

34  
2ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**ESTUDIO DEL SOLEAMIENTO MEDIANTE  
COORDENADAS RECTANGULARES PARA  
OPTIMIZAR LA ADMINISTRACION DE VIVEROS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**

**P R E S E N T A :**

**JORGE NAVARRETE MAYA**

**ASESORES: O.B. LILIAN MORFIN LOYDEN  
ING. FRANCISCO CAMACHO MORFIN**

264837

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.**

**1998.**

**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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AVANZADA DE  
 MEXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen Garcia Mijares  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Estudio del Soleamiento mediante Coordenadas Rectangulares para optimizar la Administración de Viveros".

que presenta el pasante: Jorge Navarrete Maya  
 con número de cuenta: 7725430-6 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 29 de abril de 199 8

PRESIDENTE	<u>Q.B. Lilian Morfin Loyden</u>	
VOCAL	<u>M.C. Ofelia Grajales Muñiz</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Francisco Cruz Pizarro</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Adolfo Ochoa Ibarra</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Gloria Herrera Vázquez</u>	

DEDICATORIAS

A MIS PADRES.

A MIS HERMANAS Y HERMANOS.

A MIS CUÑADAS Y CUÑADOS.

A MIS SOBRINOS Y SOBRINAS.

A MIS TIOS, TIAS, PRIMOS Y PRIMAS.

## AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme permitido, no solo la formación académica, sino también el desarrollo como individuo.

A la FES Cuautitlan como institución formadora y particularmente a los profesores de la carrera de Ingeniería Agrícola, que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Ing. Fransisco Camacho Morfín por su asesoría, orientación, sugerencias, consejos, y ayuda para la realización del presente trabajo.

Al CIFAP D.F por haberme permitido realizar este estudio en sus instalaciones.

A los profesores que integran el jurado cuyas observaciones, sugerencias y recomendaciones fueron valiosas para enriquecerlo y mejorarlo.

A los compañeros de la 6a. generación con quienes conviví cotidianamente.

A todas las personas que contribuyeron de una u otra forma para llevar este trabajo a buen término.

## INDICE

No.	Pag.
1.- RESUMEN .....	1
2.- INTRODUCCION .....	3
3.- OBJETIVOS .....	5
4.- HIPOTESIS .....	6
5.- ANTECEDENTES .....	7
5.1.- La temperatura y la luz en el desarrollo de las plantas.	7
5.2.- Factores que influyen en la temperatura de un lugar ...	9
5.3.- Movimiento de la tierra en el espacio .....	10
5.3.1.- La luz como factor morfogénico en las plantas .....	10
5.3.2.- La temperatura en las plantas .....	13
5.3.3.- Clasificación de las plantas por requerimientos de luz.....	14
5.3.4.- Prácticas para modificar el soleamiento .....	15
5.4.- Inclinação de los rayos solares a lo largo del año ...	17
5.5.- Cartas solares .....	21
5.6.- Construcción de la carta solar cilíndrica .....	24
5.7.- Estudio de las obstrucciones solares .....	26
5.8.- Orientación de las cartas solares .....	29
6.- METODOLOGIA .....	31
6.1.- Areas de estudio .....	31
6.1.1.- Ubicación .....	31
6.1.2.- Descripción .....	32
6.2.- Secuencia metodológica.....	34
6.2.1.- Trabajos de campo .....	34
6.2.1.1.- Orientación .....	36

6.2.1.2.- Levantamiento .....	36
6.2.1.3.- Puntos de muestra .....	36
6.2.1.4.- Lecturas de coordenadas de los obstáculos .....	38
6.2.2.- Trabajos de gabinete .....	40
6.2.2.1.- Generales .....	40
6.2.2.1.1.- Cálculo de coordenadas solares .....	40
6.2.2.1.2.- Dibujo del diagrama solar .....	41
6.2.2.2.- Particulares .....	41
6.2.2.2.1.- Dibujo del plano .....	41
6.2.2.2.2.- Comparación de las coordenadas solares y de los obstáculos .....	41
6.2.2.2.3.- Diseño y evaluación de las formas de representar el soleamiento .....	41
7.- RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
7.1.- Orientación de las cartas.....	43
7.2.- Intervalo de exploración de azimuts.....	43
7.3.- Altura a realizar las mediciones.....	44
7.4.- Representación del soleamiento en una área.....	44
7.5.- Presentación de resultados.....	45
7.6.- Descripción del soleamiento en el vivero.....	45
7.7.- Plan de manejo del vivero.....	48
8.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
8.1.- Del estudio.....	53
8.2.- De la metodología de estudio.....	54
9.- BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXO I. Localización del norte astronómico con dos métodos solares .....	61

ANEXO II. Construcción del teodólito rústico a partir de la propuesta de Stephenson (1949), con las variaciones que requirió el estudio.....	68
ANEXO III. Consideraciones para el desarrollo del programa de cómputo para cálculo de las coordenadas solares.....	71
Programa diseñado para calcular las coordenadas solares por métodos numéricos .....	77
ANEXO IV. Modificación del diagrama solar para la latitud de interés.....	81
ANEXO V. Diseño y evaluación de formas para representar la información.....	83

## INDICE DE FIGURAS

No.	Pag.
1.- Representación geométrica de la declinación (Tudela, 1982) .....	18
2.- Como aparece el Sol desde la Tierra (Mazria 1983) .....	19
3.- Mapa de la República Mexicana .....	20
4.- Angulos de altura y azimut (orientación) (Mazria 1983) ..	22
5.- Medición del azimut solar (z) (Tudela 1982) .....	22
6.- Medición de la altura solar (h) (Tudela 1982) .....	23
7.- Carta solar cilíndrica (Mazria 1983) .....	25
8.- Gráfico solar completo (Mazria 1983) .....	26
9.- Trazado de la línea de horizonte (Mazria 1983) .....	27
10.- Situación de barreras permanentes (Mazria 1983) .....	28
11.- Localización del C.I.F.A.P.-D.F. ....	31
12.- Plano del vivero .....	33
13.- Plano del vivero mostrando la distribución de los puntos de muestra .....	37
14.- Plano del vivero mostrando el cambio del soleamiento al eliminar árboles .....	50
15.- Método propuesto por Beltrán de Quintana (1987) .....	62
16.- Método propuesto por Stephenson (1949) modificado de acuerdo con John y Reiger (1989) .....	62
17.- Trazos para determinar el ángulo entre la línea norte sur geográfica y la línea de referencia .....	64
18.- Teodolito rustico empleado .....	69
19.- Diagrama solar modificado para la latitud intertropical .	82
20.- Diagramas solares .....	84

21.- Plano puntual por mes .....	88
22.- Método para interpolación de valores en el trazo de isolíneas .....	89
23.- Isolíneas horarias mensuales .....	91
24.- Isolíneas clasificadas mensuales .....	92
25.- Isolíneas clasificadas estacionales .....	94
26.- Isolíneas clasificadas de meses adyacentes .....	97

## INDICE DE CUADROS

No.	Pag.
1.- Calidad y efecto de la radiación solar .....	12
2.- Períodos con soleamiento desde el norte en varias latitudes del hemisferio boreal .....	21
3.- Diagrama de la secuencia metodológica y actividades colaterales para desarrollar un método de estudio del soleamiento en un vivero .....	35
4.- Ejemplo de llenado del formato para la toma de datos ....	39
5.- Clasificación de áreas de soleamiento .....	46
6.- Clasificación de la duración del soleamiento y posibilidad de uso de las áreas .....	48
7.- Medidas obtenidas para los dos métodos y las dos fechas .	65
8.- Angulos obtenidos en los dos métodos y en las dos fechas	65
9.- Declinaciones esperadas en los cambios de estación .....	74
10.- Coordenadas solares calculadas para las fechas críticas .	75
11.- Coordenadas solares calculadas para la latitud 19° 21' para todos los meses con el programa diseñado .....	76
12.- Luz del sol disponible por punto y mes en el vivero .....	86
13.- Clasificación de la duración del soleamiento en horas y porcentaje .....	90
14.- Soleamiento por áreas de crecimiento en fechas críticas .	96
15.- Clasificación de áreas de soleamiento (se repite) .....	98
16.- Evaluación de las formas de representar la información ..	99

## INDICE DE FORMULAS

No.	Pag.
1.- Unidades calor .....	14
2.- Unidades fototérmicas .....	14
3.- Elevación .....	23
4.- Azimut .....	23
5.- Para obtener el ángulo con la línea de referencia .....	65
6.- Angulo horario "K" .....	72
7.- Fotoperiodo .....	72
8.- Hora del amanecer .....	72
9.- Hora del ocaso .....	72
10.- Hora correspondiente .....	72

## 1 RESUMEN

El soleamiento, que es la parte del día en la cual no se interpone ningún obstáculo sólido en la dirección de la luz solar, como la vegetación, el relieve o alguna edificación. Esta variable rara vez se considera en agroclimatología; sin embargo, es determinante del crecimiento vegetal, cuando se tienen obstrucciones, lo que es frecuente en jardines, huertas y viveros. En México es común que estos últimos se doten de numerosos árboles, los que generan áreas sombreadas que pueden limitar el crecimiento de las plantas, y ocasionar en ellas un desarrollo desigual. En el presente trabajo se desarrolló y aplicó un método agronómico para estudiar el soleamiento en viveros, que consistió en: a) Levantamiento topográfico del vivero del C.I.F.A.P.-D.F. Coyoacan por triangulación, y se orientó con métodos solares; b) Determinación de elevaciones y azimuts de los obstáculos al soleamiento en 49 puntos en el vivero, para lo que se utilizó un "Teodolito autoconstruible" diseñado para medir a la altura en que crecen las plantas; c) Graficación de los datos en coordenadas rectangulares, con los ángulos solares mensuales del lugar de estudio; cuyo cálculo requirió desarrollar un programa de cómputo diseñado con esta finalidad; d) Determinación de la duración del soleamiento en cada punto; e) Representación y evaluación del comportamiento del soleamiento mediante varias propuestas gráficas, que incluyen trazo de isolíneas y clasificación de sitios por la duración del soleamiento.

En cuanto al vivero del C.I.F.A.P.-D.F. se encontró que para el período de diciembre casi toda su superficie tiene un soleamiento insignificante, menor de 1.5 horas, y una pequeña porción con un soleamiento medio entre 4.5 y 7.5 horas; en el resto del año, en una mitad del vivero el soleamiento es medio y en la otra insignificante. Se determinó que es posible mejorar la disponibilidad lumínica, eliminando obstáculos como setos y ramas de árboles y así tener más superficie para el desarrollo de las plantas.

