

47  
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

“ TOPICOS SELECTOS DE LA PRODUCCION AGRICOLA ACTUAL.  
APLICACIÓN DE LOS CONTROLADORES LOGICOS PROGRAMABLES  
PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD BAJO CONDICIONES  
DE INVERNADERO”

**TRABAJO DE SEMINARIO**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRICOLA**

P R E S E N T A :

GERARDO VENANCIO TOVAR CASTAÑEDA

ASESOR: ING. GUSTAVO MERCADO MANCERA

268141

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES



DEPARTAMENTO DE  
EXÁMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN  
PRESENTE.

ATN: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

" Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual "  
Aplicación de los Controladores Lógicos Programables  
para el Control de Temperatura y Humedad Bajo  
Condiciones de Invernadero.

que presenta el pasante: Gerardo Venancio Tovar Castañeda,  
con número de cuenta: 8857931-5 para obtener el Título de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 26 de octubre de 1998.

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>M.C. Edvino J. Vega Rojas.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Biol. Elva Martínez Olguin.</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Gustavo Mercado Mancera</u>	<u>[Firma]</u>

## DEDICATORIAS

*A mis Padres Ma. Guadalupe y Pedro: Gracias les doy por la vida y por creer en mi. Los quiero mucho.*

*A mi esposa Alicia: En la vastitud del espacio y en la inmensidad del tiempo, mi alegría es compartir un planeta y una época contigo. Te amo.*

*A mis hermanos Lupe, Hugo y Claudia: Por su apoyo incondicional que me brindaron, los quiero mucho.*

*A Wendy: Por la alegría que nos trajo a todos.*

*A Andy: Por la oportunidad que me diste de conocerte. Descance en paz.*

*A mis compañeros de la Facultad en especial a los de la 13<sup>ava</sup>.*

*A los Profesores de la carrera en especial a: Ricardo Torres Cossio y Silvestre Benitez. Por su interes en la terminación de mi carrera.*

*A mi asesor : Gustavo Mercado Mancera: Por el apoyo y paciencia para la realización de este trabajo.*

*A la Universidad: Por darme la oportunidad de realizarme como persona.*

*Lo conocido es finito, lo desconocido infinito; desde el punto de vista intelectual estamos en una pequeña isla en medio de un oceano ilimitable de inexplicabilidad. Nuestra tarea en cada generación es recuperar algo más de tierra.*  
T.H. Huxley, Citado por Carl Sagan

## CONTENIDO

	Pág.
<b>I. INTRODUCCION</b>	1
<b>II. OBJETIVO</b>	3
<b>III. MARCO TEORICO</b>	4
3.1 Invernaderos	4
3.1.1 Definición	4
3.1.2 Factores esenciales para la implantación de un invernadero	5
3.1.3 Clasificación de los tipos de invernaderos	10
3.1.3.1 Invernaderos con cubiertas plásticas flexibles	11
3.1.3.2 Invernaderos con cubiertas plásticas rígidas	13
3.1.4 Factores que pueden controlarse en los invernaderos	15
3.1.4.1 Control de temperatura	15
3.1.4.2 Control de humedad	22
3.1.4.3 Iluminación	29
3.1.4.4 Concentración de CO	33
3.2 Controles lógicos programables (PLC)	36
3.2.1 ¿Que es un control lógico programable?	36
3.2.2 Partes que contituyen un PLC	37
3.2.3 Como funciona un PLC	45
3.2.4 Programación del PLC	47

## INDICE DE TABLAS

Tabla No.		Pág.
1	Diferentes materiales y su porcentaje de transparencia.	8
2	Exigencias climáticas de los cultivos de invernadero.	16
3	Acción de los tres limitantes térmicos en dos especies cultivadas en invernadero.	17
4	Contenido hídrico de diversas estructuras vegetales.	22
5	Porcentaje de humedad óptima de algunos cultivos en invernadero.	24
6	Influencia de la duración del día sobre algunas hortalizas .	30
7	Múltiples aplicaciones de las lámparas para inducir fotoperiodismo.	32
8	Instrucciones de operación de datos .	49

## INDICE DE FIGURAS

Fig.		Pág.
1	Diagrama esquemático de la fuente de voltaje.	43
2	Diagrama esquemático de las partes de un PLC.	44

## I. INTRODUCCION

Un invernadero es un sistema de producción en el cual se tienen “controlados” los parámetros de humedad, temperatura, luminosidad, etc. para tener una mejor producción e inclusive adelantar el ciclo del cultivo y alcanzar un buen precio en el mercado; sin embargo, no todos los cultivos requieren de los mismos parámetros de temperatura tanto para germinar como para el desarrollo vegetativo o floración; lo mismo ocurre con la humedad relativa, humedad del suelo, luminosidad, etc.

Por tal motivo se propone dar una alternativa a este problema, desarrollando un sistema automatizado programable para el control de la temperatura y humedad para cada cultivo e incluso con un poco más de investigación se podría hacer un programa por cultivo y por etapa fenológica, ya que los requerimientos, como se menciono anteriormente, no son los mismos para cada uno.

Con este sistema se busca obtener una mejor calidad tanto de fruto como de flor .

La finalidad principal que se persigue al cultivar bajo invernadero ciertos productos, es la de conseguir cosechas en épocas fuera de estación, precocidad que se cotiza en el mercado por aparecer estos productos con anterioridad a la época normal de cosecha, por lo tanto su valor en dicho mercado es más elevado que el precio en temporada del producto.

Los invernaderos contribuyen de manera notoria a la obtención de cosechas de gran calidad como consecuencia de la protección que ejercen contra ciertos agentes externos (plagas, sequías, heladas, vientos, etc.), que alteran la calidad de los frutos. Esta característica ofrece gran interés en aquellos cultivos destinados a la exportación.



## II. OBJETIVO

Establecer el uso de los *controladores lógicos programables (PLC)* para el control de temperatura y humedad bajo condiciones de invernadero.

### III. MARCO TEORICO

#### 3.1 INVERNADEROS

##### 3.1.1 DEFINICION

Se entiende por invernadero todo abrigo de construcción alta o baja, más o menos perfecta cuyo acondicionamiento puede ser controlado y bajo el cual se cultivan variedades hortícolas y ornamentales. (Robledo, 1988)

Podría definirse también como invernadero, aquella construcción especial en la que la cubierta y las paredes son transparentes y dejan pasar la luz, y que se emplean para cultivar plantas mediante el control del clima en que se desarrollan. (Robledo, 1988)

Otra definición más completa sobre un invernadero es: Los invernaderos son construcciones agrícolas, que tienen por objeto la producción sistemática y fuera de estación de productos horto-frutícolas, convirtiéndose en instrumento de trabajo que permite controlar eficazmente los rendimientos en calidad y cantidad. (Internet Dir. 1, 1998)

La norma UNE 76-208/92 Española, nos dice que un invernadero es un conjunto formado por una estructura ligera y cubierta que permite la protección y/o crecimiento de las plantas mediante el uso de energía solar y defensa contra el frío y otras condiciones climáticas adversas. Las dimensiones del recinto permiten a una persona trabajar cómodamente en su interior. (Internet Dir. 2, 1998)

### **3.1.2 FACTORES ESENCIALES PARA LA IMPLANTACION DE UN INVERNADERO**

Para la implantación de un invernadero, se deben considerar diversos factores que influyen en el desarrollo de los cultivos como son:

#### **CONDICIONES DEL TERRENO.**

El suelo donde se vaya a construir el invernadero, debe estar nivelado para que exista una temperatura uniforme; en caso de hacer plantaciones directas al suelo, este debe ser de una textura ligera preferentemente, fértil con un alto contenido de materia orgánica, exento de piedras y malezas.

También deben estar provistos de un buen drenaje ya que a veces puede ser necesaria la lixiviación del suelo para lavar salinidades excesivas.

Los sistemas para invernaderos estan diseñados para funcionar mejor en lotes nivelados. (Robledo,1988. Hudson,1967)

#### **DISPONIBILIDAD DE AGUA**

Las hortalizas cultivadas en invernadero precisan a lo largo de su ciclo vegetativo grandes cantidades de agua para satisfacer sus necesidades. Los riegos son generalmente más frecuentes que al aire libre, pero empleandose caudales más reducidos por existir en ellos menos evaporación.

El agua debe ser de buena calidad, exenta de sales, carbonatos de calcio y no debe estar contaminada por aguas negras o metales pesados, ya que éstos evitan que las plántulas se desarrollen sanas.

Es aconsejable realizar un análisis del agua y si es posible considerar instalar un sistema de filtrado para garantizar la calidad de la misma, e incluso para evitar tener problemas con el taponamiento de la tubería ya que existen filtros para reducir el contenido de carbonatos de calcio. (Robledo, 1988. Hudson, 1967)

## CONDICIONES CLIMATICAS

Es importante contar con el tipo de invernadero adecuado a la zona, ya que en lugares donde las precipitaciones son muy fuertes ,éstas tienden a acumularse en el techo y provocar daños tanto a la estructura como a la cubierta, lo que nos reeditaría en el costo de producción, igual sucede donde la nieve o el granizo son comunes .

Es de igual importancia en aquellas zonas de fuertes vientos que los invernaderos estén protegidos contra la acción de los mismos, ya que pueden ocasionar el derribo y destrucción de estructuras, así como grandes desgarros en las láminas de plástico acortando, por tanto, su vida útil.

