competitividad se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 Unported. Basada en una obra en riico.net.

## **Sistema contra heladas, un recurso para aumentar la productividad en cultivos con entornos cerrados en el Occidente de México**

*Netzahualcóyotl Saucedo Martínez<sup>1</sup>*

*Jorge Alejandro Chávez Larios \**

### **Resumen**

Una de las variables que más aquejan a los cultivos de la zona Occidente de México son las heladas y temperaturas bajas, las cuáles dañan la productividad de los cultivos. En los últimos años, los estados de Jalisco y Michoacán han registrado temperaturas hasta de  $-5^{\circ}\text{C}$  en algunas regiones, dañando seriamente la economía no solo de la región, sino también del país.

Para este trabajo de investigación, se analizaron 3 sistemas de protección contra heladas en ambientes controlados para poder identificar aquel que por sustentabilidad, costo y efectividad, sea una opción para los productores de la región en entornos cerrados. Los sistemas analizados respondían a las necesidades de controlar la velocidad de la pérdida de calor, conservar el calor y aumento de la temperatura. Con esto, se pretende favorecer la productividad de los cultivos y, por ende, fortalecer su competitividad en el mercado.

**Palabras clave:** Heladas, sistemas de protección contra heladas, sustentabilidad, costo, efectividad, competitividad, productividad.

### **Abstract**

One of the variables that most afflict crops in the western part of Mexico is frost and low temperatures, which damage crop productivity. In recent years, the states of Jalisco and Michoacán have registered temperatures up to  $-5^{\circ}\text{C}$  in some regions, seriously damaging the economy not only of the region, but also of the country.

For this research work, 3 frost protection systems in controlled environments were analyzed in order to identify the one that for sustainability, cost and effectiveness, is an option for producers in the region in closed environments. The systems analyzed responded to the needs to control the speed of heat loss, conserve heat and increase the temperature. With this, it is tried to favor the productivity of the crops and therefore, to strengthen their competitiveness in the market.

**Keywords:** Frost, frost protection systems, sustainability, cost, effectiveness, competitiveness, productivity.

---

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Colima

La agricultura en nuestro país puede ser considerada como una actividad económica de enorme importancia, debido a que la podemos ubicar como uno de los sectores más productivos y con un aporte importante para el desarrollo, sobre todo de las zonas rurales.

Según INEGI (2017), el área que se dedica a la agricultura en México es poco más de 140 millones de hectáreas, donde productos como el maíz y el frijol, representan aproximadamente dos terceras partes de la producción total, en este sentido, el aporte a la alimentación básica de la población, recae en esta actividad, de ahí la necesidad de hacerla más competitiva a través de métodos o sistemas que permitan asegurar la productividad de los cultivos.

Para esta investigación se decidió trabajar para favorecer la zona Occidente del país, la cual tanto por su ubicación geográfica como por su aporte a la economía, resulta vital para el desarrollo económico de México. Por ejemplo, uno de los estados que más contribuye en este aspecto es Michoacán, en donde el caso más destacable es el cultivo de aguacate, la superficie cosechada pasó de 77 mil a 157 mil hectáreas de 1990 a 2014, en tanto que la producción creció de 686,301 a 1,520,695 toneladas, para el mismo período. Michoacán contribuye con 93% de las exportaciones totales de aguacate mexicano, mismas que han crecido de 17 mil a 653 mil toneladas en el período de 1990-2013 (FAO, 2016).

Con base a lo anterior, Michoacán, es el segundo estado que más aporta a la producción nacional con un valor según datos económicos en 2016 de 42,629,634.16 miles de pesos mexicanos, es decir, más del 10% del PIB nacional, con una superficie sembrada de 456,389.28 hectáreas, que representaban casi una quinta parte del total de superficie sembrada en el país. Desde este punto de vista se puede notar que, con prácticamente la mitad de superficie sembrada, Michoacán produce casi el mismo valor que el primer estado que es Sinaloa, pues posee cultivos con mayor valor.