Se discutió el uso de las áreas del vivero con base en la disponibilidad de luz para diferentes labores como: preparación de mezclas, llenado de envases, trasplantes, injertos, almacigos, crecimiento de plantas con diferentes requerimientos de sol, endurecimiento de plantas, asoleaderos para el secado de conos, entre otras.

## 2 INTRODUCCION

Desde tiempos remotos el hombre se ha preocupado por el lugar donde habita, desde el punto de vista del confort que le puede ofrecer éste, proporcionándole abrigo contra las condiciones ambientales adversas como son: las lluvias, vientos o temperaturas extremas. Por esto los arquitectos se han ocupado de estudiar los factores que afectan una edificación, entre ellos, particularmente, la orientación de las construcciones, para que el sol le proporcione luz y temperatura adecuadas en el día y en el transcurso del año. Ellos se auxilian con el cálculo de cartas solares que describen como es el movimiento relativo del sol, durante el día y a través del año, con respecto a un lugar determinado de la tierra.

Estos cálculos son muy importantes para cualquier tipo de construcción, incluyendo las empleadas para usos agropecuarios, como son: invernaderos, jardines, viveros, almacenes, establos o cualquier otra para la crianza de animales.

Sin embargo no se ha planteado la utilización de las cartas solares para el diseño y administración de viveros, huertos y experimentos; en los que se tienen frecuentemente obstáculos o barreras, como árboles, arbustos o construcciones, que por su cercanía o altura impiden el paso de los rayos solares provocando diferentes sombras durante el día y en el transcurso del año, sobre la superficie de interés (Camacho, 1989).

Este fenómeno no es exclusivo de las áreas urbanas o espacios reducidos, ya que como señala Barry y Chorley (1972) cuando

nos limitamos a considerar estos fenómenos a escala local, observamos que incluso las diferencias de elevación del terreno, la orientación de su superficie, repercuten de manera sorprendente en la cantidad de insolación recibida. En ocasiones el relieve del terreno influye también en la cantidad de insolación y en el tiempo de exposición al haz solar directo, pues existen campos de cultivo o parcelas ubicadas en laderas o cerca de accidentes topográficos, lo que afecta su período de soleamiento por su posición o por la cercanía a los obstáculos.

Es de interés conocer el tiempo de disponibilidad de luz solar en una superficie, pero también es importante saber como llegan los rayos solares a una área determinada, esto es su inclinación; porque en ocasiones se necesita orientar plantaciones, proteger plantas o productos agropecuarios de la radiación solar directa, para su mejor desarrollo o conservación.

También es necesario obtener estos datos de duración e inclinación de los rayos solares para el emplazamiento de aparatos en estaciones meteorológicas o bien para el aprovechamiento de la energía solar directa con calentadores, secadores o paneles solares.

En el presente trabajo se desarrollaran métodos y apoyos que requiera el Ingeniero Agrícola para el manejo de aparatos y vegetación de acuerdo con la disponibilidad de la luz solar. Se abarca el desarrollo de un programa de cómputo para los cálculos requeridos, el diseño de un aparato para hacer las mediciones, la representación gráfica de resultados y un ejemplo de aplicación.

### 3 OBJETIVOS

-Elaborar un programa de cómputo para el cálculo de coordenadas solares

-Calcular la carta solar para la latitud donde se encuentra el área de estudio, por métodos numéricos, empleando el programa anteriormente elaborado.

-Realizar el diagrama solar de coordenadas rectangulares correspondiente con la latitud de interés.

-Definir una metodología práctica para hacer los levantamientos del soleamiento.

-Determinar el soleamiento del área de estudio.

#### 4 HIPOTESIS

Si conocemos la duración del período de iluminación directa del sol, así como el comportamiento de las sombras proyectadas sobre el área de plantación, será posible planificar el uso del terreno y su operación a lo largo del año.

## 5 ANTECEDENTES

### 5.1 RADIACION SOLAR

La radiación solar es prácticamente la fuente de toda la energía para los procesos físicos y biológicos que ocurren en la tierra. Se puede decir que la agricultura explota esta energía al suministrar adecuadamente y en forma conjunta agua y nutrimentos para el desarrollo de las plantas. (Villalpando, 1985).

A continuación definimos varios conceptos básicos:

1.-Energía radiante. Energía que viaja en forma de ondas electro-magnéticas y es medida en calorías, watts, etc. (Villalpando, 1985).

2.-Flujo radiante. Cantidad de energía radiante emitida o recibida por unidad de tiempo (Villalpando, 1985).

3.-Densidad de flujo radiante. Flujo de energía solar por unidad de superficie, expresado en  $\text{cal/cm}^2/\text{min}$ ,  $\text{watts/m}^2$ , etc. (Villalpando, 1985).

4.-Radiación solar. Proceso por el cual la energía solar es transferida de un sitio a otro a la velocidad de la luz (Villalpando, 1985).

5.-Radiación solar directa. Esta es la que se recibe cuando los rayos solares inciden directamente desde el sol.

6.-Radiación solar difusa. Esta es el resultado de la reflexión y dispersión de los rayos solares, a ella corresponden entre otras las primeras luces antes de la salida del sol (De Fina y Ravelo, 1975).

7.-Radiación solar global. Es la suma de las dos radiaciones anteriores, la directa y la difusa (Villalpando, 1985).

8.-Constante solar. Cantidad de energía recibida en el límite de la atmósfera terrestre sobre una superficie perpendicular a los rayos solares en un  $\text{cm}^2/\text{min}$ , cuyo valor es  $2 \text{ cal}/\text{cm}^2/\text{min}$ . (Villalpando, 1985).

9.-Insolación. Duración del asoleamiento intenso de luz o sea el número de horas que alumbra el sol durante el día; esto es menor que el fotoperiodo debido a la nubosidad del día y a la baja intensidad de la radiación oblicua del alba y del ocaso (Torres, 1984). La "fracción de insolación" es el número dado por la relación entre la insolación real y la que habría si no hubiera nubosidad. La insolación real se puede medir con el heliógrafo. Éste se monta en un lugar despejado, en el cual no puedan ocultar el sol los obstáculos próximos, a ninguna hora. (Ayllon y Gutiérrez, 1983).

10.-Duración del día o fotoperiodo. Este periodo abarca desde la salida del sol hasta la puesta del sol; depende de la latitud y época del año, y es igual para todos los puntos de la misma latitud en la misma época. (Villalpando, 1985).

11.-Soleamiento. Para nuestro estudio agregamos este concepto y lo definimos como la parte del día en la que no se interpone en la dirección de la luz solar ningún obstáculo sólido, como la vegetación, el relieve o las edificaciones (Camacho y Navarrete, 1991).

Aproximadamente 99% de la radiación solar que llega a la superficie de la tierra es de una longitud de onda que va de 0.28

a 4.0 micrones. La radiación solar comprendida entre la banda de 0.40 a 0.70 micrones es la utilizada en la fotosíntesis (Shaw, 1982 citado por Villalpando, 1985). Ésta corresponde al rango de rayos visibles

## 5.2 FACTORES QUE AFECTAN LA RADIACION SOLAR.

Existen diferentes factores determinantes de la cantidad de energía solar que se recibe en cualquier punto de la tierra. Villalpando (1985) considera estos tres:

1.-Inclinación de los rayos solares.

Con rayos perpendiculares o verticales mayor energía. Con rayos oblicuos o inclinados menor energía.

2.-Duración del día o fotoperiodo.

3.-Transparencia de la atmósfera.

Al pasar a través de la atmósfera, la radiación solar disminuye por elementos como ozono, CO<sub>2</sub>, vapor de agua, contaminantes, partículas diversas, etc., los cuales reducen su intensidad de 2 cal/cm<sup>2</sup>/min a aproximadamente 1.34 cal/cm<sup>2</sup>/min, al nivel del mar.

En el presente trabajo incluimos el factor obstáculos sólidos compuesto por la vegetación, el relieve, o las edificaciones; ya que éste puede causar una disminución importante y heterogénea en la cantidad de energía solar recibida por una superficie determinada, causando así que no se aproveche todo el fotoperiodo disponible.

### 5.3 LA TEMPERATURA Y LA LUZ EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS

La temperatura de un lugar es determinada básicamente por la intensidad y duración de la luz solar.

La temperatura y la luz, en su duración e intensidad, son dos factores determinantes en los diferentes estadios del desarrollo de las plantas; influyen en la germinación, el crecimiento, en el enraizamiento de estacas, en la floración, en el fototropismo y en general en todo el funcionamiento de la planta porque afectan en la fotosíntesis, en la fotorrespiración y en todos los procesos fisiológicos que realizan las plantas (Hartmann y Kester 1985, Grajales y Martínez 1982, y Mesiaen 1979).

#### 5.3.1 LA LUZ COMO FACTOR MORFOGENICO EN LAS PLANTAS.

La morfogénesis puede definirse como la influencia de la luz sobre el desarrollo de las estructuras de las plantas, tiene importantes efectos de este tipo como son, entre muchos otros: tolerancia a la luz, etiolación, fototropismo (Torres, 1984).

La etiolación o ahilamiento se debe a una insuficiente intensidad luminosa y se presenta como un alargamiento de tallos y entrenudos, son largos y delgados con clorosis general y malformación de hojas (Torres, 1984).

El fototropismo se define como la orientación de las partes aéreas de la planta hacia una fuente luminosa (Grajales y Martínez, 1982)

El fotoperiodismo es otro efecto más de la luz; es una respuesta a la duración de los periodos de luz y de oscuridad. Entre los organismos que lo exhiben encontramos: gimnospermas,

angiospermas, insectos, mamíferos, peces, reptiles, aves, etc.  
(Grajales y Martínez 1982)

De acuerdo con estos autores las plantas se clasifican, por su respuesta al fotoperiodo para la floración, en:

1.-Plantas de día corto. Florean con longitudes de día más cortas que cierto máximo.

2.-Plantas de día largo. Florean con longitudes del día mayores a cierta duración crítica.

3.-Plantas de día neutro. Son las que su floración no se ve afectada específicamente por la longitud del día.

4.-Plantas de día intermedio. Florean cuando los días no son ni muy largos ni muy cortos.

5.-Plantas de día corto-largo. Florean con un periodo de días cortos seguido por uno de días largos.

6.-Plantas de día largo-corto. Florean con un periodo de días largos seguido por uno de días cortos.