La luz es el elemento más importante en el crecimiento de las plantas. Si se localiza el invernadero en un valle donde el sol se ponga temprano por la tarde, la variedad de plantas que se pueden cultivar sera limitada. (Robledo, 1988. Hudson, 1967)

## DIMENSIONES

Las dimensiones de los invernaderos están fundamentalmente condicionadas a la climatología de la zona. No existe por tanto una medida ideal que deba de respetarse a la hora de construir los mismos, sin embargo, por lo general, y debido a las características de los materiales utilizados, los invernaderos se construyen tanto a lo ancho como a lo largo en múltiplos de 3 mts.

La altura de un invernadero debe ser aquella que permita a las plantas tener un desarrollo óptimo, entendiéndose por tal los 2 ó 3 metros que con frecuencia alcanzan ciertos cultivos. (Robledo, 1988. Serrano, 1989)

## LUMINOSIDAD INTERIOR

Generalmente los invernaderos con vertientes o techos desiguales registran durante los meses de invierno una iluminación interior superior a los construidos con techos iguales o simétricos. Esto es interesante, ya que en época de invierno la iluminación es débil, así por ejemplo, en un invernadero cuya vertiente norte tiene una pendiente de  $55^{\circ}$  y la del sur de  $25^{\circ}$  deja pasar un 10 - 12 % más de luz que otro con techos simétricos.

El ángulo de inclinación de los techos así como la forma de los mismos (circulares, asa de cesta, semielípticas, planas, etc.) debe ser elegido de acuerdo con la climatología de la zona. Los techos planos con ángulos de inclinación menores de  $15^{\circ}$  permiten gran luminosidad al invernadero, pero la evacuación de

las aguas de lluvia y de la nieve resulta dificultosa, pudiendo provocar su derrumbamiento. Estas instalaciones ofrecen gran resistencia al viento y son recomendables para zonas luminosas de escasa precipitación.

De estudios comparativos de eficacia y costo, entre distintos materiales existentes en el mercado, surge sin lugar a dudas que el envoltente más conveniente para éste tipo de construcción es el film de polietileno de 200 micrones de espesor, que se emplea en la mayoría de los invernaderos, y que reúne las mejores condiciones respecto al costo. (Tabla 1).

Este film delimita el interior del exterior, permitiendo el ingreso de los rayos solares, fundamentalmente de la radiación de onda corta (UV), necesarios para satisfacer los requerimientos diurnos de los cultivos. (Robledo, 1988. SARH - INIFAP 1988, Internet Dir . 3, 1998)

Tabla 1. DIFERENTES MATERIALES Y SU PORCENTAJE DE TRANSPARENCIA

MATERIAL	% DE TRANSPARENCIA AL INFRA ROJO
Cristal de 3 mm	0.00
Poliéster (placa)	0.50
PVC de 1 mm (placa)	0.50
Polietileno térmico de 0. 2 mm	18.0
PVC de 0.2 mm	28.0
Copolímero de 0.2 mm	18.0
PVC de 0.1 mm	32.0
Polietileno de 0.5 mm (c/aditivos)	56.50
Polietileno de 0.5 mm (s/aditivos)	77.0

Fuente: [http://tucuman.com/produccion/96nov\\_09.htm](http://tucuman.com/produccion/96nov_09.htm).

## ORIENTACION.

La orientación del invernadero juega un papel primordial en la captación solar, en los meses de noviembre a febrero, la radiación solar diaria medida en plano horizontal fue menor a la presentada en los meses siguientes, ello debido al ángulo con que los rayos solares inciden sobre la superficie.

Por eso hay que tener presente la mejor orientación del invernadero con respecto a la luminosidad, en México se recomienda colocar el invernadero de norte a sur en su lado mas ancho y de este a oeste de su lado más estrecho, esto para que los rayos del sol caigan todo el día.

Es importante señalar al instalar los invernaderos, la orientación que hay que dar a éstos para defenderlos de los vientos huracanados que de vez en cuando se lleguen a presentar y pueden derribar las instalaciones, por lo tanto nunca deberá orientarse un invernadero en dirección perpendicular a estos vientos o tratar de colocar cortinas rompevientos. ( SARH - INIFAP 1988)

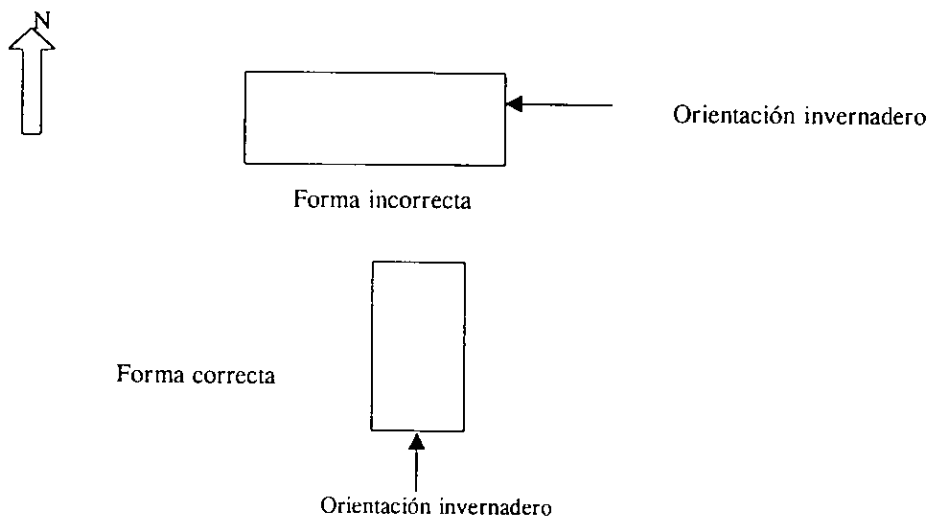


Fig.1 Orientación de invernaderos de acuerdo a la luminosidad.

### 3.1.3 CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE INVERNADEROS

Para establecer una clasificación coreecta de invernaderos habría que tener en cuenta el tipo de estructura empleada y los materiales utilizados en cada una de ellas, así, para simplificar la misma, se agrupan de la siguiente manera:

*Invernaderos con cubiertas plásticas flexibles*

*Invernaderos con cubiertas plásticas rígidas.*



### **3.1.3.1 INVERNADEROS CON CUBIERTAS PLASTICAS FLEXIBLES**

#### **INVERNADERO TIPO TUNEL**

El invernadero tipo tunel o macro-túnel son abrigos que tienen generalmente de 3 a 5 mts. de anchura y 1.50 mts. de altura en el centro del techo, se utiliza generalmente en cultivos de porte bajo como hortalizas y sobre todo para la producción de plantas ornamentales y flores, así mismo se le da el uso de almácigo para la producción de plántulas.

Estos túneles son abrigos económicos, de fácil instalación y resistentes al viento. El efecto abrigo que producen es menor que el conseguido en invernaderos clásicos, dado que su volumen es menor, pero mayor que el logrado en túneles. La aereación se practica por el lateral opuesto a los vientos dominantes, levantando el plástico de tramo en tramo.

#### **INVERNADERO TIPO CAPILLA**

Los invernadero tipo "capilla" cuya forma exterior se asemeja a una caseta, es uno de los tipos de construcciones antiguos empleado para el forzado de cultivos con o sin calefacción .

La ventilación de estos invernaderos en unidades sueltas no ofrece dificultad ya que puede llevar instaladas una serie de ventanas en los costados. Esta se hace más difícil y problemática cuando varios de estos invernaderos se agrupan formando baterías.

Los invernaderos a una vertiente es una deformación de los tipo capilla, variando el plano de inclinación de las cubiertas, según la región, teniendo gran aplicación en valles muy soleados.

### INVERNADERO DE DIENTE DE SIERRA

La agrupación de varios invernaderos con techo a una vertiente constituyen los invernaderos "diente de sierra" y su denominación obedece al aspecto exterior, visto de frente, recuerda los dientes de una sierra.

La inclinación de las cubiertas de estos invernaderos debe disponerse hacia el mediodía, con el fin de que penetre a través de las mismas la mayor insolación posible.

El problema básico que presentan estos invernaderos es la evacuación de las aguas de lluvia del techo, pero con la instalación adecuada de un canal puede quedar resuelto este problema. Presentan estos invernaderos otro pequeño inconveniente, y es que al tener estos módulos mayor altura su cara norte proyecta sombras sobre el módulo adyacente, dando lugar a crecimientos desiguales en los cultivos, por consiguiente a retrasos en las cosechas.

### INVERNADEROS CON TECHOS CURVOS.

Los invernaderos con techos curvos tienen su origen en los invernaderos tipo túneles, siendo su acabado más perfecto. Se construyen preferentemente con armaduras metálicas, llegándose a alcanzar con ellas grandes proporciones.

Estos invernaderos tienen la gran ventaja de proporcionar a las plantas una gran luminosidad, por eso están recomendados para lugares poco soleados.

Para su cobertura puede emplearse PVC o placa de poliéster. ( Robledo, 1988. SARH - INIFAP 1988, )

### **3.1.3.2 INVERNADEROS CON CUBIERTAS PLÁSTICAS RÍGIDAS**

#### **INVERNADEROS TIPO CAPILLA CON CUBIERTAS RIGIDAS.**

Los materiales plásticos rígidos utilizados como cubiertas para estos invernaderos son: *poliéster estratificado, cloruro de polivinilo rígido, metacrilato de metilo y policarbonatos.*

Su inconveniente mayor es que tienen un costo superior a los materiales plásticos flexibles.

Normalmente las estructuras de éstos invernaderos descansan sobre un pequeño muro de 25 cm de ancho y de 30 a 35 cm de alto, construido a lo largo de su perímetro. Las planchas de poliéster o pvc se fijan fácilmente a la estructura mediante tornillos.