Ahora bien, ya juntos, cada uno de los estados que conforman esa zona (Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Querétaro y San Luis Potosí) según datos económicos del 2011, cada estado generó uno de cada tres pesos de lo que produce el sector, de esta manera, la ubicación para este trabajo de investigación está justificada, ya que podemos entender que es una región que aún requiere de mayor tecnificación y esto potenciaría aún más el desarrollo del campo, volviéndolo más competitivo ante las necesidades tanto del mercado como de la sociedad.

Por esta razón, es de especial importancia atender una de las variables que más aquejan a los cultivos en esta región, las heladas y temperaturas bajas, las cuáles son muy dañinas para los cultivos. En los últimos años, los estados de Jalisco y Michoacán han registrado temperaturas hasta de  $-5^{\circ}\text{C}$  en algunas regiones, según datos de la Comisión Nacional del Agua. Esto sin duda afecta a los cultivos y representa daños en cientos de hectáreas lo que se traduce en pérdidas económicas importantes para esa región y en consecuencia para el país.

Para este trabajo de investigación, se analizaron 3 sistemas de protección contra heladas en ambientes controlados para poder identificar aquel que por sustentabilidad, costo y rendimiento, sea una opción para los productores de la región. Los sistemas analizados respondían a las necesidades de controlar la velocidad de la pérdida de calor, conservar el calor y aumento de la temperatura.

Para poder entender mejor qué se esperaba de los sistemas analizados, trataremos de dar una definición sobre lo que es una helada, si pensamos en términos meteorológicos, una helada es cuando se registra una temperatura igual o menor a  $0^{\circ}\text{C}$  que para un cultivo resulta peligroso puesto que el frío se estaciona a un nivel de 1.5 a 2 m sobre el nivel del suelo y es ahí en donde la temperatura baja afecta a los tejidos de la planta y ésta comienza a sufrir daño. Si esta helada pasa de las 8 horas, entonces estaríamos hablando de un daño aún mayor.

En este sentido, cuando un periodo de heladas azota a una región, los productores deben estar preparados con sistemas que les permita asegurar la productividad de su cultivo, de ahí que el objetivo de este trabajo es:

### **Objetivo**

El objetivo principal del presente trabajo es el de analizar 3 sistemas de protección contra heladas en cultivos con entornos cerrados que permita asegurar la productividad y la competitividad de los cultivos agrícolas de la Región Occidente de México.

Para poder aplicar una solución acorde a las necesidades ya sea del campo de cultivo o de la región, es necesario estudiar las características del mismo y de los sistemas que más se adapten a ello, es necesario también conocer las condiciones económicas de los productores así como las condiciones ambientales del espacio geográfico, esto con la finalidad de implementar una solución acorde a las necesidades de esa región cuyo rendimiento cubra los requerimientos del cultivo y que además sea una inversión asequible y amigable con el medio ambiente. Por tanto, el objetivo de este análisis

permite identificar la opción más factible y viable de implementar en cultivos cerrados con la intención de asegurar la productividad del mismo, esto sin duda le ayuda a la región a tener una producción de calidad, una producción que no esté lastimada por las inclemencias del tiempo que, en este caso, las heladas le producen al fruto.

### **Metodología**

Es una investigación aplicada la cual tiene como particularidad el buscar la aplicación de los conocimientos adquiridos para después implementar y sistematizar los resultados que se derivaron de la investigación en un problema práctico, en este caso, por el objetivo que se plantea en este trabajo, se pretende resolver un determinado problema (las heladas que aquejan los cultivos), enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, como resultado, obtener una solución probada para el enriquecimiento científico.

Para poder realizar esta investigación, se dividió en cuatro fases respetando la metodología de la investigación aplicada, ésta comprende, en principio, los siguientes pasos:

1. Partir de una situación problemática que requiere ser intervenida y mejorada. Se debe describir sistemáticamente esa situación problema, de manera que se justifique con criterios relevantes su orden práctico.
2. Seleccionar una teoría, para luego exponerla en sus conceptos centrales y en sus rasgos contextuales.
3. Examinar la situación “problema” a la luz de la teoría seleccionada, de ésta se deriva un prototipo de acción, con el cual se busca resolver favorablemente la situación “problema”.