7.-Plantas anuales y bianuales de invierno. Requieren vernalización seguida de días largos para florear. Las anuales lo hacen como semilla y las bianuales después de la primera estación de crecimiento.

8.-Plantas de día corto obligatorias. Tienen requerimientos exactos para inducir la floración y no lo harán en su ausencia.

9.-Plantas de día corto facultativas. No exhiben una respuesta del tipo "todo o nada", pero florean mejor o más vigorosamente si el día es corto.

Un pigmento fotoreceptor importante para las plantas, es el llamado fitocromo, pues está involucrado en la floración,

germinación, etiolación, así como en la latencia, en los movimientos durmientes de las plantas, en la formación de antocianinas, en el control de la producción de fitohormonas y en todo el crecimiento y desarrollo de las plantas (Grajales y Martínez, 1982).

En el cuadro No.1 se observa el efecto de la luz en sus diferentes longitudes de onda sobre las plantas.

Cuadro No.1. Calidad y efecto de la radiación solar.

BANDA	LONGITUD DE ONDA (cm)	FRECUENCIA ONDAS x SEG.	EFFECTOS SOBRE LAS PLANTAS
UV-A UV-A	$2.8 \times 10^{-5}$ $3.2 \times 10^{-5}$	$1.1 \times 10^{15}$ $9.4 \times 10^{14}$	Detrimetral Detrimetral
VIOLETA	de: $3.7 \times 10^{-5}$ a: $4.4 \times 10^{-5}$	$8.1 \times 10^{14}$ $6.8 \times 10^{14}$	Detrimetral Fototropismo
AZUL	de: $4.4 \times 10^{-5}$ a: $5.0 \times 10^{-5}$	$6.8 \times 10^{14}$ $6.0 \times 10^{14}$	Cambios de viscosidad protoplasma Asimilación de CO <sub>2</sub>
VERDE	de: $5.0 \times 10^{-5}$ a: $5.5 \times 10^{-5}$	$6.0 \times 10^{14}$ $5.5 \times 10^{14}$	Asimilación de CO <sub>2</sub> Asimilación de CO <sub>2</sub>
AMARILLA	de: $5.5 \times 10^{-5}$ $5.7 \times 10^{-5}$ a: $5.9 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^{14}$ $5.3 \times 10^{14}$ $5.1 \times 10^{14}$	Asimilación de CO <sub>2</sub> Incremento en vigor Tamaño y calidad de frutos
ANARANJADO	de: $6.0 \times 10^{-5}$ a: $6.3 \times 10^{-5}$	$5.0 \times 10^{14}$ $4.8 \times 10^{14}$	Asimilación de CO <sub>2</sub> Germinación de semillas y crecimiento de plantas y brotes jóvenes.
ROJA	de: $6.3 \times 10^{-5}$ a: $7.6 \times 10^{-5}$	$4.8 \times 10^{14}$ $3.9 \times 10^{14}$	Germinación de semillas Asimilación de CO <sub>2</sub>
IR-A IR-B	$1.4 \times 10^{-4}$ $3 \times 10^{-4}$	$2.1 \times 10^{14}$ $1.0 \times 10^{14}$	Temperatura Temperatura

(Modificado de Torres, 1984).

### 5.3.2 LA TEMPERATURA EN LAS PLANTAS.

La temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que las altas (hasta un cierto límite) lo aceleran y, acortan el ciclo vegetativo de las plantas (Villalpando, 1985).

Las temperaturas óptimas para los diferentes grupos de plantas según su mecanismo de fotosíntesis son: C-3 15-25°, C-4 30-40° y las CAM 35° (Grajales y Martínez, 1982).

Para que el uso de la temperatura tenga significado sobre el desarrollo de los cultivos, ésta tiene que expresarse en forma de parámetros agroclimáticos como: unidades calor, unidades fototérmicas, unidades frío, etc. (Villalpando, 1985).

Para describir la influencia de la temperatura sobre la fenología de las plantas se usa el concepto de suma de temperaturas, más conocido como unidades calor (Villalpando, 1985).

Este concepto postula que el crecimiento y desarrollo de un cultivo dependen de la cantidad de calor que las plantas reciben. Esto quiere decir que un cultivo alcanzará una determinada etapa fenológica cuando haya recibido cierta cantidad de calor, independientemente del tiempo requerido para ello. Las unidades calor han sido ampliamente usadas, ya que su cálculo y aplicación es muy fácil. El éxito de este concepto depende de la estrecha relación existente entre temperatura y radiación solar, temperatura y fotoperiodo, y la adaptación de variedades a fotoperiodos locales. (Hodges y Doraiswamy, 1979. citados por

Villalpando, 1985).

Villalpando (1985) menciona entre los índices para calcular las unidades calor, el residual; el cual acumula unidades calor arriba de una cierta temperatura base. Su fórmula básica es:

$$U.C. = (T \text{ max} + t \text{ min})/2 - T \text{ base} \dots\dots\dots 1$$

Donde:

U.C. = Unidades calor.

T max = Temperatura máxima diaria.

T min = Temperatura mínima diaria.

T base = Temperatura base.

Para cuantificar la interacción de temperatura y el fotoperiodo, sobre el desarrollo de las plantas, el concepto de unidades calor se ajustó combinándose con la longitud del día. De esta forma se obtuvieron los índices heliotérmicos o unidades fototérmicas cuya fórmula es: (Villalpando, 1985).

$$UFT = (U.C. \times F)/10 \dots\dots\dots 2$$

Donde:

UFT = Unidades fototérmicas.

U.C. = Unidades calor.

F = Fotoperiodo.

### 5.3.3 CLASIFICACION DE LAS PLANTAS POR REQUERIMIENTOS DE LUZ

Una forma de clasificar a las plantas es por la intensidad de luz, según los rangos en los que prosperan mejor, de acuerdo con Torres (1984) y Font Q. (1985) tenemos:

- a) Plantas heliófilas o fotófilas. Requieren abundante luz solar.
- b) Plantas hemisciófilas. Prefieren la media sombra.

- c) Plantas umbrófilas o esciófilas. Requieren la sombra
- d) Plantas indiferentes. No tienen un requerimiento específico.

#### 5.3.4 PRACTICAS PARA MODIFICAR EL SOLEAMIENTO.

Las plantas tienen diferentes requerimientos dependiendo de su especie y/o variedad para un buen desarrollo y producción (Barnabe y Cretti, 1983 y Mesiaen, 1979).

Algunas veces es necesario variar una o más características del ambiente donde se desarrollan las plantas; para protegerlas contra una elevada insolación y temperatura. Una práctica usual es el establecimiento de sombreaderos cuando por sus características no pueden estar a pleno sol, son muy pequeñas o no están adaptadas todavía a la fuerte radiación solar (Hartmann y Kester, 1985).

Estas protecciones pueden ser temporales o permanentes como para algunas plantas de jardín que requieren continuamente, media sombra (Barnabe y Cretti, 1983).

El cacao joven requiere en sus primeros estadios, para un crecimiento óptimo, una sombra densa que permita el paso de 25 a 50% de la luz total; conforme se va desarrollando aumenta el autosombraje por lo que se debe aumentar el paso de luz gradualmente y con precaución, hasta tener entre 50 y 75% de la luz total (Braudeau, 1970).

En el café se ha discutido mucho sobre la necesidad de la sombra en el cultivo, en términos generales, ésta tiene una acción moderadora sobre la inducción floral y sobre la fructificación, reduce también la evapotranspiración y la

transpiración, y permite al cafeto soportar mejor los periodos de sequía prolongados. Se ha observado que son superiores las producciones en las plantaciones poco o nada sombreadas, con la condición expresa de realizar un cultivo intensivo muy cuidadoso, en cuanto al mantenimiento, podas, fertilización, riegos, etc. (Coste, 1980).

Calderón (1985) recomienda medias sombras para la mejor propagación de árboles de hoja perenne.

Flores (1973) observó que en la propagación de *Pinus halepensis* en el estado de Chihuahua, en dos viveros oficiales de la S.A.G.: "Lázaro Cárdenas" y "Las Vírgenes", las plantas se encontraban muy sombreadas por cortinas de árboles, y en el de "Las Vírgenes" además se colocaron, fajillas de madera que hicieron sombra excesiva, lo que provocó la producción de plantas débiles y vulnerables a los rayos directos del sol.

Para contrarrestar esto recomendó: un periodo de endurecimiento de la planta a sol directo restringiendo el riego y podando raíces para las de 15 o más centímetros de altura en el vivero "Las Vírgenes"; en el "Lázaro Cárdenas" recomendó suprimir también árboles adultos que daban demasiada sombra.

Para siembras futuras propuso que los canteros de crianza solo reciban media sombra, del mediodía en adelante en forma natural, no artificial.

En experimentos realizados en vivero, frecuentemente se emplean diseños completamente al azar, pues se considera que no hay gradientes de radiación a lo largo de las áreas de crecimiento de los viveros, ya que son relativamente pequeñas. No

obstante, Terrazas (1990) tuvo que emplear un diseño de bloques al azar que seguía el gradiente de disponibilidad de luz solar a lo largo de una cama de siembra en vivero, la cual registró un gradiente de temperatura en suelo entre los extremos y el centro, resultando más baja en los extremos.

En cuanto a la instalación de invernaderos domésticos para cultivo de hortalizas, Wolf (1980) recomienda que se orienten al sur y que reciban sol total de 9.00 a 15.00 hrs. en invierno.

#### 5.4 INCLINACION DE LOS RAYOS SOLARES A LO LARGO DEL AÑO

En los estudios de soleamiento se establece la posición del sol en el firmamento para conocer la dirección con que llegan los rayos solares a la tierra (Beltran de Q.1987). Dicha posición se ubica, por un ángulo de elevación que va de 0 a 90 grados y otro horizontal, el azimut, cuyos valores oscilan entre 0 y 180 grados; este ángulo se establece con respecto al sur (Camacho y Navarrete, 1991). El valor de dichos ángulos está en función de la latitud del lugar, del tiempo y la declinación solar; ésta última es el ángulo utilizado en el estudio de los movimientos de los astros en el espacio (fig. 1) y, forma entre el plano de la eclíptica y el plano del ecuador del planeta, un semiplano que pasa por el centro del sol o algún otro astro. (Tudela, 1982)

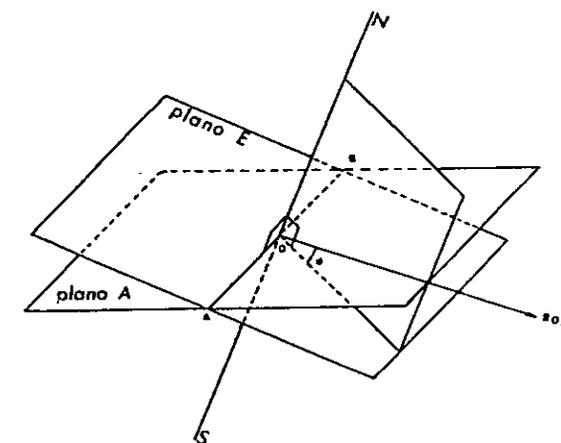
La declinación varía a lo largo del año, tiene un valor de cero en los equinoccios, de  $23^{\circ}27'$  en el solsticio de verano y es su máximo valor positivo, y de  $-23^{\circ}27'$  en el solsticio de invierno siendo su máximo valor negativo.