#### **INVERNADEROS CON TECHUMBRE CURVA.**

Hasta ahora los tres tipos de invernaderos conocidos que presentan sus techumbres en forma curvada son:

- a) *CIRCULAR*
- b) *SEMIELIPTICO O EN FORMA DE ASA DE CESTA*

c) *OJIVAL*

El material empleado para la construcción de armaduras suele ser con preferencia los perfiles metálicos, aunque también se utiliza la madera laminada. Las planchas de poliéster se fijan a estos armazones por medio de tornillos.

Las principales ventajas que presentan estos invernaderos son las siguientes:

*MAXIMA DIFUSION DE LUZ:* Los invernaderos con techos curvos son especialmente adecuados para la penetración de luz. Estos invernaderos son muy luminosos a condición de dar a los techos una curvatura adecuada y emplear planchas que sean lo más lisas posibles.

*ARMADURAS LIGERAS:* Las planchas de poliéster permiten utilizar armaduras ligeras, aumentando considerablemente la superficie translúcida o transparente del techo y aumentando por tanto la luminosidad en el interior del invernadero.

*VENTILACION:* La ventilación en invernaderos cubiertos con materiales plásticos rígidos se realiza con gran sencillez, pudiéndose efectuar esta por sus laterales o por la parte superior. En muchos casos la ventilación puede realizarse mediante apertura de toda la cubierta en todo su sentido longitudinal. ( Robledo, 1988. SARH - INIFAP 1988. )

### **3.1.4 FACTORES QUE PUEDEN CONTROLARSE EN LOS INVERNADEROS**

Entre los diversos factores que pueden ser controlados en un invernadero con cubierta de plástico están:

**TEMPERATURA** (*ventilación y calefacción*)

**HUMEDAD** (*relativa y riego*)

**CONCENTRACION DE CO<sub>2</sub>**

**ILUMINACION.**

#### **3.1.4.1 CONTROL DE LA TEMPERATURA**

Se sabe que la temperatura influye de forma decisiva en todos los procesos vitales de las plantas. El buen desarrollo de sus diferentes fenofases (germinación, crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos), dependen del valor térmico que la planta alcance en el invernadero llegados estos períodos críticos.

En la tabla 2 se aprecia como las exigencias de las plantas en temperatura varía de acuerdo a su estado de desarrollo o fase de crecimiento. ( Robledo, 1988. )

Tabla 2. EXIGENCIAS CLIMATICAS DE LOS CULTIVOS DE INVERNADERO

CULTIVO	T.MIN.	T. MIN.	TEMP. OPTIMA		T.MAX.	TEMP. GERMIN.	
	LETAL	BIOLOGICA	NOCHE	DIA	BIOLOGICA	MINIMA	OPTIMA
Tomate	0 - 2	8 - 10	13 - 16	22 - 26	26 - 30	9 - 10	20 - 30
Pepino	0 - 4	10 - 13	18 - 20	24 - 28	28 - 32	10 - 12	20 - 30
Melón	0 - 2	12 - 14	18 - 21	24 - 30	30 - 34	10 - 13	20 - 30
Pimiento	0 - 4	10 - 12	16 - 18	22 - 28	28 - 32	12 - 15	20 - 30
Berenjena	0 - 2	9 - 10	15 - 18	22 - 26	30 - 32	12 - 15	20 - 30
Lechuga	-2 - 0	4 - 6	10 - 15	15 - 20	25 - 30	----	20
Fresa	-2 - 0	6	10 - 13	18 - 22	----	----	----
Clavel	-4 - 0	4 - 6	10 - 12	18 - 21	26 - 32	----	----
Rosa	-6 - 0	8 - 10	14 - 16	20 - 25	30 - 32	----	----

Fuente: (Robledo, 1988.)

La temperatura puede considerarse como factor limitante y estimulante de los procesos fisiológicos que se originan en todos los órganos de las plantas. El agricultor sabe por experiencia, o habra podido observar en los invernaderos, que cuando se produce un aumento de temperatura ésta provoca en la planta una intensificación de todos los procesos biológicos y bioquímicos (crecimiento vegetativo abundante, etc); si por el contrario, la temperatura desciende considerablemente ésta produce un paro vegetativo en los cultivos. (Salisbury, 1994)

Cada especie, en función de su origen y naturaleza, está sujeta a tres límites biológicos térmicos bien definidos que son necesario conocer en las plantas cultivadas bajo cubierta plástica. La valoración de éstos límites esta en función de la especie cultivada, de tal forma que las plantas que resisten las bajas temperaturas, son por lo general, menos exigentes en calor que las termófilas, las cuales son sensibles a las bajas temperaturas, no desarrollándose plenamente si no reciben el calor adecuado. (Salisbury,1994)

Estos límites biológicos térmicos son: *Temperatura mínima, Temperatura optima y Temperatura máxima.* Tabla 3.

Tabla 3. ACCION DE LOS TRES LIMITANTES TERMICOS EN DOS ESPECIES CULTIVADAS EN INVERNADERO.

TEMP. EN INVERNADERO	EFECTO QUE PRODUCE EN LA PLANTA	TEMP. EN °C/ CULTIVO	
		PEPINO	TOMATE
MINIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los procesos de asimilación y desasimilación, alcanzan una intensidad mínima.</li> <li>- Las plantas ya no crecen más.</li> <li>- La prolongación de la mínima temperatura debilita a la planta.</li> <li>- La temperatura inferior a este nivel conduce a la planta a una progresiva decadencia y muerte</li> </ul>	12 ° C	8 ° C
OPTIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todos los procesos bioquímicos se desarrollan normalmente.</li> <li>- Con la temperatura óptima la planta se desarrolla y fructifica adecuadamente.</li> </ul>	25-35 ° C	25-30 ° C
MAXIMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los procesos de asimilación y desasimilación son excesivos.</li> <li>- Las plantas no crecen más</li> <li>- La superación de la temperatura óptima conduce a:               <ul style="list-style-type: none"> <li>* Aumentar la desasimilación.</li> <li>* Disminuir la asimilación.</li> <li>* Agotar las plantas.</li> <li>* La coagulación de los coloides y la muerte de la planta.</li> </ul> </li> </ul>	40° C	36° C

Fuente: Serrano, 1994.

Las plantas después de su brotación son poco resistentes al calor debido a que en su fase cotiledonal predominan los procesos de desasimilación y la planta se va formando a expensas de las reservas de su semilla. (Salisbury, 1994)

Si en éstas circunstancias predomina en el medio ambiente una temperatura excesiva, un alto % de humedad y una débil iluminación, se produce el ahilamiento de la planta. Si durante ésta fase se disminuye la temperatura ambiente se favorece la formación de un sistema radicular vigoroso.

La regulación de los valores térmicos, en función de las fases de vegetación de la planta, es de gran importancia en los cultivos de invernadero, imponiéndose su correlación más perfecta con la intensidad luminosa.

Los descensos de temperatura imprevistos, aunque sólo sean de algunos grados centígrados, como ocurre en el tomate, pepino y pimiento, causan trastornos en los procesos fisiológicos de dichas plantas. Los organos aereos de las hortalizas se pierden totalmente cuando la temperatura es inferior a 0° C. Aunque la planta, en algunos casos, puede volver a brotar, ésta ya no se desarrolla con la precosidad necesaria para cosechar los frutos dentro de la época conveniente. (Messiaen, 1979)

Como cada planta requiere en sus distintas fenofases temperaturas concretas, es recomendable no realizar asociación de cultivos pues lo más probable es que la temperatura que se alcance en su interior sea buena para un cultivo pero perjudicial para el otro que se encuentre en una fase de crecimiento distinto.

En los invernaderos *fríos*, llamándose así a aquellos que no disponen de calefacción ni de sistemas para su ventilación automáticos, en cuyo caso se



encuentran muchos invernaderos, la ventilación se realiza mediante ventanas existentes a lo largo del mismo y en ocasiones en el techo; de ésta manera se establecen corrientes de aire que producen el descenso de temperatura. (Robledo, 1988)

La superficie total que ocupan las ventanas destinadas a ventilar el invernadero debe comprender como mínimo entre el 10 y 20 % de la superficie de éste. (SARH-INIFAP, 1988)

Todos los invernaderos deben contar mínimamente con un higrómetro y un termómetro de máximas y mínimas, ésto para controlar tanto la humedad como las temperaturas. Estos aparatos no son muy costosos y ayudan a conocer el grado de humedad existente en el ambiente y la temperatura reinante en el invernadero (Serrano, 1994).

El descenso de la temperatura en un invernadero puede lograrse mediante diferentes tipos de sistemas o técnicas que son:

- a) *Mallas de sombreo colocadas sobre los cultivos.*
- b) *Ventilación del invernadero*, ésta puede ser *ESTÁTICA* por medio de ventanas instaladas lateralmente o en el techo, o *DINÁMICA*, por medio de extractores de aire. En Estados Unidos se desarrolló un sistema llamado *cooling system* el cual consiste en un panel que contiene paja, viruta de madera o nódulos de arcilla que se mantiene humedecido y que hace circular aire del exterior a través de él hacia el interior del invernadero.