Obviamente en él se contempla la descripción sistemática con sus secuencias e instrumentaciones pues resultará ser el método y/o un modelo a emplear y comprobar en este proceso práctico aplicado. Ensayar y probar el prototipo descrito como paso 3, para determinar la probabilidad que tiene el modelo aplicativo para resolver la situación problema (Universidad de Costa Rica, Facultad de Educación, 2007).

En este caso, se utilizó esa metodología de la siguiente forma:

1. Diagnóstico. Consistió en la visita al espacio de estudio donde se harán las pruebas del sistema elegido en la fase 2, para poder acceder a la fase 3, la huerta está ubicada en la localidad de Huimbán, municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, se encuentra a 2, 231 metros sobre el nivel del mar, el clima es frío durante casi todo el año, sólo en el mes de mayo hace un poco de calor, aunque las lluvias son abundantes en la región, su tipo de suelo está formado a partir de cenizas volcánicas de color negro y parte rojizo, en su flora hay pino y encino, en menor escala, madroño y pinabete parecido al cedro.
2. Análisis de sistemas. Se decidió trabajar en un terreno donde se ha intentado el cultivo de aguacate, pero debido a la inclemencias del tiempo, las 3 veces que se han plantado árboles de aguacate no se ha logrado la producción del mismo, tomando como referencia que cada nave de invernadero tiene en promedio una medida 5x3x3, y siendo que el espacio de estudio tiene una extensión de 70x100, se planteó unir las estructuras para abarcar un espacio 50x90, es decir, tomando en cuenta 7 surcos y una separación 10 metros entre cada planta.

A partir de la teoría existente, se definieron toda una lista de sistemas y se optó por tres que se consideraron los más viables para la aplicación de los mismos. El análisis de los sistemas se realizó de la siguiente manera:

- a. Sistema de calefacción portátil. Se realizó una visita en campo para identificar las variables de funcionamiento y replicarlas en un modelo por computadora.
- b. Sistema de ventilación. Se hicieron pruebas en campo con la misma idea de identificar variables y replicarlas en un modelo por computadora.
- c. Sistema de aspersión. Se realizaron visitas en campo, se recogieron datos y variables analizando su funcionamiento.

Con base en los resultados de este análisis se desprende la decisión de elegir o adecuar el sistema a las necesidades de la región, tomando en cuenta su rendimiento, su costo y el cuidado del medio ambiente o sustentabilidad. Estos tres factores se toman como base del análisis, puesto que, la mayoría de los sistemas son caros, por lo tanto, el análisis costo-beneficio debe ser vital, es decir, mayor rendimiento a menor costo, y por último y no menos importante, es el cuidado del medio ambiente, ya que por tratarse de una actividad que repercute directamente en el manejo de recursos naturales, éste debe ser cuidadoso y empático.

3. Diseño y pruebas de funcionamiento. Una vez tomada la decisión a partir del análisis, se procederá a elegir o adaptar un sistema que vaya acorde a las necesidades del grueso de la población a la que va dirigida.

Las pruebas de funcionamiento están contempladas en el periodo noviembre de 2019 a marzo de 2020 que son los tiempos en los cuales por estadística, azotan las heladas a esta región.

4. Resultado final. Se espera tener un prototipo funcionando al 100% en el mes de mayo.

En este artículo se presenta los resultados de la fase 2 debido a que, por su temporalidad, estamos por arrancar la fase 3 en el mes de septiembre.

### **Marco referencial**

Según Baldini (1992), las heladas se clasifican, según la época en que se produzcan, como invernales y primaverales o tardías. Para este estudio, como lo hemos mencionado, el primer caso es el que interesa, ya que, posterior a este análisis, se pretende realizar un piloteo del sistema elegido en el periodo invernal, puesto que es aquí donde el frío afecta mayormente a las plantas y es, por su duración, el periodo que más daño provoca y es el que requiere de mayor estudio.

Las heladas las podemos diferenciar en 3 tipos, de radiación, de advección y de evaporación, en este sentido, es necesario comprender qué ocurre en cada una de ellas para poder determinar qué tipo de fenómeno es el que más se presenta en el espacio de estudio y poder tener más datos al momento de pasar a la fase 3.