La rotación y traslación combinadas con la inclinación del

eje Norte-Sur geográfico de la tierra dan origen a cambios en la declinación, lo que a su vez causa variación en la duración de los días en las diferentes latitudes a lo largo del año; así como a la diferente incidencia de los rayos solares sobre la esfera terrestre en el transcurso del año: Este comportamiento da pauta a las estaciones y climas del planeta junto con otros factores.

Fig.2

Figura 1. Representación geométrica de la declinación (de Tudela 1982).

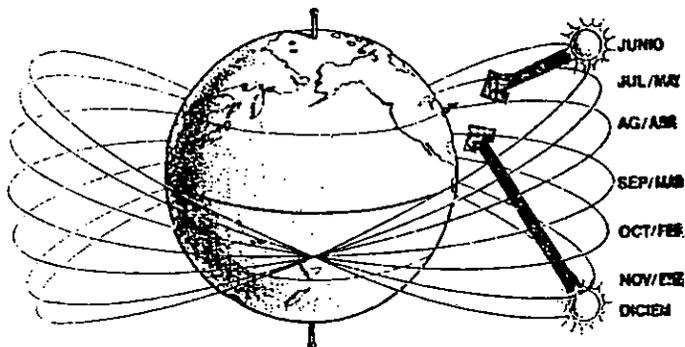


Plano A: Plano de la eclíptica  
 Plano E: Plano del ecuador  
 d: Declinación (positiva, en este caso)

En el hemisferio norte y en el periodo correspondiente a otoño e invierno, en que la declinación es negativa, los rayos solares se reciben con una tendencia sur durante todo el día.

En la parte restante del año, primavera verano, cuando la declinación es positiva y siempre y cuando sea menor a la latitud, los rayos solares registran ángulos de elevación

Figura 2. Como aparece el sol desde la Tierra (de Mazria 1983).



grandes; pero el sol nunca está en el cenit.

El azimut tiene una componente norte al amanecer y al ocaso, el resto del día el sol se recibe con una tendencia sur, esto se puede constatar viendo los diagramas de Becerril (1987) y de Mazria (1983).

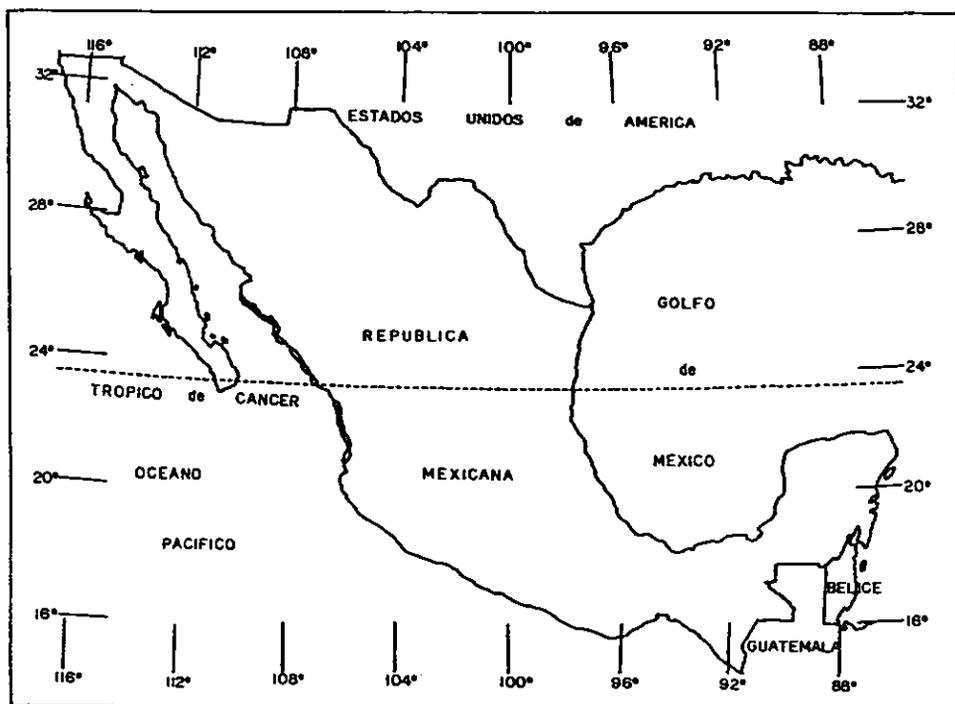
En el mismo hemisferio, cuando la declinación es mayor a la latitud los rayos solares se reciben con una tendencia norte durante todo el día Becerril (1987), Plazola y Plazola (1980), Beltran de Q (1987). Este periodo es variable según la latitud en cuestión (cuadro No.2).

En este mismo periodo y en latitudes intertropicales el sol llega a alcanzar el cenit entre los equinoccios y el solsticio de verano; esto es, que ocurre en dos ocasiones al año. En los trópicos solamente en una ocasión se tiene al sol en el cenit.

La Republica Mexicana se encuentra dividida casi a la mitad por el Trópico de cáncer, que es el paralelo  $23^{\circ}27'$  de latitud norte. Por esta razón la parte del territorio que va de los

14°33'LN a los 23°27'LN está dentro de la zona intertropical y la que va de los 23°27'LN a los 32°43'LN pertenece a la zona templada. (Sánchez, 1974 y Atlas de México y el Mundo, 1978) (Fig.3)

Figura 3. Mapa de la República Mexicana.



Cuadro No.2. Periodos con soleamiento desde el norte en varias latitudes del hemisferio boreal. Desarrollado con base en el Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, UNAM(1990).

Latitud	Días en que la declinación es igual a la latitud	Lapso en que el sol ilumina desde el norte(días)
15°00'	may 1 y ago 12	104
16°00'	may 4 y ago 8	97
17°00'	may 7 y ago 5	91
18°00'	may 11 y ago 1	83
19°00'	may 15 y jul 28	75
20°00'	may 20 y jul 23	65
21°00'	may 25 y jul 18	55
22°00'	may 31 y jul 12	43
23°00'	jun 10 y jul 2	23
19°21'	may 17 y jul 26	71

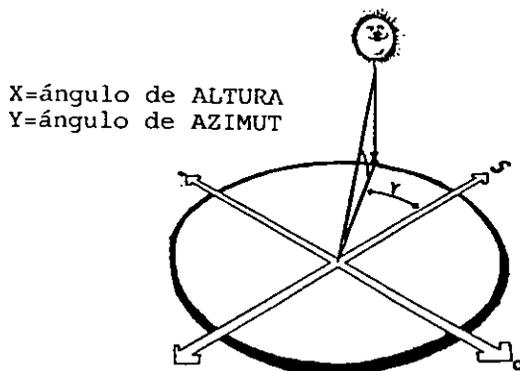
### 5.5 CARTAS SOLARES

De lo anterior se desprende que es necesario conocer, el periodo de iluminación de un lugar, el ángulo de inclinación o de incidencia de los rayos solares y la continuidad de la radiación principalmente.

Es posible conocerlos con el cálculo, construcción y lectura o interpretación de las cartas solares, que dan la información de la posición del Sol en la bóveda celeste a lo largo del año. Por medio de las coordenadas solares que están dadas por un ángulo horizontal, de orientación o azimut y un ángulo vertical, de elevación o altura. (Fig. 4)

Estos datos se obtienen para un punto terrestre determinado

Figura 4. Angulos de altura y azimut (orientación) (Mazria 1983).

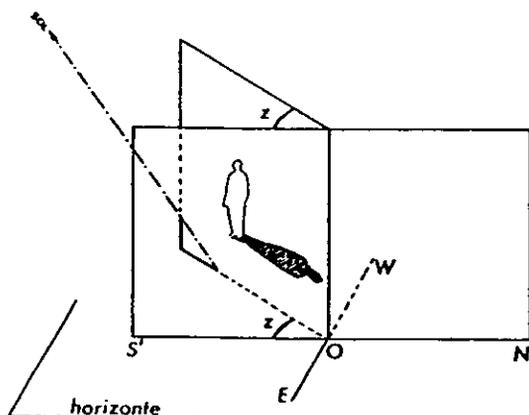


por su latitud y longitud geográficas.

Para elaborar las cartas solares es necesario conocer cuáles son : el azimut, la elevación y la declinación.

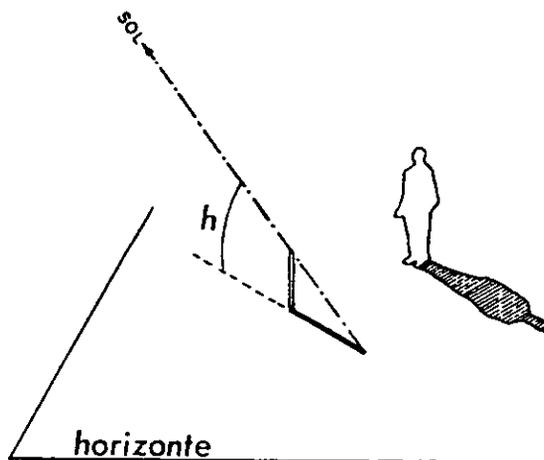
El azimut solar ( $z$ ) es el ángulo que forma el plano vertical que contiene al Sol y el plano meridiano del lugar. Se toma desde el Sur al Este o al Oeste (Fig.5) que es como lo toman los astrónomos (Becerril 1987).

Figura 5. Medición del azimut solar ( $z$ ) (Tudela 1982).



El ángulo vertical ( $h$ ) que es la elevación del sol y está formado por el horizonte de un lugar y un radio de la esfera celeste que pasa por el Sol. (Fig. 6 )

Figura 6. Medición de la altura solar ( $h$ ) (Tudela 1982).