- c) *Pintado de paredes y techos principalmente de blanco*, logrando con ésto disminuir la radiación solar ya que ésta se refleja y poca es la que logra pasar al interior del invernadero. (Hudson,1967)

Se han mencionado algunos sistemas para la reducción de la temperatura en el interior del invernadero, pero también es importante señalar algunos sistemas utilizados para el incremento de la temperatura particularmente por las noches y éstos son:

- a) *Empleo de cubiertas plásticas* adecuadas que impidan el enfriamiento del invernadero. En la tabla 1 se mencionaron algunos tipos de cubiertas, a donde mayor transparencia de éstas, mayor enfriamiento nocturno del invernadero. (Internet Dir.3)
- b) *Colocación adecuada del material plástico de cubierta.*
- c) *Doble capa de plástico en el techo del invernadero.* Por éste sistema se consigue elevar la temperatura interior de 2 a 4°C más (*según zonas*). Tiene el inconveniente de que se eleva el costo y reduce luminosidad a cultivos en zonas de poca luminosidad.
- d) *Cierre hermético de puertas y ventanas.*
- e) *Instalación de equipos de calefacción.* La utilización de sistemas de calefacción es muy reducida debido al alto costo que genera el uso de combustibles para dichos sistemas. A continuación se citan algunos de los sistemas de calefacción usados en invernaderos :

1. *Calefacción por agua caliente.* En éste sistema el agua es calentada en una caldera y se hace pasar por una serie de

tubos ramificados por el invernadero, éstos pueden ir aéreos o enterrados, calentando en este caso el suelo.

2. *Aerotermos*. En éste sistema el vehiculo transmisor de calor es el agua y un ventilador que impulsa el aire a través de un intercambiador de calor, haciendolo pasar al invernadero como aire caliente.
3. *Calefacción por aire caliente*. Este sistema es el más utilizado y a su vez es el más simple, éste se produce por medio de calentadores alimentados principalmente de gas y un ventilador que hace pasar el aire frío por la flama para así arrojar el aire caliente. Un problema que presenta este sistema así como el anterior es que si no estan ubicados estratégicamente, la distribución del calor es irregular.

El costo de instalación es más reducido que en los casos anteriores. (Messiaen, 1979. Robledo, 1988. SARH-INIFAP 988. Hudson, 1967 Produc. de Hort. Rev. 1994) .

### 3.1.4.2 CONTROL DE LA HUMEDAD

El contenido de agua en el suelo altera y modifica el desarrollo de los cultivos por ser esencial en cada reacción biológica de las plantas, desde la germinación hasta la senescencia; además de que el agua constituye entre el 75 y 95 % del peso total del tejido de las plantas. (Aguilera, 1980. S.A.R.H., INIFAP, 1998).

Tabla 4. CONTENIDO HIDRICO DE DIVERSAS ESTRUCTURAS VEGETALES

PARTES DE LA PLANTA	ESPECIE	% DE AGUA CONTENIDA
HOJAS	Lechuga	94.8
	Col madura	86.0
TALLOS	Esparragos	88.3
FRUTAS	Tomate	94.1
	Sandía	92.1
	Fresa	89.1
SEMILLAS	Cacahuete crudo	5.1

Fuente: Greulach (1976), Posadas (1978), Citado por Aguilera 1980.

Cuando existe un déficit de agua en el suelo en forma severa, los cultivos son capaces de suspender su desarrollo para entrar en un estado de dormancia o los que no presentan ésta capacidad mueren ante la falta de agua (Cruz 1997).

El agua actúa como sistema de transportación de los minerales del suelo, acarreando los nutrientes que se encuentran en solución hacia las raíces de las

plantas, de donde avanzan por los tallos hacia las hojas, para ser usados en los procesos de fabricación de alimentos para la planta. (FIRA 1985).

La función del agua en los procesos fisiológicos de la planta, como se mencionó con anterioridad, forma parte de todas las reacciones biológicas, es componente estructural de proteínas y ácidos nucleicos en las células vegetales y regula la temperatura interna de las plantas mediante procesos de transpiración. (Salisbury, et al 1978)

La cebolla es una planta que exige humedad debido a su sistema radicular poco desarrollado y de poca capacidad de absorción. Sin embargo, sus requerimientos no son iguales en las distintas fases de desarrollo.

Durante el periodo de germinación y de formación del sistema de hojas, el suelo debe estar bien abastecido de agua. La humedad normal, durante el periodo intenso de crecimiento de los bulbos, facilita y mejora el funcionamiento de los sistemas de raíces y hojas, por consiguiente, contribuye a la formación de mayores bulbos y a la obtención de un alto rendimiento. El crecimiento de las plantas sin embargo, se demora por falta de humedad; si después se restablece la humedad normal y se renueva el crecimiento, se intensifica la tendencia de los bulbos a deformarse. (Guenkov, 1983; Citado por Camacho, 1991)

La humedad del suelo no debe sobrepasar el 80% de la capacidad de campo, porque la cebolla no soporta suelo sobrehumedecido. En estos suelos las hojas de la cebolla se hacen muy tiernas y amarillentas, fácilmente atacadas por enfermedades fungosas. (Carmona, 1986; Citado por Camacho, 1991).

La humedad en la atmosfera de un invernadero interviene en la transpiración, en el crecimiento de los tejidos, en la fecundación de las flores y en el desarrollo de enfermedades criptogámicas.

La humedad relativa influye bastante en el fenómeno de la transpiración; cuanto más humedo está el ambiente menos posibilades hay de aumentar la evapotranspiración, a no ser que se aumente la temperatura del ambiente.

Cuando la transpiración es intensa, a consecuencia de falta de humedad en el ambiente, existe el riesgo de amentar la concentración de sales en las partes donde se realiza la fotosíntesis y disminuir la actividad de ésta o incluso detenerse dicha función.

Tabla 5. PORCENTAJE DE HUMEDAD OPTIMA DE ALGUNOS CULTIVOS EN INVERNADERO

CULTIVO	HUMEDAD
Tomate	50 - 60 %
Pimiento	50 - 60 %
Berenjena	50 - 65 %
Pepino	70 - 90 %
Melón	60 - 70 %
Calabacita	65 - 80 %
Sandía	65 - 75 %
Fresa	70 - 80 %
Chicharo	65 - 75 %
Lechuga	60 - 80 %
Acelga	60 - 70 %
Apio	65 - 80 %

Fuente: Serrano 1989.

Con escasez de humedad en el ambiente, la planta puede deshidratarse, paralizando su desarrollo, pero también el exceso de la misma influye en el crecimiento de los tejidos vegetales, siendo este crecimiento menor aun siendo la temperatura óptima. La humedad en el ambiente tiene gran incidencia sobre la fecundación de las flores, realizándose mal tanto si la humedad es escasa o excesiva. (Serrano 1989).

El porcentaje de humedad requerida por las plantas está en función de la especie y variedad incluso de la fase vegetativa de cada una de ellas, por eso es importante poder controlar en el invernadero la humedad tanto ambiental como del suelo. (Robledo 1988).

En el cultivo del tomate humedades relativas del aire inferiores al 90% son deseables, pues valores superiores favorecen el desarrollo de enfermedades criptogámicas, especialmente *Botrytis* (Harper et al., 1979; Hurd y Sheard, 1981; citados en Internet Dir. 4 1998). Siendo óptimos los valores del 70 al 80% (Cottery y Walker, 1967; Winspear et al., 1970; Citados en Internet Dir. 4 1998).

En condiciones de baja humedad relativa, la tasa de transpiración crece, lo que puede acarrear, especialmente en fase de fructificación con menor actividad radicular, estrés hídrico, cierre estomático y reducción de fotosíntesis (Rawson et al., 1977; Citado en Internet Dir. 4 1998). Valores extremos de humedad reducen el cuajado del tomate (Van Koot y Van Ravestijn, 1963; Citados en Internet Dir. 4 1998). Valores muy altos, especialmente con baja iluminación, reducen la viabilidad del polen (Burns et al., 1979; Drakes y Statham, 1979; Citados en Internet Dir. 4 1998), pudiendo, al limitar la evapotranspiración (ET), reducir la absorción de agua y nutrientes (Adams, 1980;

Citados en Internet Dir. 4 1998) y generar déficit de elementos como calcio, induciendo desordenes fisiológicos como podredumbre apical.

El aire no puede contener una cantidad arbitraria de agua, ya que la cantidad máxima que puede tener depende de la temperatura del aire; ésta cantidad es mayor a medida que va aumentando la temperatura hasta que llega al punto de saturación. Este punto de saturación es cuando un volumen determinado de aire, a una temperatura fija, no es capaz de absorber más agua. La evaporación del agua sirve para eliminar una gran cantidad de la energía calorífica solar recibida por el cultivo. (Serrano, 1989).

Las temperaturas elevadas, asociadas con la falta de humedad, determinan los siguientes fenómenos:

- Se intensifica la transpiración, perdiendo la planta tonalidad.
- Comienza por marchitarse la guía de crecimiento y las hojas jóvenes.
- Aparecen en las hojas manchas necróticas, muriendo finalmente la planta
- Pierden turgencia ciertas partes de algunas hortalizas (*hojas, tallos, etc.*).
- Maduran de forma anormal y forzada los frutos de las plantas, sin alcanzar la forma, color, tamaño, peso, etc. conveniente.
- Disminuye la producción y por consiguiente las ganancias.

Las temperaturas elevadas, acompañadas por una humedad excesiva, traen consigo los siguientes efectos en los cultivos:

- Las plantas crecen desmesuradamente.
- Se retrasa la fructificación.
- En ocasiones no florecen.