La helada por radiación ocurre por la pérdida de calor del sol, normalmente es en noches claras y en ausencia de viento, lo que permite que el calor se escape hacia la atmósfera. Este calor sube contribuyendo a elevar la temperatura generando cierta capa de inversión térmica, es decir, una capa de frío denso cerca del suelo y que puede ser de 15 a 20 m según Baldini (1992). El rocío presente en el suelo y sobre las plantas se congela debido a la baja de temperatura, produciendo abundante escarcha y dañando el cultivo desde la raíz y sus tejidos.

Por otro lado, la helada de advección se produce por una gran cantidad de aire frío proveniente del polo, el cual trae consigo condiciones de baja humedad y temperaturas muy frías acompañadas de vientos y precipitaciones de nieve y que generalmente se producen por corrientes de vientos de dirección de norte a sur (Gil-Albert, 1992).

Esta helada causa los mayores daños en los cultivos, debido a que provoca un descenso muy acelerado de la temperatura y por un tiempo más prolongado que las heladas de radiación. Las temperaturas mínimas alcanzadas suelen ser inferiores a  $-3^{\circ}\text{C}$ , tomemos en cuenta que la mayoría de los cultivos, dependiendo también de qué tipo, logran soportar bajas temperaturas, pero no de congelación, ya que estas bajas temperaturas aunado al viento frío, roban calor a las plantas hasta causar un daño irreparable. Por su temporalidad, estas heladas se producen generalmente durante el invierno.

Por último, la helada por evaporación ocurre después de una lluvia y en condiciones de frío, lo que produce un enfriamiento de la planta al evaporarse el agua desde su superficie, ésta absorbe la energía calórica del medio ambiente y se daña. Es decir, cuando el agua que recubre las plantas se evapora, la temperatura de éstas desciende notablemente lo que daña de manera irreparable al cultivo.

La intensidad de la helada depende de la temperatura del aire y de la cantidad de agua que se evapora, por tal motivo, este fenómeno puede ocurrir en cualquier época del año, pero si se produce en invierno, la mezcla de variables puede ser todavía más dañina para la región afectada. Si existen corrientes de aire, se aumenta la posibilidad de evaporación y, por tanto, el riesgo de que se produzca una helada más peligrosa.

Los daños producidos por cualquier tipo de las heladas anteriormente mencionadas, pueden afectar tanto a hojas y tallos, afectando las funciones de los demás componentes de la planta, así también, dependiendo el tipo de planta, daña la flor y esto evita que se produzca el fruto, dañando fuertemente la productividad del cultivo. En dado caso que el fruto se empiece a dar, una helada también puede dañarlo ya sea destruyéndolo o mal formándolo, o bien, si la helada dura mucho tiempo puede llegar a matar la planta si es lo suficientemente helada como para evitar que la planta no se recupere.



## **Resultados**

Los sistemas que se analizaron fueron:

### **Sistema de calefacción portátil (turbina o estufa)**

El primer sistema con el que se trabajó fue el de calefacción portátil o mejor conocida como estufa, para este caso, se utilizó una turbina cuyas especificaciones se mencionan más adelante. Este método se utiliza para reemplazar las pérdidas de energía desde un cultivo, en una situación de helada, es la compensación con un uso masivo de combustible (sólido, líquido o gas) quemado en estufas de varios tipos. Para esta investigación se utilizó una estufa portátil con uso de combustible líquido.

Este sistema de calefacción contamina por el combustible utilizado y es caro puesto que el costo del mismo en este país y en esta región es elevado con relación al valor del cultivo. Para la protección en ambiente cerrado, uno de los principales problemas es la dispersión del calor, puesto que, por la separación entre plantas, resulta muy difícil y poco factible desplazar la estufa, por tanto, se optó por mantenerla en un lugar estratégico, sin embargo, se hizo necesario utilizar otro método para la dispersión del calor, lo que eleva el costo aún más.