Tudela (1982) recomienda determinar las coordenadas solares por métodos numéricos con las siguientes fórmulas:

$$\text{sen } h = (\cos L \cdot \cos d \cdot \cos T) + (\text{sen } L \cdot \text{sen } d) \dots\dots\dots 3$$

$$\text{sen } z = (\cos d \cdot \text{sen } T) / \cos h \dots\dots\dots 4$$

donde:

L = latitud

h = elevación

d = declinación

z = azimut

T = ángulo horario

En ambos casos los ángulos se manejan en grados sexagesimales con los minutos, segundos y fracciones de segundo expresadas en el sistema decimal.

Para obtener los ángulos de azimut y elevación hay que

aplicar el arco seno o función inversa del seno

Camacho (1989) evaluó los resultados obtenidos por métodos numéricos con los reportados por Becerril (1987) realizados con el método gráfico y encontró que para tener resultados similares se debe:

1.-Utilizar sólo el valor absoluto de T, esto es siempre positivo.

2.-Restar 180 a los arcos senos de la fórmula 4 para los azimuts de la mañana, antes que  $z = 90^\circ$  y de los de la tarde después de que  $z = 90^\circ$ , cuando la declinación es positiva o menor o igual a la latitud.

3.-Restar de 180 los arcos senos de la fórmula 4 para todas las horas del día, cuando la declinación supera a la latitud.

4.-Los azimuts se obtienen como lo señala Becerril (1987).

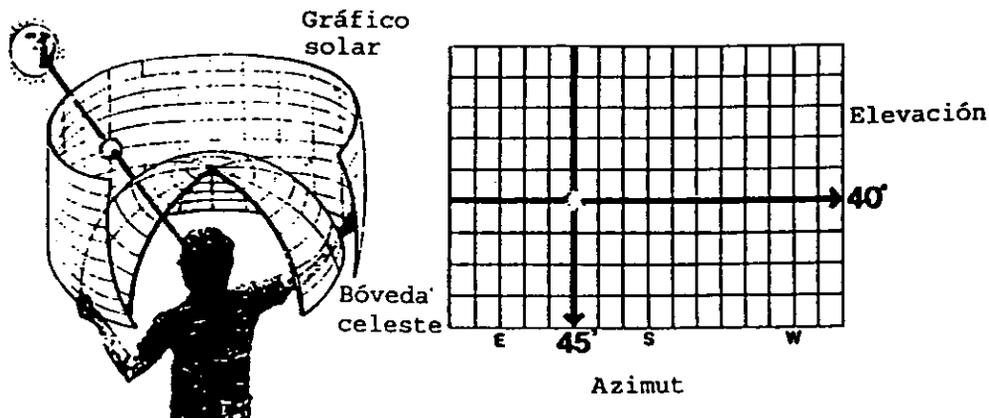
Los valores diarios de la declinación se pueden obtener de las efemérides solares del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional, del año que se necesite, aquí consultamos el de 1990 y el de 1997.

#### 5.6 CONSTRUCCION DE LA CARTA SOLAR CILINDRICA

Tudela (1982) dice que la carta de proyección ortogonal es la básica y de ella, derivan las otras. Otra carta es la cilíndrica, más práctica para conocer las obstrucciones al sol (Mazria 1983, Bardou y Arzoumanian 1980, y Wolf, 1980). (fig. 7)

Una vez realizados los cálculos con las fórmulas 3 y 4 de las coordenadas solares se elabora el diagrama solar de coordenadas rectangulares, como lo explica Mazria (1983).

Figura 7. Carta solar cilíndrica (Mazria 1983).



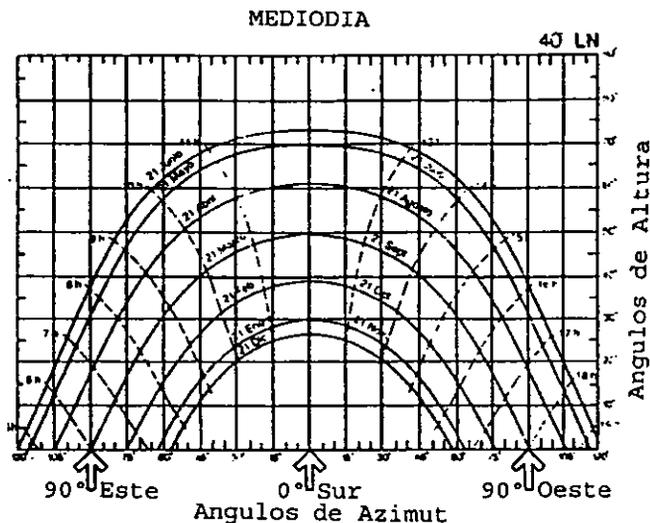
Sobre el eje horizontal se indican las lecturas o valores de azimut solar y en el eje vertical, las lecturas o valores de la altura solar, teniendo como punto de partida los cero grados del horizonte.

Cuando conocemos estos dos valores es posible localizar la posición del sol en cualquier punto del cielo. Si se unen los puntos de posición del Sol para las diferentes horas del día se tiene su trayectoria, y en la misma forma se pueden dibujar las trayectorias para cualquier día del año. Finalmente, si se unen las mismas horas del día de cada trayectoria solar para una latitud dada se obtienen las líneas de las horas del día, completando el gráfico solar. (Fig.8)

Las horas del gráfico solar corresponden a la hora solar y pueden ser diferentes a la hora oficial hasta por 75 minutos, según la localización y hora del día. Sin embargo para nuestro estudio, lo importante es la duración del periodo en que se

cuenta con iluminación directa del sol, por lo que no hace falta transformar las horas solares a oficiales.

Figura 8. Gráfico solar completo (Mazria 1983).



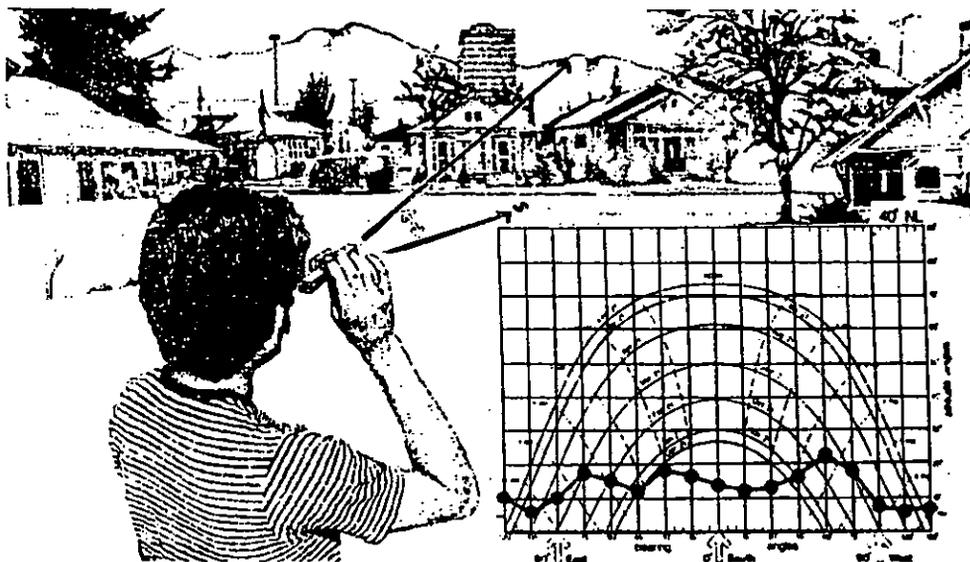
### 5.7 ESTUDIO DE LAS OBSTRUCCIONES SOLARES

Mazria (1983) dice que para hacer el levantamiento de la línea de horizonte y de los obstáculos se anotan los azimuts y ángulos de elevación de la siguiente forma:

- 1.- Determinar en que dirección está el sur verdadero, utilizando la Brújula o el Goniómetro.
- 2.- Orientar el Nivel o el Goniómetro al Sur, determinar la altura sobre la horizontal de la línea de horizonte y dibujar este punto en el gráfico solar sobre el ángulo de azimut cero (Sur verdadero).
- 3.- De forma similar, determinar y registrar los ángulos de

altura de la línea de horizonte cada  $15^\circ$  (azimuts) al Este y al Oeste del Sur verdadero, hasta llegar a los  $120^\circ$ . Dibujar estas alturas sobre sus respectivos ángulos de azimut en el gráfico solar y unirlos con una línea (Fig.9).

Figura 9. Trazado de la línea de horizonte (Mazria 1983).



4.- Para objetos aislados altos que tapan el sol en invierno, como árboles altos, tomar el azimut y la altura de cada uno y representarlo en el gráfico (Fig.10).

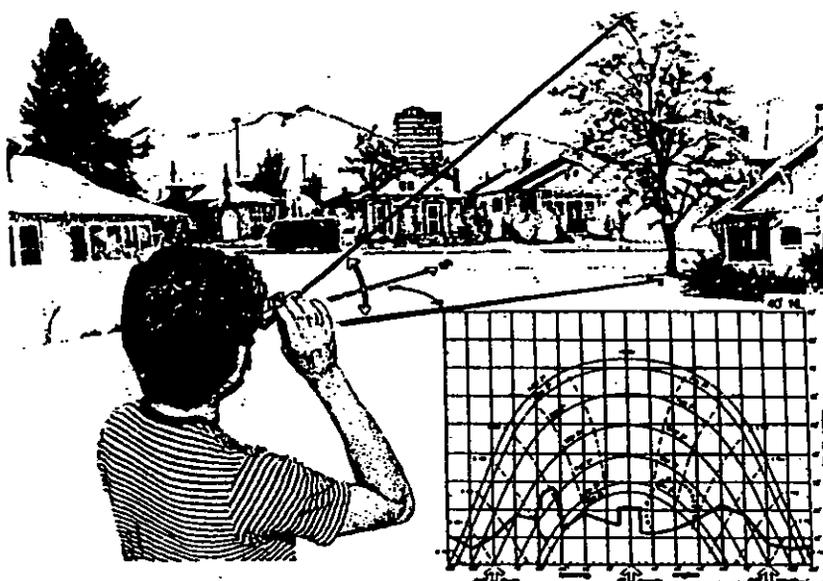
5.- Por último, trazar el perfil de los árboles de hoja caduca sobre el gráfico con una línea de trazos; ya que, éstos pierden sus hojas en invierno y dejan pasar los rayos solares.