- Las plantas pierden resistencia frente al ataque de plagas y enfermedades

Tanto la humedad del suelo como la humedad relativa se pueden controlar en el invernadero, este control puede hacerse con los procedimientos que se exponen a continuación:

#### HMEDAD DEL SUELO, RIEGOS:

- **Riego con manguera:** Es de los más sencillos de instalar y aplicar, pero eleva considerablemente los costos por manejo de riego y desperdicio de agua, además no permite un control exacto del consumo de la misma ni tampoco se puede automatizar.
- **Riego por miniaspersión:** Es un método que asperja el agua sobre la base de los tallos de las plantas, prácticamente sin tocar las hojas. Consiste en un equipo sencillo con aspersores pequeños de plástico; no necesita de materiales y herramientas especiales para su colocación. Para su uso en camas de cultivo se requieren dos tipos de aspersores; uno que cubra un área de riego de  $180^{\circ}$  y se coloca en las orillas de la cama, el otro tipo se coloca en el centro y cubre un radio de riego de  $360^{\circ}$ , estos van insertados sobre una manguera de poliducto a distancias de 40 cm uno de otro. Se puede automatizar.
- **Riego por goteo:** Este sistema da buenos resultados en cultivos bajo invernaderos, por facilitar la distribución de la red secundaria que se puede colocar, fijar, cortar y añadir en el lugar exacto, también es sencilla la colocación y graduación de los distribuidores. Es uno de los

métodos más caros pero se compensa con el ahorro considerable en el gasto de agua y en su manejo, además es de fácil automatización.

- **Aspersores estacionarios:** Es el método de riego menos costoso, instalando aspersores fijos. Este sistema es capaz de cubrir uniformemente una gran área, puede ser automatizado dotándolo de valvulas eléctricas y cronómetros o de una computadora para el control ambiental.
- **Riego con botalón:** Es el método de riego más empleado en los invernaderos para transplantes. Los botalones están conectados a una unidad que se mueve a lo largo del invernadero. La unidad central puede estar montada sobre un carro que se traslada sobre el piso del invernadero, o puede colocarse suspendida de la armazón del cielo raso del mismo.
- **Robot regador:** Si uno toma el equipo anterior y se le adapta un sistema computarizado para el control del ambiente, se convierte en un *robot para riego*, su principal atributo, un nivel de control más completo que los dos métodos de riego anteriores.

#### HUMEDAD AMBIENTAL:

##### EXCESO DE HUMEDAD

- **Con ventilación:** Esta puede ser por medio de ventiladores o extractores de aire instalados en un extremo del invernadero. Otra forma es a través de ventanas instaladas en las laterales del mismo o por ventilación cenital.

- *Aumentando la temperatura:*
- *Acolchando el suelo con plástico.*
- *Evitando el exceso de humedad en suelo con el control de riegos.*

#### FALTA DE HUMEDAD

- *Con riegos.*
- *Con balsetas de agua en el suelo.*
- *Removiendo el aire interior.*
- *Pulverizando agua en el ambiente.*

#### 3.1.4.3 ILUMINACION

La luminosidad interviene en la fotosíntesis y fotoperiodismo , influencia que tiene la duración del día solar en la floración de los vegetales; también en el fototropismo, en el crecimiento de los tejidos, en la floración y en la maduración de los frutos. (Serrano, 1989).

Según Blackman y Black citados por Serrano, son plantas de sombra aquellas en que su energía luminosa de saturación sea menor de 11 000 lux; son plantas de sol y sombra las que su intensidad de saturación está comprendida entre 11 000 y 22 000 lux, y son plantas de sol las que su intensidad de saturación está comprendida entre 22 000 y 33 000 lux.

En la tabla 6 se muestra la influencia de la duración del día sobre algunos cultivos.

Tabla 6. INFLUENCIA DE LA DURACION DEL DIA SOBRE ALGUNAS HORTALIZAS

DIA LARGO	DIA CORTO	INDIFERENTE
Espinaca Lechuga Rábanos Berenjena Col de la China	Fresón	Tomate Pimiento Judía Chicharo Melón Calabacín Sandía Pepino

Fuente: Serrano, 1989

La radiación solar en parte es absorbida por el suelo, planta y objetos dentro del invernadero, siendo convertida en energía térmica e irradiada como radiación térmica o disipada por convección, conducción y transpiración. (Internet, Dir. 4, 1998).

La radiación solar dentro del invernadero es menor que en el exterior debido a la reflexión y absorción del material de cubierta. Cuadro 1. La transmisividad varía a lo largo del año debido al distinto ángulo de incidencia de los rayos solares y a la acumulación de polvo sobre la cubierta plástica de estos invernaderos. (López - Galvéz et al., 1991; Citados en Internet Dir. 4 1998).

Cabe señalar que el tomate es un cultivo insensible al fotoperiodo, entre 8 y 16 horas (Calvert, 1973; citado en Internet Dir. 4 1998). Iluminaciones limitadas, al reducir la fotosíntesis neta, implican mayor competencia por los productos asimilados, con incidencia en el desarrollo y producción (Woods, 1966; Orzolet, et al., 1976; Kinnet, et al., Winsor, 1979; Citados en Internet Dir. 4 1998).

Valores de radiación total diaria en torno a  $0,85 \text{ MJ/m}^2$  son los umbrales considerados mínimos para la floración y cuajado del fruto, siendo preferible mayor iluminación en menor período de tiempo, que iluminaciones débiles por tiempos prolongados (Kinnet, 1977; Citado en Internet Dir. 4 1998). Los efectos negativos de una baja luminosidad pueden compensarse, en parte, con aumentos del contenido de dióxido de carbono del aire. (Cooper y Hurd, 1976 Citados en Internet Dir. 4 1998).

La densidad de plantación, el sistema de poda y el entutorado deben optimizar la captación de radiación por el cultivo, especialmente en la época invernal cuando la radiación es más limitante, por que la reducción de radiación implica una reducción lineal de cosecha (Cookshull, 1988 Citado en Internet Dir. 4. 1998).

El empleo de doble capa permanente de plástico en invernadero, para mejorar las condiciones térmicas durante el invierno, la práctica de blanquear el invernadero, a fin de reducir las altas temperaturas en primavera, genera reducciones de la radiación solar interior con incidencia negativa en la producción, sería preferible dotar a los invernaderos con sistemas de calefacción o ventilación eficientes y evitar este tipo de prácticas, ya que con baja iluminación la polinización será insuficiente y el tamaño de fruto menor (Van de Vooren, et al., Citados en Internet Dir. 4 1998).

El control de la luminosidad dentro de un invernadero puede hacerse de las siguientes formas:

- *Orientación adecuada del invernadero.*
- *Empleo de sombreadores* : malla.

- *Aporte de luz artificial por las noches:* para conseguir aumento de la función fotosintética. Se usan lámparas que proporcionan fuertes cantidades de energía para generar la fotosíntesis. Dentro de las lámparas más usadas destacan las de alta presión de mercurio de 250 - 1000 W, lámparas de halógeno, lámparas de xenon, etc.
- *Aporte de luz artificial:* para influir en el fotoperiodismo. Se usan principalmente lámparas de incandescencia, son de bajo costo y por su espectro de gran radiación de infrarrojos y poca de visibles, se usan lámparas de 60 - 150. W.

Tabla7 MULTIPLES APLICACIONES DE LAS LAMPARAS PARA INDUCIR FOTOPERIODISMO.

CULTIVO	APLICACIÓN
Plantas de día corto Crisantemo	Para impedir floración. Para producción de plantas madres, enraizamiento de esquejes, producción de flor cortada.
Begonia	Para impedir desarrollo de tubérculos y favorecer floración.
Clavel	Para inducir floración en épocas de demanda.
Dalia	Para anticipar la floración.

Fuente: Robledo, 1988.

#### 3.1.4.4 CONCENTRACION DE CO<sub>2</sub>.

Este gas de la atmósfera que es imprescindible en la vida de los vegetales, se puede controlar en el ambiente de los invernaderos.

El CO<sub>2</sub> disminuye en la atmósfera del invernadero como consecuencia del proceso fotosintético; este proceso puede tener limitaciones si la concentración del gas en la atmósfera disminuye sensiblemente. Esta disminución depende del número de renovaciones que se hagan en la atmósfera confinada y de la actividad de la fotosíntesis.

El contenido de anhídrido carbónico varía a lo largo del día; por las noches es excesivo y no nos preocupa; en las primeras horas de luz solar es cuando hay más concentración del mismo. Llegado el medio día y horas posteriores, es cuando la concentración del anhídrido carbónico disminuye considerablemente y puede disminuir la fotosíntesis, siendo esta deficiencia un factor limitante para el cultivo. (Serrano, 1989).

La concentración normal de CO<sub>2</sub> en el aire es del orden del 0.03% es decir 300 ppm y se mantiene más o menos estable. Sin embargo, como anteriormente se mencionó, esta concentración varía a lo largo del día en los invernaderos, pues por la noche puede alcanzar valores cercanos a los 500 ppm, mientras que por la mañana desciende hasta llegar al mediodía a unas 200 ppm. Todo ello como consecuencia de la fotosíntesis de las plantas. (Robledo, 1988).

La fotosíntesis la realizan las plantas con más eficiencia cuando se conjugan los valores óptimos de los cuatro factores más importantes (Temperatura, humedad, luminosidad y concentración de CO<sub>2</sub>). Si la concentración de CO<sub>2</sub> aumenta al tiempo

que la temperatura y la luz, el crecimiento de las plantas es mayor y por lo tanto la producción también será mayor. La humedad relativa del aire juega un papel importante, ya que de no existir como mínimo un 55 - 60% de humedad relativa, la planta puede cerrar sus estomas, con lo cual las aportaciones artificiales del gas que se hagan no tendrán incidencia sobre el crecimiento de la planta.

Se ha demostrado que un descenso de  $\text{CO}_2$  de 300 a 200 ppm, puede reducir considerablemente la formación de materia vegetal. (Robledo, 1989).

Para corregir éste desequilibrio de  $\text{CO}_2$  que se produce durante el día, se realizan aportaciones del mismo empleándose para ello medios naturales o artificiales.