Ahora bien, para entender su funcionamiento, se debe precisar que las pérdidas de energía naturales desde un cultivo son más grandes que las ganancias durante una noche de helada y esto causa la caída de la temperatura, en este sentido, las estufas aumentan la misma para ayudar a reemplazar la pérdida durante el fenómeno. Si se añade al cultivo el calor suficiente no caerá la temperatura. Sin embargo, hay ineficiencia en el funcionamiento de las estufas puesto que el calor emitido no es el mismo en todas las áreas del cultivo, por lo que el desplazamiento de la misma se hace necesario y el flujo deja de ser constante, por lo tanto, su operatividad resulta costosa e ineficaz si el cultivo es más grande que el área de protección que abarca la estufa.

El funcionamiento de la estufa es eficiente cuando no hay flujo de viento ya que, al liberar el calor, éste llega directamente a las plantas que están cerca de la estufa. Así también, dependiendo de la densidad del cultivo, únicamente se protege un pequeño porcentaje de plantas y si a esto le añadimos el factor de la no movilidad de la estufa, tendremos el problema de producir calor a las plantas cercanas pero la eficiencia cae en las plantas que se encuentren más alejadas, por tanto el rendimiento de una estufa para un invernadero es bajo si no es acompañado de otro método, en este sentido tenemos ya dos variables que por las características del terreno de estudio, resulta poco factible el uso de ésta.

Otro punto a tomar en cuenta es la potencia de la estufa sumado al tipo de combustible que usa, el ritmo de quemado y del número de estufas que en este caso fue una para alimentar toda la extensión del espacio de estudio, la producción de energía se pierde al no alcanzar a calentar el aire y su eficiencia, que se define como el requerimiento de energía dividido por la producción de energía, es baja.

Podemos concluir para este sistema que la eficiencia de la estufa es mayor cuando el volumen calentado es más pequeño, y las condiciones ambientales se dan en fuertes inversiones térmicas. Por lo contrario, el funcionamiento de una estufa será menos eficiente cuando el volumen calentado sea más grande y las condiciones ambientales resulten en una inversión térmica débil, como resultado de esto, se ocuparán más estufas para cubrir una extensión mayor. Por tal motivo y debido a su costo elevado, éste es un sistema que por el manejo de sus variables resulta cuestionado para su uso.

Ahora bien, en el entorno cerrado, el comportamiento es más efectivo que en campo abierto, sin embargo en el análisis, las variables antes mencionadas resultaron ser las mismas, para esto, se utilizó una estufa portátil la cual utiliza propano para suministrar el combustible a la estufa, ésta va montada en la parte trasera de un tractor cuando hay requerimientos de movilidad, en este caso y por las condiciones del terreno y de la distribución de las plantas, no se usó de esa manera, sino que se optó por tenerla de manera estacionaria.

La estufa avienta el aire caliente horizontalmente y perpendicular a la dirección de donde se encuentra a una temperatura de aproximadamente 100 °C. El flujo de aire se extiende de 50 a 75 m a ambos lados de la máquina, sin embargo, en las pruebas realizadas, a menor temperatura ambiental, menor sensación de calor del aire expulsado, esto sin duda afecta el rendimiento de la estufa aunado a las otras variables ya mencionadas. En otras palabras, la estufa portátil mostró un efecto pequeño en las temperaturas mínimas registradas dentro del cultivo. Esto era esperable ya que la producción de energía desde la máquina es mucho menos que las pérdidas de energía desde un cultivo siendo en este caso, durante una noche de helada de radiación.

Por último, debido a la quema del combustible, este sistema resulta poco amable con el medio ambiente, además, el costo del mismo también es una variable a tomarse en cuenta a la hora de decidir qué sistema es más conveniente según el objeto de estudio.

## **Sistema de ventilación**

El segundo método analizado fue el uso de un ventilador industrial con una resistencia que le ayude a succionar el aire frío del exterior, calentarlo y expulsarlo al interior de cultivo como aire caliente para mantener la temperatura en óptimas condiciones.