Así obtenemos la línea de horizonte y de los obstáculos; la trayectoria solar que pasa sobre la línea del horizonte y esto

permite determinar las horas en que el sol incide en el punto estudiado.

En cuanto a los aparatos para realizar el levantamiento, Mazria (1983) propone usar un goniómetro o una brújula para los ángulos de azimut y un nivel con dispositivo angular para medir los ángulos de altura. Tudela (1982) dice que es factible usar un teodolito para determinar estas coordenadas. Wolf, (1980) mide el ángulo de azimut colocando, en el suelo sobre la línea Norte-Sur, un transportador y con una maderita apunta al obstáculo desde su centro, la elevación la mide también con un transportador que tiene colgada de su centro una cuerda con una plomada o un objeto pesado que haga la misma función, lo apunta a la parte superior del obstáculo y así tiene el valor del ángulo.

Figura 10. Situación de barreras permanentes (Mazria 1983).



### 5.8. ESTUDIOS TECNICOS COMO PARTE DE LA ADMINISTRACION

Administrar es el acto de combinar ideas, procesos, materiales y recursos con las personas que producen o venden bienes o servicios (Aguilar, 1989).

La administración, por las actividades en las que realiza efectivamente, tiene las siguientes "funciones administrativas": Planeación, Organización, Integración, Dirección y Control (Aguilar, 1989).

La planeación es el inicio en toda técnica administrativa; consiste en pensar, juzgar y decidir sobre las demás funciones de la administración, es un proceso reflexivo para elegir la mejor alternativa para lograr los objetivos de la empresa; es la preparación para el trabajo y no la ejecución de éste. Cuanto mejor sea la planeación mejores serán las acciones subsecuentes. Dentro de esta función están las siguientes etapas y actividades: elaboración y determinación de los objetivos, de la previsión, de las políticas, de los programas y de los procedimientos. Esta última actividad incluye los estudios de mercado, financiero, y de ingeniería del proyecto y estudio técnico (Aguilar, 1989).

Este último agrupa los procedimientos de la fase técnica, la cual incluye en sus aspectos básicos, los ensayos e investigaciones preliminares, ya sea para construcciones o para la implantación de cultivos; estos abarcan cuestiones de naturaleza variable como: análisis del tipo de suelo, recursos naturales aprovechables, índices de agostadero, enfermedades agrícolas o pecuarias en la zona, precipitación, temperaturas, etc. (Aguilar, 1989)

En la producción de plantas en un vivero existen diferentes actividades o trabajos que podemos llamar de campo; éstas como todas deben planearse para tener mejores resultados, algunas son: la preparación de sustratos o sus mezclas, el establecimiento de almacigos o el llenado de envases donde se colocarán los propágulos o las plantas, la realización de trasplantes, la injertación, el secado de conos para obtener semilla, establecer las plantas en el medio adecuado a sus necesidades o requerimientos, el aclimatar o endurecer las plantas para que resistan las condiciones existentes cuando y en donde se trasplanten definitivamente,

Algunas de estas actividades necesitan disponer de luz solar para su adecuado desarrollo; para otras en cambio, la luz del sol no es determinante.

## 6 METODOLOGIA

## 6.1 AREA DE ESTUDIO

## 6.1.1 Ubicación.

El estudio de soleamiento se realizó en el vivero que pertenece al Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Distrito Federal, ubicado en la Avenida Progreso No 5. Al sur del vivero de Coyoacán (figura 11).

Figura 11. Localización del C.I.F.A.P.-D.F.



Como se observa en la figura 11 está delimitado por las avenidas Progreso, Universidad y México, las calles Melchor Ocampo e Ing. G. Pérez Valenzuela y el callejón de las Artes, en la colonia El Carmen, Delegación de Coyoacan, D.F.

El CIFAP-D.F. está situado a los  $19^{\circ}21'$  de latitud norte y  $99^{\circ}10'$  de longitud Oeste de Greenwich. Su altura sobre el nivel del mar es de 2250m, SPP (1982).

#### 6.1.2 Descripción.

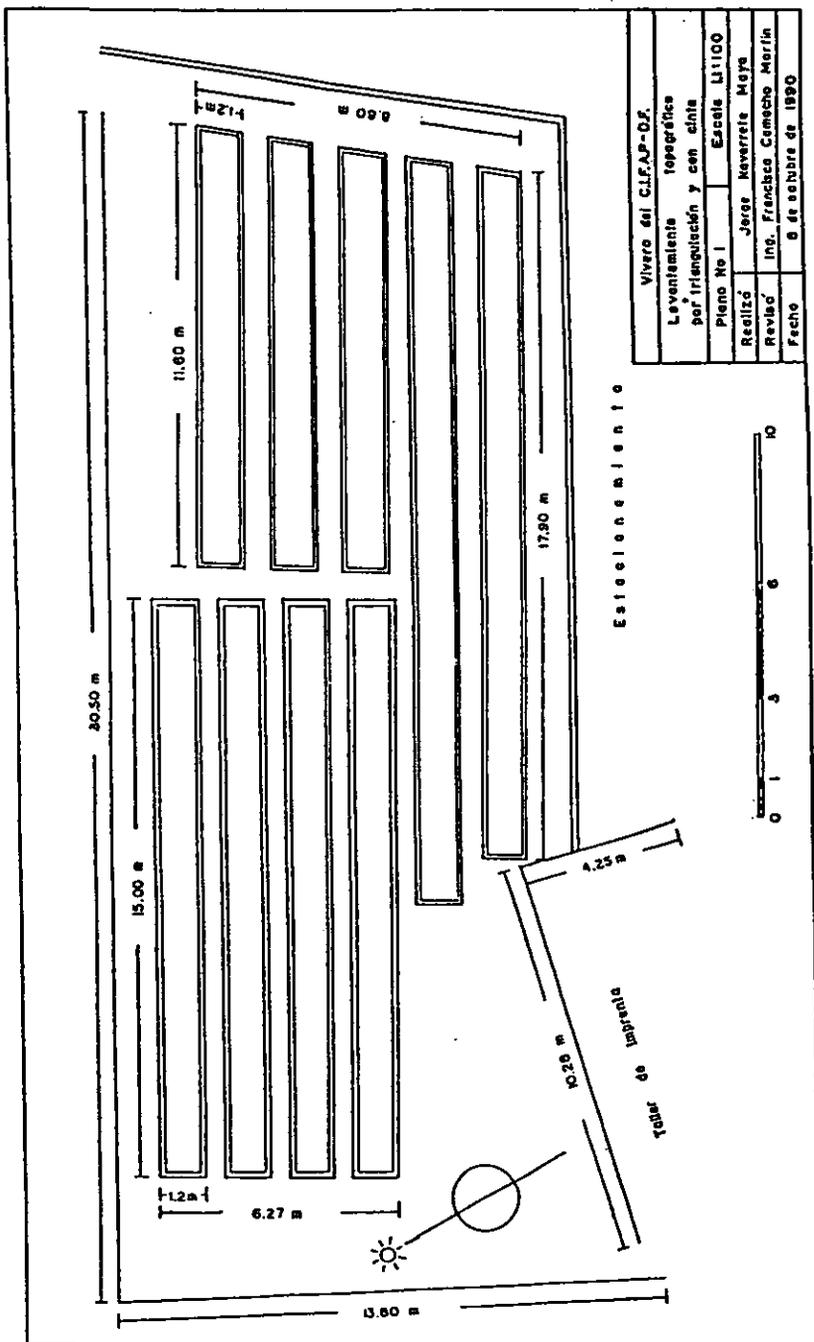
En una descripción del área de estudio (fig. 12), se observa una superficie alargada semejando un rectángulo, aunque su forma es irregular, tiene cinco lados. Paralelo al de mayor longitud, 30.50 metros, está el límite del campo marcado por una alambrada, el ancho es de aproximadamente 10 metros, su lado este está marcado por un seto y da a una calle del campo, al sur otro seto lo separa de un estacionamiento que con la construcción del taller de imprenta completan este lado, al poniente el límite lo marca otro seto separado unos tres metros de las platabandas.

En términos generales en el vivero se observan tres áreas útiles para la producción de plantas, dichas superficies se denominaron como:

1) Frontal: formada por las dos platabandas más largas pegadas al taller de imprenta y al frente del vivero que da al interior del campo experimental.

2) Izquierda: consta de tres camellones que son los más cortos, se ubica entre la frontal y la cerca de alambre que limita el campo y a la izquierda del vivero.

Figura 12. Plano del vivero



3) Derecha: tiene cuatro espacios para colocar las plantas, se encuentra atrás del área Frontal y del taller de imprenta y su límite al otro lado es la alambrada, se sitúa a la derecha del vivero.

## 6.2 SECUENCIA METODOLOGICA.

Para realizar el estudio del soleamiento del vivero empleamos un método desarrollado a partir del propuesto por Mazria (1983), completándolo para el estudio de superficies y para la exposición de resultados.