El método natural consiste en abrir las ventanas periódicamente, esto para renovar el aire del invernadero, lo cual puede provocar que baje la temperatura del invernadero repercutiendo esto en los rendimientos del cultivo por no contar con un ambiente térmico adecuado.

Por el sistema artificial se aporta el dióxido de carbono mediante la combustión de ciertos productos (Petróleo, gas natural, propano, etc.) en estufas o quemadores difusores colocados estratégicamente en el invernadero para tener una uniformidad del gas.

Otra forma es aplicar el gas en estado puro o nieve carbónica, el primero viene en estado líquido a presión y se vaporiza fácilmente a la temperatura ambiente. Para distribuirlo por el invernadero se pueden aprovechar los conductos de aire de la calefacción o ventilación. Si no se dispone de dichas instalaciones pueden emplearse tubos o mangueras de pvc con perforaciones de 1cm, la salida



del contenedor debe regularse con válvulas y medidores de gas. (Hudson,1967; citado por Robledo,1988)

La nieve carbónica o mejor conocida como hielo seco es sencilla de manejar en los invernaderos, basta con colocar en diversos recipientes los bloques de la misma y ésta se va sublimando lentamente. (Hudson,1967; citado por Robledo,1988) .

## 3.2 CONTROLES LOGICOS PROGRAMABLES

### 3.2.1 ¿QUÉ ES UN CONTROL LOGICO PROGRAMABLE (PLC) ?

Un *PLC* (*programmable logic controller*) es un dispositivo electrónico de estado sólido diseñado para realizar funciones lógicas que anteriormente se realizaban con relevadores electromecánicos.

El diseño de los *PLC* es idéntico al de una microcomputadora, ya que cuenta con los elementos principales similares a los usados en la fabricación de las microcomputadoras. Básicamente éstos son un ensamble de circuitos de lógica digital, diseñados para efectuar desiciones lógicas y dar como resultado salidas lógicas.

Los Controladores Lógicos Programables son usados para el control y operación de equipo de procesos de manufacturas y maquinaria en todos los segmentos de la industria en donde la automatización es requerida, disminuyendo el costo de producción, aumento en calidad y cantidad del mismo.

Sin importar la medida, complejidad o costo, todos los *PLC* contienen la misma arquitectura básica.

### 3.2.2 PARTES QUE CONSTITUYEN UN PLC

Los Controles Lógicos Programables se presentan como una pieza de equipo que forma un bloque compacto pero en el que siempre se pueden distinguir cinco partes importantes que son :

*Unidad central de proceso (CPU).*

*Procesador*

*Memoria*

*Dispositivo de programación y monitoreo.*

*Modulos de entradas .*

*Modulo de salidas .*

*Fuente de voltaje.*

#### UNIDAD CENTRAL DE PROCESO (CPU).

La unidad central de proceso es comunmente llamado el “cerebro” del PLC, ya que ahí es donde las señales de entrada son “leidas” , procesadas y finalmente manda la señal lógica a la salida correspondiente. Esto gracias a dos elementos que la constituyen que son:

#### **El procesador :**

En un sistema digital la unidad procesadora es el lugar donde se configuran las operaciones del sistema y está compuesta por un número de registros y de

funciones digitales que conforman microoperaciones lógicas, de desplazamiento y de transferencia.

A esta unidad cuando se le complementa con una *unidad de control* que supervisa la secuencia de microoperaciones, se le llama **Unidad Central de Proceso (CPU)** .

Las acciones de control (decisiones lógicas), las lleva a cabo en base a la lógica que le es proporcionada por el código del sistema de control, comúnmente llamado programa de usuario.

#### **La memoria :**

El procesador tiene la capacidad de recordar o memorizar aspectos importantes gracias a su sección de memoria, y puede realizar cálculos y operaciones que le permitan tomar decisiones utilizando la Unidad Central de Proceso.

En la memoria se almacenan en general cuatro clases de información que son:

#### ***Sistema Operativo:***

Es el programa diseñado por el fabricante para proporcionarle al PLC las rutinas de inicialización y autochequeo, además de ser la base al programa de aplicación de control, trasladando sus requerimientos en instrucciones apropiadas para la acción del controlador.

### ***Tabla de Datos:***

Es el área que sirve para almacenar valores de restablecimiento de temporizadores o contadores y otras constantes referidas al programa de aplicación. Esta área también contiene registros para los patrones de bits que representan el estado de todos los canales de entrada / salida, por lo que suele llamarse imagen I / O.

### ***Programa de aplicación de control:***

Esta área es la que contiene el programa escrito por el usuario para controlar el proceso deseado. Este programa puede ser escrito en formato de escaleras o algún otro lenguaje de programación que permita el PLC.

### ***Area de scratch:***

Esta área es utilizada para almacenar de manera temporal resultados intermedios y datos transitorios.

## **DISPOSITIVO DE PROGRAMACIÓN Y MONITOREO.**

El dispositivo de programación o terminal, es usado para escribir, editar o cargar un programa específico al área de memoria del programa, para monitorear un programa o hacer cambios en el mismo.

Este dispositivo de programación debe ser conectado al control cuando se introduzca o monitoree un programa.

En general, los PLC cuentan principalmente con tres tipos de herramientas de programación y monitoreo:

### ***Programador manual:***

Este programador cuenta con una pantalla de cristal líquido de cuarzo (LCD) y de tamaño reducido (alrededor de 30 cm), puede mostrar cualquier información existente permitiendo editarla o corregirla, además de mostrar en pantalla los valores corrientes de cualquier temporizador o contador interno. Este dispositivo nos sirve para introducir programas, checar el sistema de control y localizador de fallas.

Una característica importante de este dispositivo es la de que puede o no permanecer conectado al PLC de manera permanente sin ocasionar disturbios en la operación del controlador. Así un solo programador puede servir para varias unidades PLC.

### ***Programador portátil.***

Este programador utiliza una pantalla de cristal líquido de cuarzo (LCD) o un tubo de rayos catódicos (CRT), permitiendo realizar una programación lógica en escalera, pudiendo crear nuevos programas.

Los programadores anteriores tienen una desventaja común, solo pueden mostrar uno o dos escalones de lógica a la vez, esta limitante requiere que el programa este bien organizado y documentado antes de cargarlo a la memoria, acción que se hace tediosa.

### ***Programador por medio de computadora.***

Los PLC actuales cuentan con métodos especiales diseñados para programar, revisar y editar programas de aplicación con la ayuda de cualquier computadora personal, incorporando otras funciones de diagnóstico y edición que hacen más fácil el diseño de programas así como la capacidad de de visualizar el

estado actual del proceso a controlar. Este tipo de herramienta proporciona un despliegue más comprensivo del programa y tiene la capacidad de funcionar conectado o no al controlador.

La programación con la ayuda de una computadora personal hace más práctica y accesible la revisión de programas además de facilitar el respaldo e impresión de los mismos.

A éstas se les conecta en el puerto serial un cable interface que va directo a la tarjeta del PLC. Actualmente se utiliza equipo portátil del tipo notebooks o lap-tops.

#### MODULOS DE ENTRADA

La sección de entrada es la parte del PLC donde los dispositivos sensores son conectados, la función de esta sección es la de cubrir tres puntos esenciales:

**Conexión:** Proporciona las terminales necesarias para el cableado proveniente de los dispositivos sensitivos a la tarjeta principal.

**Indicación visual:** La sección de entrada de la mayoría de los PLC's cuentan con una indicación del estado de cada una de las terminales de entrada, esto para indicar que dicha entrada está activa.

**Acondicionamiento y aislamiento:** El suministro eléctrico proveniente de los sensores casi nunca es compatible con los voltajes de entrada del PLC; para ésto se utiliza un dispositivo llamado fotoacoplador cuya función es la de acoplar y aislar al sensor con la entrada de la PLC, evitando así riesgos de un posible daño a la tarjeta.

La principal función de esta interfase es la de recibir y convertir señales de campo en señales que puedan ser leídas por la unidad central (CPU). Las señales provienen de diferentes tipos de sensores como apertura y cierre de contactos, termostatos, sensores ópticos, etc.

La interfase de entrada es de naturaleza modular y puede ser expandida por la adición de módulos para permitir un mayor número de entradas cuando la labor de control así lo requiera.

#### MODULOS DE SALIDA

En la sección de salida se conectan los dispositivos actuadores como bombas, ventiladores, calentadores etc. El propósito de esta sección, al igual que la sección de entrada, es la de cubrir tres funciones esenciales las cuales son:

**Conexión:** Proporciona las terminales necesarias para el cableado que va del PLC a los dispositivos actuadores.

**Indicación visual:** Como se menciona en la sección de entrada, la sección de salida cuenta también con una indicación visual del estado del dispositivo correspondiente a la salida activa.

Además, los módulos de la sección de salida que están protegidos por fusibles que cuentan con indicador de fusible quemado (abierto).

**Acondicionamiento y aislamiento:** La sección de salida acondiciona las señales del PLC, es decir, convierte los voltajes de corriente directa de bajo nivel (+12 v), al tipo de potencial eléctrico utilizado por los dispositivos (motores, calefactores, válvulas, etc.), esto proporciona al PLC la habilidad de poder manejar



cualquier dispositivo independientemente del rango de voltaje con que trabaja el mismo.

Esto se realiza con los dispositivos llamados fotoacopladores .

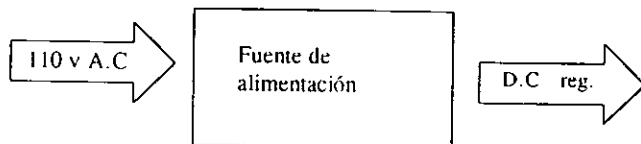
## FUENTE DE VOLTAJE

La fuente de alimentación proporciona el voltaje de corriente directa necesario para el funcionamiento de los circuitos electrónicos del PLC.