La instalación del ventilador y su altura, dependerá del tipo de cultivo para evitar golpear las plantas con el viento. Los ventiladores más efectivos tienen unas velocidades de las hélices de unos 590 a 600 rpm. El ventilador puede ser estacionario (apuntando en una sola dirección, o bien, que esté instalado en pequeñas torres para que pueda girar). Por las características del terreno de estudio, se optó por manejar un ventilador estacionario apoyado en una base (torre) para que aventara el aire de manera horizontal, en este caso, se hizo evidente la necesidad de poder conducir ese aire con la intención de abarcar una mayor área, otro aspecto que se identificó fue la falta de potencia del aire en las zonas más alejadas. Por lo tanto, se hizo evidente que, por las dimensiones del terreno, se necesitarían más ventiladores colocados de manera estratégica, lo cual, incrementaría el costo del sistema.

Los ventiladores eléctricos tienen requerimientos de mano de obra y costos de funcionamiento más bajos que los otros métodos analizados. Sin embargo, el agricultor tiene que pagar el costo de la línea instalada, el mantenimiento y la cuota fija mensual, lo cual este último punto lo vuelve un sistema relativamente caro, puesto que el pago debe realizarse tanto si se usa como si no se usa el ventilador.

En tal medida, a mayor uso, mayor consumo de energía y esto aunado al aumento de los costos de la energía eléctrica, el uso de los ventiladores eléctricos puede ser poco factible desde el punto de vista costo-beneficio. Sin embargo, la variable más importante es que este sistema es amigable con el medio ambiente

Los ventiladores no producen calor, sino que redistribuyen el calor que está presente en el aire. Sin embargo, para poder controlar la variable de temperatura (es decir, en una helada el ventilador moverá aire frío, por lo que puede resultar perjudicial para el sistema), se optó por colocar una resistencia que calentara el aire y así disminuir el riesgo de mal funcionamiento. Los ventiladores mezclan el aire caliente con el aire frío que se estaciona en la superficie y esto genera que la temperatura cambie al nivel del cultivo. Para este caso, la cantidad de protección a la que hace

frente depende principalmente de la fuerza del ventilador, de ahí que se desprendieran dos variables a tomar en cuenta:

1. A mayor fuerza, mayor probabilidad de lastimar las plantas cercanas al ventilador y
2. A menor fuerza, menor control en la dispersión del aire.

Por ello, para poder controlar estas variables, como se comentó anteriormente, fue necesario manejar otros aspectos que incrementan el costo de instalación, manejo y mantenimiento.

### **Sistema de aspersión**

El último sistema analizado fue el de aspersión, el cual, tiene la ventaja sobre otros métodos de utilizar agua, que en general es menos cara. Sus costos de funcionamiento son bajos si se compara con las estufas e incluso con los ventiladores, por tanto y desde ese punto de vista el sistema de aspersión es un poco más factible que los otros dos, sin embargo su uso es muy técnico y el mal manejo de las variables de funcionamiento puede resultar perjudicial para el cultivo, de ahí que se juega con un factor clave, de los tres sistemas analizados, éste es el más técnico y su instalación, manejo y mantenimiento es más delicado, por tanto, esto puede en un dado momento dificultar la decisión de qué sistema optar para un cultivo.

También hay que tener en cuenta que el método, relativamente, no contamina. La principal desventaja de utilizar aspersores es el elevado costo de instalación y las enormes cantidades de agua que se necesitan. A mayor extensión de terreno, mayor costo de instalación y uso de agua. Por ello, se recomienda sólo si existe un sistema de captación de agua pluvial, ya sea un bordo o que se cuente con un pozo profundo que pueda alimentarse del propio caudal y de las lluvias de temporada. En todo caso, la falta de disponibilidad de agua va a limitar el uso de los aspersores.

Ahora bien, como ya se mencionó, su uso debe ser cuidadoso, por ejemplo, el poco control sobre la cantidad de agua vertida sobre el cultivo, puede conducir a un encharcamiento del suelo y si este dura mucho, puede dañar las raíces, afectar la maduración del fruto o incluso, se puede ahogar la planta. De ahí que se considere como el sistema más delicado para manejar, cualquier variable mal empleada en éste, va a resultar mucho costoso que el propio sistema.