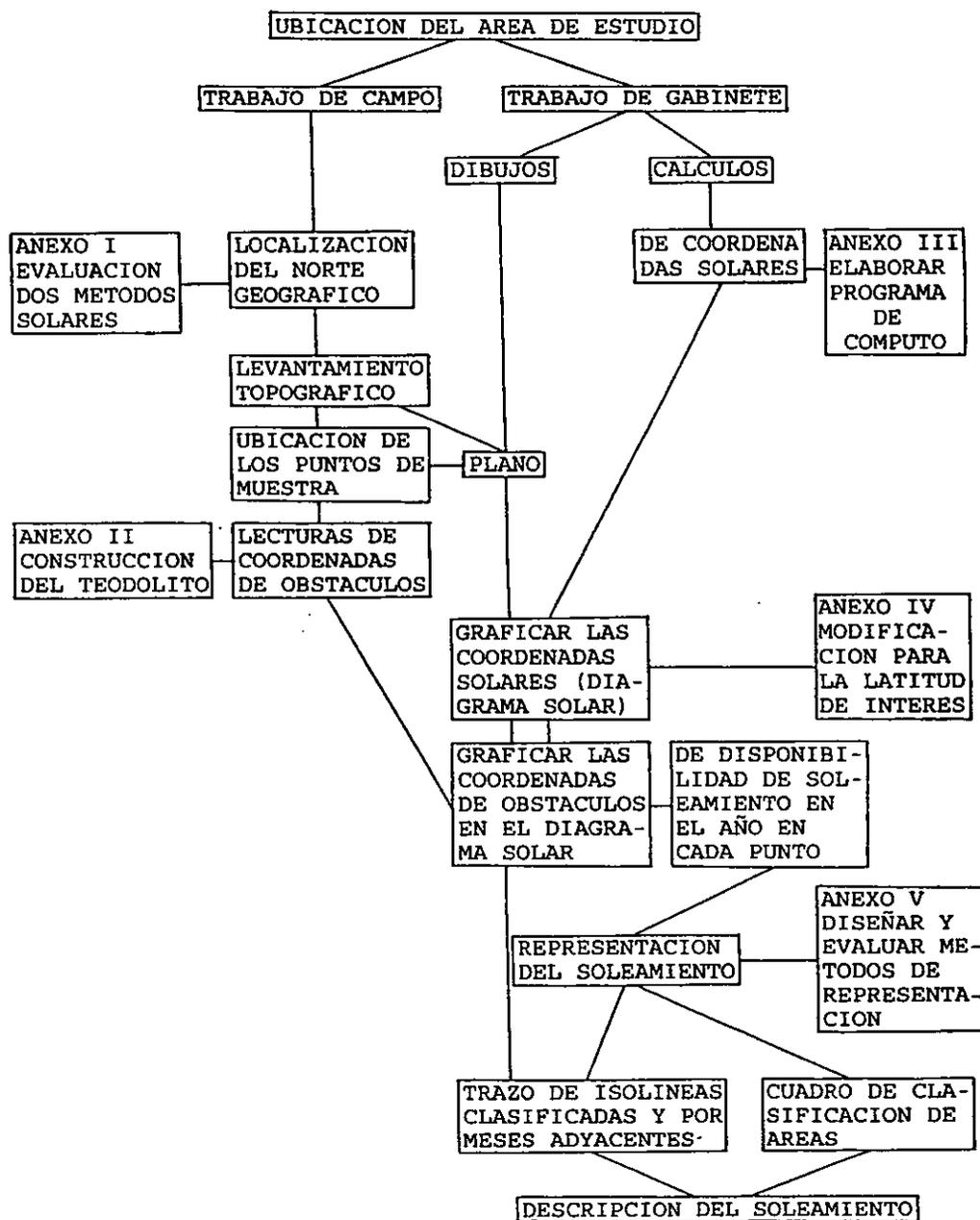
El proceso de estudio se dividió por el lugar donde se realizan los trabajos obteniendo:

- a) Los de campo, que son particulares al área de estudio, y
- b) Los de gabinete. estos últimos subdivididos en:
  - i) Generales para todos los puntos de la misma latitud y
  - ii) Particulares para el área de estudio, ambos incluyen dibujos y cálculos. En el cuadro No.3 se muestra un diagrama de la secuencia metodológica, en algunas fases del proceso se requirió desarrollar actividades colaterales para poder completar el estudio, éstas se señalan en los anexos.

### 6.2.1 Trabajos de campo.

Los trabajos de campo para realizar una evaluación del soleamiento en el vivero del Campo Experimental Coyoacan fueron los siguientes:

Cuadro No.3. Secuencia metodológica y actividades colaterales para desarrollar un método de estudio del soleamiento en un vivero.



#### 6.2.1.1 Orientación.

Localización del norte astronómico. No se empleó la brújula porque hay interferencia magnética en el vivero, sino que se utilizaron los métodos solares propuestos por Stephenson (1949) con una variante de acuerdo con Boswell y Reiger (1989), y el propuesto por Beltrán de Quintana (1987). La determinación se hizo el 9 de octubre y el 14 de diciembre de 1990; el borde de concreto de una de las platabandas se usó como línea de referencia (Anexo I).

#### 6.2.1.2 Levantamiento.

Levantamiento topográfico del vivero. Este se efectuó por triangulación con cinta métrica (Toscano, 1974) (Fig. 12) considerando la distribución, el tamaño y la separación de sus áreas de crecimiento, así como la ubicación de los posibles obstáculos al soleamiento, para determinar puntos de muestra.

#### 6.2.1.3. Puntos de muestra.

Ubicación de los puntos de lectura del soleamiento. Los puntos de muestra se definieron sobre líneas aproximadas al centro de las platabandas con una separación de 3 m entre sí, en la mayoría de ellos. Esta irregularidad se debió al espaciamiento de las platabandas y a que la longitud de éstas no siempre fue múltiplo de tres (Fig. 13).



#### 6.2.1.4 Lecturas de coordenadas de los obstáculos

Las obstrucciones al soleamiento se ubicaron de acuerdo con Mazria (1983) en cada punto de lectura. Para tomar las lecturas de azimut y elevación de los obstáculos al soleamiento no se requiere una alta precisión, por esto se construyó un Teodolito rústico semejante al propuesto por Stephenson (1949) con algunas variantes. El diseño y su construcción se explican en el anexo II. La toma de lecturas, se realizó colocando el aparato sobre el punto muestral, orientándolo y nivelándolo; se tomó la elevación de los obstáculos cada  $15^\circ$  de azimut. En este trabajo lo ampliamos hasta los  $180^\circ$  al este y al oeste porque estamos dentro de la zona intertropical, en la que el sol pasa a iluminar desde el norte en un periodo del año. Tomamos las elevaciones de los principales obstáculos al soleamiento; los árboles y sus ramas, los setos y las construcciones. Se tomó la elevación como el punto más alto del obstáculo o bien, si el obstáculo se interrumpe, por ejemplo con ramas, se toma la elevación donde se interrumpe y donde se vuelve a encontrar. Cuando se tienen varios obstáculos se tomo la elevación en el punto más alto de cada uno, de esta forma se tienen varios datos para cada azimut. Para anotar las lecturas se diseño un formato para la libreta de campo (Cuadro 4), se empleó uno por cada punto de muestra lo que hizo un total de 49 formatos; en cada formato se tienen 24 azimuts como mínimo y existe la posibilidad de tomar la lectura de algún otro obstáculo relevante que no coincida con los escogidos previamente. En total se realizaron más de 1176 lecturas de diferentes azimuts, y cerca de 2500 de elevaciones ya que pueden

Cuadro No.4. Ejemplo de llenado del formato para toma de datos.

## OBSTACULOS AL SOLEAMIENTO

ANGULO DE		ANGULO DE ELEVACION		POSIBILIDAD DE ELIMINACION		F - FACILMENTE M - MEDIANAMENTE D - DIFICILMENTE			
AZIMUT		ARBOLES		RAMAS		SETOS		CONSTRUCCIONES	
LUGAR <u>Vivero del CIFAP D.F.</u>		LATITUD <u>19°21'</u>		PUNTO DE LECTURA <u>9</u>		FECHA <u>marzo 8 de 1991</u>			
SUR	0	48	D			16	F		
	15	49.5	D			17	F		
	30	56	D			15	F	9.5	D
	45	46	D			20	F	14.5	D
	60	58.5-41	D	37.5	M	13.5	F	15.5	D
	75	34.5	D			26.5	F	15	D
ESTE	90	54	D			54	F		
	105	54.5	D			54.5	F		
	120	55.5	D			55.5	F		
	135	65.5	D			65.5	F		
	150	71	D			71	F		
	165	70.5	D			70.5	F		
NORTE	180	68.5	D			68.5	F		
	165					57.5	F		
	150					38.5	F		
	135	45	D						
	120	48.5	D						
	105	45	D						
OESTE	90	29	D					18	
	75					24.5	F		
	60					32	F		
	45					31	F		
	30					22	F		
	15	35	D			27.5	F		
OTROS		AZIMUTS		ELEVACIONES					
Arbol		9.5E		54.5					
Arbol		29.5E		49					
Arbol		11.5W		36					

ser de una a varias de acuerdo con los diferentes límites de los estratos que forman los obstáculos o sus interrupciones.

## **6.2.2 Trabajos de gabinete.**

### **6.2.2.1 Generales.**

Dentro de los trabajos de gabinete tenemos los generales que son el cálculo de las coordenadas solares y su graficación en coordenadas rectangulares; éstos son útiles para todos los puntos de una misma latitud.

#### **6.2.2.1.1 Cálculo de coordenadas solares**

Para calcular las coordenadas solares hay métodos gráficos y métodos numéricos (Tudela, 1982). Camacho (1989) propone que para fines agrónomicos estos últimos son adecuados.

Aunque las operaciones requeridas no son complejas, es fácil confundirse al realizarlas, por lo que se consideró importante sistematizarlas mediante un programa de cómputo; éste se realizó en Microsoft GW BASIC versión 3.3. Las consideraciones, el desarrollo y su uso se tratan en el anexo III.

El programa proporcionó un cuadro con las coordenadas solares calculadas expresadas en grados y decimales, para todas las horas del día, para fechas críticas (cuadro 10) o todos los meses del año (cuadro 11), para cualquier latitud. Aquí calculamos para la latitud  $19^{\circ}21'$  en la que está ubicado el vivero. Los cuadros se incluyen en el anexo III

#### **6.2.2.1.2 Dibujo del diagrama solar.**

Del cuadro calculado para esta latitud se tomaron las coordenadas para elaborar la gráfica rectangular o diagrama solar correspondiente, éste difiere del mostrado por Mazria (1983) ya que éste es un diagrama ampliado para una zona intertropical donde se cubre toda la circunferencia anexo IV.

#### **6.2.2.2 Particulares.**

##### **6.2.2.2.1 Dibujo del plano.**

Con los datos del levantamiento se elaboró el plano del vivero (fig. 12) y sobre éste se determinó la ubicación de los puntos de muestra (fig. 13).

##### **6.2.2.2.2 Comparación de las coordenadas solares y de los obstáculos.**

Terminada la toma de lecturas se graficaron las coordenadas de los obstáculos, anotadas en los formatos, en el diagrama solar; se utilizó uno por cada punto, acumulando 49 diagramas; así se conjuntaron las coordenadas solares y de obstáculos en una misma gráfica, para determinar que obstáculos interfieren el paso de la luz solar, a qué hora y en cuál época del año.

##### **6.2.2.2.3 Diseño y evaluación de las formas de representar el soleamiento.**

Sin embargo se observó que la información obtenida hasta este punto no se puede interpretar fácilmente pues no se tiene una visión del soleamiento existente en una área (el vivero) en

su conjunto; esto también se debe a la cantidad de diagramas resultantes y a que éstos muestran la información individualmente. Y como aquí se estudió una superficie, se diseñaron diversas maneras de exponer, en forma resumida, la información obtenida en los puntos de muestreo (anexo V).