Esto convirtiendo el voltaje de corriente alterna (AC) en la mayoría de las veces es de 120 volts, aunque puede haber líneas de 220 volts, en voltajes regulados de corriente directa (DC) con los cuales trabaja el PLC, estos voltajes son conocidos como voltajes lógicos de bajo nivel y pueden ser de +5v, +12v, -5v y -12v.

Esta fuente debe venir acompañada de una pila de respaldo o back-up, esto para evitar la pérdida de datos cuando el suministro eléctrico sea interrumpido.

La fuente puede venir empaquetada mecánicamente con la tarjeta del PLC o como unidad separada.



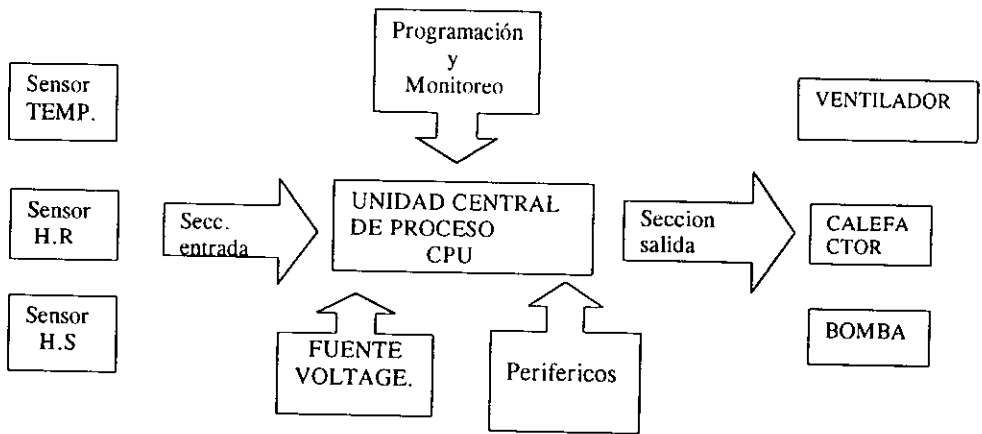


FIG.2 Diagrama esquemático de las partes de un PLC.

### 3.2.3 COMO FUNCIONA UN PLC

Existen dos tipos de secuencias del PLC que deben de ser identificadas y diferenciadas: La secuencia de control, que tiene que ver con lo que pasa en el proceso en relación con el programa y la secuencia de exploración, que es el ciclo que realiza el PLC para poder controlar un proceso.

#### SECUENCIA DE DE EXPLORACION

Al momento de encender el PLC, el CPU comienza la secuencia de exploración o barrido (scan) de las entradas / salidas. Durante la exploración de las E/S, los datos de los módulos de entrada se transfieren a la tabla de imagen en memoria para posteriormente transferir la acción correspondiente al módulo de salida.

Después, el CPU explora el programa. Hace ésta declaración por declaración . Cada declaración es explorada de la siguiente forma:

Primero, para cada condición, el CPU verifica, o "lee" la sección de memoria dedicada a los datos de entrada para ver si la condición se ha cumplido.

Segundo, si el conjunto de condiciones se ha cumplido, el CPU "escribe" un *uno lógico* en la localidad del *bit* en la tabla de imagen de salida correspondiente a la terminal que debe de ser energizada.

Por otro lado, si el conjunto de condiciones no se han cumplido, el CPU escribe un *cero lógico* en la localidad de ese *bit* indicando que la terminal de salida no debe ser energizada.

Si hubiera más declaraciones en el programa, el CPU continuaria de la misma manera explorando cada declaración y ejecutando cada instrucción hasta alcanzar el final del programa.

Este proceso se repite una y otra vez, varias veces por minuto, cada vez el CPU empieza por sensor el estado de las terminales de entrada, si un dispositivo de estos ha cambiado de estado desde la última exploración, el CPU cambiará el estado del bit correspondiente para reflejar el nuevo estado.

### SECUENCIA DE CONTROL.

Con el fin de analizar la secuencia de eventos que se realizan durante el control, tomaremos el ejemplo del control de temperatura por medio de un ventilador instalado en un invernadero.

El ventilador debe ser accionado cuando en el sensor de temperatura detecte un aumento que sobrepase el límite deseado.

El sensor de temperatura esta conectado a la terminal 01 del control programable, cuando la temperatura sube el sensor manda un *uno lógico* a esta terminal, el programa que controla al ventilador lee "si hay un voltage en la terminal de entrada 01 entonces energizar la terminal de salida 01", el motor del ventilador que esta conectado a la terminal 01 se accionará hasta que el sensor detecte que la temperatura ha descendido, dejará de mandar ese voltage y cambia su estado lógico de *uno a cero lógico* en la terminal de entrada y el programa lo vuelve a leer "si no hay voltage en la entrada 01, entonces desenergizar la terminal de salida 01".

Cuando la condición se satisface se dice que es verdadera; cuando la condición no se satisface se dice que es falsa.

Puede haber más de una condición que deben ser satisfechas antes que una acción pueda ser ejecutada.

### ***3.2.4 PROGRAMACION DEL PLC***

La programación consiste en la creación de un programa de aplicación para el PLC. Normalmente las herramientas de programación de los PLC modernos son creadas para trabajar en cualquier computadora personal con un mínimo de requisitos del sistema.

Esos programas además de permitir el diseño, edición y documentación de programas de usuario, establecen comunicación entre la computadora y el PLC, con lo que se obtiene una buena ayuda para realizar mantenimiento al sistema, diagnosticos de fallas, simulación de programas, etc.

Normalmente, estos programas o herramientas de programación, presentan una serie de pantallas o menues formados por una lista de comandos que el usuario puede utilizar con diferentes fines.

La principal ventaja de la programación de PLC por medio de una computadora, es la forma en que se maneja la información, de cómo se despliega en la pantalla y de lo fácil que resulta dicha programación. Por otro lado, la mayoría de los fabricantes proporcionan diferentes funciones de diagnóstico para agilizar la localización de fallas en el sistema. Otra ventaja es la posible utilización

de periféricos conectados a la computadora como impresoras, las cuales nos permiten una vez impreso el programa detectar un posible error antes de cargar el programa.

En cuanto a las comunicación del PLC, muchos de los sistemas tienen la capacidad de conectarse a una red de área local de PLC's, lo que permite programar cambios en otras unidades o desplegar el estado actual de la totalidad de los controladores conectados a la red, esto en la aplicación de invernaderos, sería una ventaja ya que si se tiene más de una nave con el mismo cultivo, se puede tener el control de las naves desde un solo lugar.

## PROGRAMA

Un programa está hecho de un conjunto de declaraciones. Cada declaración hace dos cosas; la primera describe una acción que debe ser tomada, por ejemplo, puede decir, "energizar el arrancador del motor #1 (extractor). La segunda describe la condición que debe existir para que la acción se pueda cumplir. Por ejemplo se puede desear que la acción anterior ocurra cuando el sensor de temperatura detecte un alza de ésta, por lo tanto la condición puede ser "si el sensor de temperatura #1 detecta un alza de temperatura, energizar el arrancador del motor #1.

Un programa está hecho de un número de declaraciones similares. Típicamente existe una declaración para cada dispositivo de salida de la máquina.

Las instrucciones de operación de datos son básicamente las que le dan al PLC las cualidades para comportarse como un sistema de control por

computadora. Esta característica da un grado mayor de eficiencia en aplicaciones de control de procesos que un sistema de control por relevadores nunca lograría.

Estas instrucciones incluyen movimiento de datos, funciones matemáticas, operaciones lógicas y funciones de conversión, entre otras, y dependerá de la disponibilidad que ofrezca cada fabricante.

Tabla 8. INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE DATOS.

FUNCIONES	OPERACIÓN
Matemáticas Lógicas De movimiento De conversión	Suma, resta, multiplicación y división. And, Or, Xor, Not Para transferir el contenido de un registro a otro Permiten el cambio de sistema binario a BCD y viceversa.

Fuente: Zepeda, 1993.

Cuando introducimos un programa en cualquier PLC, cada elemento debe ser acompañado por números de referencia los cuales ayudan a la CPU a reconocer que función está siendo especificada. Como ya se mostró al inicio del tema el PLC debe saber que el sensor de temperatura que se encuentra en la entrada #1 activa el motor de la salida #1, o que el sensor de humedad conectado a la entrada #2 controla el solenoide de la válvula eléctrica conectado a la salida #2. Los números de referencia son una parte vital en la programación del PLC.

Cada fabricante tiene su forma particular de identificación y manejo de referencias para sus módulos de entrada / salida.

ESTA COPIA NO DEBE  
 SER DE LA BIBLIOTECA

#### IV. APLICACIÓN DEL PLC AL INVERNADERO.

Como se mencionó anteriormente, el PLC cuenta con una sección de entrada, a la cual se le conectan los sensores o dispositivos de lectura.

Estos sensores, para el caso de control de temperatura, serían uno de temperatura máxima óptima y uno de temperatura mínima óptima, el arreglo de éstos para la adaptación al PLC sería a travez de un circuito comparador doble, en el cual se tienen dos salidas, una salida del comparador, la de temperatura máxima óptima, se acoplaría a la entrada #1 del PLC, en la salida #1 del controlador, se acoplaría el sistema de ventilación que en este caso pudiera tratarse de un par de ventiladores, claro está que el número de éstos estaría en función de las dimensiones de la nave.