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Para sistematizar la información rescatada de los análisis, se construyó una tabla para poder cuantificar las variables y tomar una decisión adecuada con base en datos cualitativos como cuantitativos.

La tabla trae en la primera columna los sistemas analizados y en la primera fila las variables a considerar. Posteriormente, se calificó en consenso y con base en la información obtenida de los análisis, con un criterio del 1 al 3, en donde 1 es la calificación más baja y 3, es la calificación más alta, siendo los resultados siguientes:

**Tabla 1.** Sistematización de datos. Construcción propia

SISTEMA/VARIABLE	Rendimiento.	Bajo costo.	Sustentabilidad.	TOTAL
1. SISTEMA DE CALEFACCIÓN PORTÁTIL	2	2	1	5
2. SISTEMA DE VENTILACIÓN.	1	3	3	7
3. SISTEMA DE ASPERSIÓN.	3	1	2	6

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en los resultados de la Tabla 1, la diferencia entre cada sistema es de un punto, lo cual no arroja un dato contundente que permita decidirse por alguno de los sistemas estudiados, por tal motivo, a partir del mes de septiembre, se comenzará la primera de 3 etapas para la construcción de la mejor solución del problema en cuestión, esta etapa consiste en llevar un registro de los datos climatológicos, qué tipo de heladas son las que se presentan en la comunidad de Huimbán y, al interior de la huerta, cuáles son las zonas más propensas a ser afectadas por las heladas, con esta información se elaborará un mapa climatológico de la huerta, el objetivo principal, es el de sentar las bases para diseñar e implementar una tarjeta la cual incluya los elementos necesarios para tomar lectura de aquellos factores climáticos que afectan directa o indirectamente el cultivo de los aguacates.

Es importante resaltar que para esta investigación, se considera que no hubo un resultado contundente para decidir cuál es la mejor opción en cuanto a qué sistema de protección elegir, sin embargo, el análisis permitió comprender el funcionamiento de los sistemas y se concluye que es

posible mezclar lo mejor de cada sistema y hacer un híbrido, de aquí partimos para poder generarlo y monitorear su funcionamiento a partir del siguiente periodo de heladas que empezará a partir de noviembre de este año 2019 y terminará en marzo de 2020.

Este híbrido formará parte ya del inicio de la fase 3 de esta investigación.

### **Conclusiones**

El desarrollo tecnológico es un motor que impulsa el crecimiento económico y bienestar en los países, es un proceso en constante movimiento que sea reinventa cada vez más rápido, por lo tanto, en la medida en que se fomente la investigación en todos los campos productivos se harán más eficientes las cadenas de producción trayendo como resultado una mejora en la eficiencia y competitividad del país.

En este sentido, la aplicación de la ciencia y la tecnología en la agricultura está siendo de gran importancia para hacer frente a las consecuencias que ha traído consigo el cambio climático, una de ellas ha sido una mayor incidencia de los cambios bruscos de temperatura llegando, algunas veces, a provocar heladas cuando, de acuerdo con los registros históricos del clima, ya no son esperadas. El desafío más importante es el de alcanzar la seguridad alimentaria y la calidad de los productos del campo para hacerlos más competitivos, de esta manera, para hacer frente a esto es necesario incrementar la capacidad de la producción agrícola sin que esto afecte los recursos naturales de la región a través del desarrollo e implementación de herramientas tecnológicas de vanguardia. En este sentido, los sistemas de alerta contra heladas se están convirtiendo en un conjunto de tecnologías en las que la innovación tecnológica es una parte fundamental de las estrategias de desarrollo de áreas rurales.

En pocas palabras, debemos de comenzar a pensar en la resiliencia agrícola, que nos permita generar cultivos tolerantes a la sequía, al calor, a cambios bruscos de temperatura e inundaciones, desarrollar insumos que no dependan de los hidrocarburos, y, sobre todo, tener un manejo conservador de los recursos naturales, especialmente del agua.

Cómo ya hemos descrito en el presente documento, existen diferentes maneras de tratar de mitigar las afectaciones que causan las heladas, la elección del sistema depende mucho de la composición y orientación del terreno, el tipo de heladas que se presentan normalmente en la región y de la capacidad de inversión de los agricultores, de igual manera, tratar de controlar el clima puede llegar

a ser perjudicial para el medio ambiente y los ecosistemas que rodean los campos de cultivo, es por eso, que resulta de vital importancia tomar en cuenta esta variable y darle el valor que merece.

De igual manera, se establecieron variables para coadyuvar en la elección del mejor sistema contra heladas, hasta el momento, los resultados que arrojó el análisis de los 3 sistemas estudiados no establecen un diferencial que determine con claridad cuál es el mejor, ya dependerá de la siguiente parte de esta investigación, el establecer otros criterios o variables que nos puedan resultar de utilidad al momento de decidir a un sistema por sobre los otros dos o hacer una variante de los 3.

El objetivo general que planteamos al inicio del trabajo fue analizar 3 sistemas de protección contra heladas en cultivos con entornos cerrados que permita asegurar la productividad y la competitividad de los cultivos agrícolas de la Región Occidente de México, dicho objetivo se cumplió según lo estipulado, el resultado de dicho análisis no arrojó información que permita determinar cual de los 3 sistemas analizados es el que más se adapta a los requerimientos tanto del terreno como del tipo de cultivo que se pretende proteger de las heladas.

Como se definió en la metodología, de nuestro plan de trabajo hemos cubierto la segunda de cuatro etapas, la siguiente fase, la número tres, contempla la implementación en el terreno antes mencionado de un sistema capaz de sensar la temperatura de los campos, que permita conocer en cada instante sus variaciones, para así actuar de forma precisa en caso de riesgo, permitiendo con esto el funcionamiento óptimo del sistema para poder regular su poder calorífico, lo que implica que a más bajas temperaturas el aporte de calor es mayor y a más altas temperaturas el aporte de calor es menor, esta acción permite realizar encendidos y apagados progresivos.

Para finalizar, cabe hacer mención que en la región objeto de estudio, se encuentran instaladas estaciones meteorológicas que proporcionan información de temperatura y humedad relativa, pero esta misma no ha sido de gran utilidad para predecir o, al menos, alertar a los agricultores ante los cambios bruscos de temperatura lo que ha ocasionado que, en más de una ocasión, se hayan visto afectados cientos de hectáreas de cultivo de aguacate repercutiendo así en la baja de competitividad en la región, de ahí que se haga énfasis en la importancia de atender esta variable con la intención de favorecer la productividad y la competitividad del campo en esta región.

## Referencias

- Baldini, E. (1992). *Arboricultura general*. Mundi-prensa, Madrid.
- Bender, G. (1995). *Protecting trees from frost*. Grower, California, Estados Unidos.
- Cengel, A. (2004). *Transferencia de calor*. Mc Graw\_Hill. México DF.
- De Fina, A. (1985). *Climatología y fenología agrícola*. Buenos aires, Editorial Universitaria de Buenos Aires.
- Encuesta Nacional Agropecuaria, INEGI 2017
- Gil Albert, V. (1992). *Tratado de arboricultura frutal*. 3a. ed., Mundi-prensa, Madrid.
- Lhomme, J. P. (2003). *La Mitigación de Heladas en los Camellones del altiplano andino*. Dirección de Agrometeorología, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI.
- Matías, Lucía, et. al. (2001). Centro Nacional de Prevención de Desastres Secretaría de Gobernación. CENAPRED. México.
- Mellor, J. W. (1996). *The Economics of Agricultural Development*. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York.
- Murphy. (2004). *Caracterización de las Heladas en la Región Pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años*. Argentina.
- Ruttan, Vernon W. (1998). *Models of Agricultural Development*. en: Eicher Carl K. y Staatz John M, *International Agricultural Development*, 3ª edición, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, EE.UU.
- Turrel, F. (1973). *The Science and Technology of frost protection*. en: Reuther, W. ed. The Citrus Industry. California, University of California.
- Universidad de Costa Rica, Sistema de Estudios de Posgrado. (2007). *Lineamientos específicos para los trabajos finales de investigación aplicada de las maestrías profesionales*. S. J., Costa Rica.