La salida de temperatura mínima óptima procedente del comparador doble, se acoplaría a la entrada #2 del controlador y éste a su vez tendría acoplado en la salida correspondiente el sistema de calefacción, pudiéndose tratar de quemadores de gas con encendido electrónico.

Para el caso de humedad, se puede sensor y controlar tanto la humedad del suelo como la humedad en el ambiente. Los sensores estarían cada uno con su circuito comparador y éste a su vez estaría acoplado a las entradas del PLC.

En este sistema se tendría la señal del sensor de humedad del suelo acoplado a la entrada #3 y en su salida respectiva se tendría el sistema de riego, controlado ya sea por una bomba o por válvulas eléctricas.



Para el sensor de humedad relativa éste tendría un circuito comparador doble para manejar humedad ambiental alta y humedad ambiental baja, la salida de humedad ambiental alta se conectaría a la entrada #4 del controlador y su salida correspondiente se acoplaría ya sea a un sistema de calefacción o ventilación, dependiendo de las circunstancias que se planeen, el sensor de humedad ambiental baja se acoplaría a la entrada #5 y su salida a un sistema de nebulización en caso de que el cultivo no tenga problemas con éste sistema, o un sistema en el que se vierta agua en las orillas del invernadero para aumentar la humedad en el aire.

Una computadora personal se conectaría al puerto de entrada y se correría el software de programación del PLC, ( en caso de la tarjeta de FESTO trae su disquete de programación).

Dicha programación (como ya se mencionó) no es difícil , requiere conocimientos sobre computación y lo que se quiere controlar.

Un aspecto importante del sistema es que puede monitorear la acción del PLC por medio de una computadora personal , aclarando que en la pantalla nunca vamos a tener datos sobre temperatura ni humedad, unicamente se tendra en pantalla que entrada y salida estan activas.

Esto podria ser una desventaja para el agricultor ya que no va a tener acceso a esta información.

Una ventaja de este sistema es que se pueden ir acoplando más sensores para controlar otros parámetros dentro del invernadero e inclusive se pueden controlar acciones que esten fuera del invernadero, esto sin alterar la funcionalidad del mismo y sin grandes cableados.

## V. ANALISIS

En el presente trabajo se trató de dar una explicación sencilla y fácil sobre como seria el funcionamiento del PLC para el control de 2 variables importantes dentro del invernadero, que son temperatura óptima y humedad óptima, las cuales si sobrepasan estos rangos pueden en un momento dado dañar severamente al cultivo y esto se veria reflejado en los rendimientos y calidad del mismo, y a su vez se resiente en las ganancias.

El uso de los controladores lógicos programables para el control de temperatura y humedad en invernaderos, tienen una gran posibilidad de satisfacer las necesidades en cuanto a confiabilidad y posiblemente un costo mas bajo que un sistema comercial de control ambiental, se necesitaria hacer un estudio de costos, ya que en Estados Unidos, un sistema de control sencillo que solo maneja temperatura costaba para septiembre de 1994 US\$ 1000 y un sistema más completo que puede manejar varios parametros se cotizaba hasta septiembre de 1994 en US \$ 10 000.

Para este trabajo no se lograrón obtener costos sobre PLC, pero seria interesante, como se menciona, relizar una investigación sobre costos para ver la factibilidad del uso de controladores de este tipo en los invernaderos y determinar si es costeable para la producción principalmente de cultivos de exportación.

## VI. CONCLUSIONES

- ñ El control de la temperatura y humedad principalmente contribuyen a un buen desarrollo y calidad del cultivo.
- ñ El PLC se puede adaptar para el control de temperatura y humedad.
- ñ La desventaja del controlador esta es que no se puede tener acceso a información de temperaturas y humedad.
- ñ Es un sistema "amigable", ya que no se requiere tener grandes conocimientos de electrónica y de computación las bases.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Aguilera, C.M. 1980. RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA -ATMOSFERA. U.A. Chapingo, México
2. Bannister , B.R. y Whitehead, D.G. 1994. INSTRUMENTACION, TRADUCTORES E INTERFAZ. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana. Delaware, E.U.A.
3. Camacho, F.G. 1991. COMPORTAMIENTO DE CINCO VARIEDADES DE CEBOLLA (*Allium cepa*, L) EN CONDICIONES DE TRANSPLANTE Y SIEMBRA DIRECTA EN EL EJIDO DE SAN MATEO TECOLOAPAN MPO. DE ATIZAPAN DE ZARAGOZA. EDO. MEX. Tesis de Ingeniería Agrícola. UNAM.FESC.
4. Cruz.P.F. 1988. APUNTES DE FENOLOGIA AGRICOLA. FES-C UNAM.
5. Filer.R, Leinonen.G. 1992. PROGRAMMABLE CONTROLLERS AND DESIGNING SEQUENTIAL LOGIC.Ed. Saunders. U.S.A.
6. FIRA, 1985. ASISTENCIA TECNICA PARA LA PRODUCCION DE PLANTAS ORNAMENTALES. México.
7. Hudson,J:P. 1967. CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE DE LA PLANTA. Ed. Omega, España.
8. López , T.M. 1994. HORTICULTURA. Ed. Trillas. México, D.F.  
Messiaen.C.M. 1979. LAS HORTALIZAS. Blume distribuidores. México, D.F.  
Monterde,D.D. 1995. APLICACIÓN DE LOS PLC A UN PROCESO INDUSTRIAL DE ARMADÓ DE CAJAS. Tesis. UNAM: FESC.

9. Pallas, A.R. SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL. 1994. Ed. Marcombo. Barcelona España.
10. PRODUCTORES DE HORTALIZAS. Año 3 No. 9 Sept. 1994
11. Robledo, D. F., Marín .U.L. 1988. APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EN LA AGRICULTURA. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España.
12. Salisbury, B:F, Ross, W.C. 1994. FISILOGIA VEGETAL. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F.
13. SARH - INIFAP . 1988 . USO DE PELÍCULAS PLÁSTICAS COMO ARROPADO DE SUELO PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA. Gómez Palacio. Dgo. México.
14. Simpson, C.D. 1994. PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS. Prentice Hall N.1 U.S.A.
15. Warnock, I.G. 1988. PROGRAMMABLE CONTROLLERS OPERATION & APPLICATION. Prentice Hall. Scotland.
16. Webb, J.W, Ronald, R.A. 1995. PLC PRINCIPALES AND APPLICATIONS. Ed. Prentice Hall. U.S.A.
17. Zepeda, F.U., Correa S.A. 1993. EL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE. Tesis UNAM. FESC.
18. Z. Serrano. C. 1989. CULTIVO DE HORTALIZAS EN INVERNADERO. Ed. Aedos. Barcelona España.
19. Dir. 1, Internet : <http://www.vacations.com.ar/invrna/2.htm>.
20. Dir. 2 , Internet : [http://www.ediho.es/horticom/tem\\_aut/plas\\_inv/une76.html](http://www.ediho.es/horticom/tem_aut/plas_inv/une76.html).
21. Dir. 3 , Internet : [http://tucuman.com/produccion/96nov\\_09.htm](http://tucuman.com/produccion/96nov_09.htm).
22. 4 : [http://www.laural.es.servagr/sta/publicaciones/tomate%20larga%20vida/publ9612/1\\_1\\_clima.htm](http://www.laural.es.servagr/sta/publicaciones/tomate%20larga%20vida/publ9612/1_1_clima.htm)

## GLOSARIO

**A.C:** Corriente alterna. Corriente eléctrica normalmente alternando 60 tiempos por segundo.

**AND:** Compuerta lógica cuya salida está en ON sólo si todas las entradas son ON.

**BCD:** Código decimal binario.

**CLT:** Tubo de rayos catódicos.

**COMPUERTA DIGITAL:** Dispositivo que analiza los estados digitales de las entradas para obtener un apropiado estado en la salida.

**CPU:** Unidad central de proceso.

**DC :** Corriente directa. Corriente eléctrica que continuamente fluye en una sola dirección; usualmente con un valor fijo.

**DIGITAL:** Sistema de estados discretos: 1 ó 0 , ON o OFF, Alto o Bajo.

**FUSIBLE:** Dispositivo de rápida interrupción de corriente eléctrica. La interrupción es realizada por la fusión de una lámina delgada de metal dentro del fusible.

**LENGUAJE:** Grupo de letras y símbolos usados para la intercomunicación entre personas, computadores o personas y computadoras.

**LCD:** Pantalla de cristal líquido. Dispositivo que indica segmentos numéricos, los que al combinarse entre ellos y con luz nos proveen de una pantalla.

**LED:** Diodo emisor de luz.

**MEMORIA:** En un PLC, el grupo de direcciones o registros donde la información y programas son guardados.

**MENU:** Lista de programas escogidos mostrados en la pantalla de del PLC.

**MICROPROCESADOR:** Computadora en un circuito integrado,.

**MODULO DE ENTRADA:** Unidad eléctrica o circuito usado para conectar dispositivos al PLC.

**MODULO DE SALIDA.:** Unidad eléctrica o circuito usado para conectar al exterior dispositivos que son controlados por el PLC.

**MONITOR:** Dispositivo en el cual la información es mostrada.

**NAND:** Compuerta digital cuya salida es OFF cuando todas las entradas son ON.

**NOR:** Compuerta digital cuya salida se torna OFF cuando una o más de sus entradas se encuentran en ON.

**PLC:** Control lógico programable. Computadora que realiza funciones de control de varios tipos y niveles de complejidad.

**RACK:** Chasis metálico en donde son montados los módulos de entrada y salida del PLC.

**SENSOR:** Dispositivo de entrada al que censa las condiciones de proceso.

**SOFTWARE:** Los programas que controlan una computadora