Las propuestas incluyeron:

1.-El cálculo del soleamiento disponible en el año en cada punto.

2.-El trazo de líneas que unen puntos con igual soleamiento con diferencias de una hora y con base en una clasificación del soleamiento, tomando en cuenta un día promedio de 12 horas.

3.-El agrupamiento por periodos del año representativos del soleamiento.

4.-La elaboración de cuadros que resumen esta información.

Estas propuestas se evaluaron, para encontrar la que mejor representa la información obtenida, para conocer así el soleamiento del vivero durante todo el año; con base en esto se determinarán las acciones a realizar para mejorar el manejo o la administración del vivero.

## 7 RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 ORIENTACION DE LAS CARTAS

Las cartas y dispositivos solares deben orientarse con la línea norte sur astronómica. No se recomienda usar la brújula, ya que ésta es afectada por las atracciones magnéticas locales como lo son poblaciones o cercas de líneas de transmisión eléctrica, etc. (Montes de Oca, 1989). Por esta razón en concordancia con Wolf (1980) se utilizaron en dos fechas (el 9 de octubre y el 14 de diciembre de 1990). métodos solares para orientarlas, los cuales fueron:

i) el propuesto por Beltrán de Quintana (1987).

ii) el propuesto por Stephenson (1949) con una variante de acuerdo con Boswell y Reiger (1989).

El valor, del ángulo formado entre la línea norte-sur y la línea de referencia, obtenido con los dos métodos es cercano a  $60^\circ$  al este. Se tomó este valor como el azimut que tiene la línea de referencia con respecto al sur. Para una descripción y explicación más amplia vease anexo I. No se considero útil usar el método sugerido por Wolf (1980) por que la orientación emplea la hora civil que varia con los países.

### 7.2 INTERVALO DE EXPLORACION DE AZIMUTS.

La Ciudad de México se encuentra dentro de la zona intertropical en la cual el sol pasa por el cenit en dos ocasiones y se encuentra al norte un periodo del año. Por ello se necesitó, hacer las lecturas de toda una circunferencia, así como

ampliar el diagrama solar propuesto por Mazria (1983). Esta modificación se explica en el anexo IV.

### 7.3 ALTURA A REALIZAR LAS MEDICIONES.

Mazria (1983) propone un método para cuando se van a edificar construcciones, por una parte toma un solo punto para realizar las lecturas y por otra, recomienda hacerlas a la altura del observador, lo anterior tiene como limitantes que no explica los criterios a seguir para elegir el punto representativo en caso de estudiar una superficie, y además no señala hasta que altura son válidos los ángulos formados por los obstáculos.

### 7.4 REPRESENTACION DEL SOLEAMIENTO EN UNA AREA.

Cuando se terminaron las lecturas se observó que la información obtenida hasta aquí no se podía interpretar fácilmente, pues son los datos de un solo punto. Reportarlos así demanda mucho espacio para exponerlos y su manejo no es práctico; además no se relacionan con la información de todo el vivero.

Por esta razón se pensó exponer la información diseñando varias formas, evaluadas con los siguientes criterios:

- 1.- Mostrar los datos en una forma práctica.
- 2.- Reducir el espacio requerido para presentarlos.
- 3.- Facilitar la interpretación de la información obtenida.
- 4.- Factibilidad de realizar interpolaciones gráficas.
- 5.- Relacionar la duración del soleamiento con el plano del vivero.
- 6.- Necesidad de usar más de un plano.

## 7.- Requerimiento de un plano topográfico.

El diseño y evaluación de estas formas está en el anexo V.

### 7.5 PRESENTACION DE RESULTADOS.

De las diferentes formas diseñadas y evaluadas se escogieron la de Isolíneas clasificadas de meses adyacentes, y el cuadro de clasificación de áreas de soleamiento (cuadro 5).

La primera es una buena opción porque muestra líneas que unen puntos con igual soleamiento, divididas en cinco rangos y las relaciona con las diferentes áreas del vivero; además agrupa adecuadamente el soleamiento para el periodo del mes de cambio de estación y los adyacentes, pues es muy semejante en los tres meses incluidos. Requiere cuatro planos con la posibilidad de simplificar a tres, porque el soleamiento en marzo y septiembre es parecido.

La segunda también se aceptó porque presenta los resultados en forma compacta, relaciona la clasificación de la duración del soleamiento con el periodo representado por los meses de cambio de estación y tiene una buena visualización de la posición que ocupan las platabandas en el vivero. Este cuadro muestra a la izquierda la posición de las platabandas, en su parte superior el número de la platabanda y en el interior de los cuadros el soleamiento en cada uno de los períodos en que se dividió el año.

### 7.6 DESCRIPCION DEL SOLEAMIENTO EN EL VIVERO

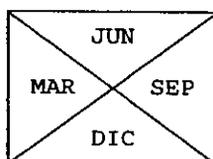
Al observar la información mostrada en las formas antes mencionadas nos damos cuenta de que el vivero tiene menos de 7,5

Cuadro No.5. Clasificación de áreas de soleamiento.

NUMERO CORRESPONDIENTE A LAS PLATABANDAS

		I	II	III	IV
A R E A  D E L  V I V E R O	F	B I	M B	—	—
	D	M M	M/B M	B B/M	I I/B
	I	M B/M	M B/I	B/I M	—

Período del año que  
se representa dentro  
de los cuadros



Soleamiento clasificado en:

	Sigla	Tiempo en horas
Insignificante	I	0 - 1.5
Baja	B	1.5 - 4.5
Media	M	4.5 - 7.5
Elevada	E	7.5 - 10.5
Abundante	A	10.5 ó más

Como hay áreas con dos y tres platabandas los cuadros restantes muestran una línea horizontal para indicar que no existe.

horas de soleamiento durante el año; también se observa que seis platabandas, en algún periodo del año, presentan un soleamiento menor de 1,5 horas, en toda su superficie o en una parte, por lo que su soleamiento resulta insignificante.

En cuanto al soleamiento por periodos se observó que para el período representado por el mes de diciembre tenemos la segunda platabanda derecha con medio soleamiento en una parte y bajo en otra; las áreas ocupadas por las platabandas III y IV derechas tienen un soleamiento medio en el centro y bajo en sus extremos, la I derecha tiene un bajo soleamiento en toda su superficie; las tres áreas izquierdas tienen un bajo soleamiento en una mitad aproximadamente y un soleamiento insignificante en la otra parte; por último, las dos áreas frontales tienen un soleamiento insignificante.

Para el periodo representado por marzo y septiembre encontramos cuatro platabandas con soleamiento medio y son las I y II derechas y la II y III izquierdas; con una parte de bajo soleamiento y otra de medio están la I izquierda y la III derecha; con un soleamiento bajo la II frontal, con una parte baja y otra insignificante la IV derecha y, finalmente la I frontal con soleamiento insignificante.

Para el periodo que representa junio se tienen cuatro platabandas con soleamiento medio y son la II frontal, la I derecha y la I y II izquierdas, con soleamiento medio en una parte y bajo en la otra la II derecha, con soleamiento bajo la I frontal y la III derecha, con bajo e insignificante la III izquierda y con soleamiento insignificante la IV derecha.

La situación antes descrita se presenta en muchos viveros.

### 7.7 PLAN DE MANEJO DEL VIVERO

Hasta aquí conocemos cual es el soleamiento en cada platabanda del vivero y en cada período del año, para poder determinar que usos es posible dar a las diferentes áreas o que trabajos se pueden realizar en ellas (cuadro 6).

Cuadro No.6 Clasificación de la duración del soleamiento y posibilidad de uso de las áreas.

---

Insignificante--	Preparación de mezclas. - Areas para llenado de envases. - Realización de trasplantes. - Injertación.
Bajo-----	Crecimiento de plantas con sombra. - Aclimatación o endurecimiento de plantas. - Almacigos.
Medio-----	Crecimiento de plantas que requieren más sol. - Aclimatación o endurecimiento de plantas. - Asoleaderos para el secado de conos.
Elevado-----	Crecimiento de plantas exigentes de sol. - Asoleaderos para el secado de conos.
Abundante-----	Crecimiento de plantas muy exigentes de sol. - Asoleaderos para el secado de conos.

---

Con esta información es posible realizar un plan de manejo del vivero pues sabemos que en el periodo de diciembre casi no se dispone de sol en D-I, I y F por lo tanto los trabajos que se pueden realizar ahí son de preparación de materiales como hacer mezclas y llenado de envases, así como trasplantar o injertar. En D-II a D-IV se pueden tener algunas especies que casi no requieran sol y que resistan las bajas temperaturas e incluso las posibles heladas.

También es necesario considerar el espacio útil para el crecimiento de especies en los periodos posteriores. En este caso tenemos cuatro platabandas que en los periodos de marzo y septiembre tienen un soleamiento medio la D-I, D-II, I-II e I-III; así como la mitad de la I-I y D-III. Para el período de junio también tenemos cuatro con soleamiento medio la D-I, I-I, I-II, F-II y parte de D-II.

Los movimientos de plantas requerido para continuar con su crecimiento normal, de una platabanda donde el soleamiento disminuye a una donde el soleamiento aumenta, se pueden aprovechar también para realizar la poda de raíces y la revisión de las plantas. Mientras tanto, en el área con bajo soleamiento en esos otros períodos se continuaría con las actividades y usos dado en el período de diciembre, siempre tomando en cuenta cual es el área útil para crecimiento liberada al sacar las plantas del vivero.

Lo anterior en el caso de no poder modificar los obstáculos detectados en el estudio realizado, pero si es posible removerlos para aumentar la cantidad de sol disponible en el vivero se puede comenzar por los clasificados como fáciles de eliminar, en este caso son los setos; si aún así no se alcanza un buen soleamiento se deberá recurrir a podar las ramas de los árboles o los árboles mismos; pero no todos, únicamente los detectados como obstáculos al soleamiento. El plano del vivero donde se muestra como cambia el soleamiento al eliminar los árboles que lo obstaculizan, las construcciones prácticamente no constituyen un obstáculo fuerte por lo que no es necesario modificarlas (fig. 14).



Hasta aquí sólo se ha tratado del estudio del soleamiento en viveros ya establecidos. Sin embargo también es posible conocer como es el soleamiento en el sitio donde se desea establecer un vivero, para planear mejor la orientación y distribución de las áreas requeridas para el desarrollo de las plantas y los diferentes trabajos, así como los lugares para establecer setos o arboledas.

Las coordenadas solares se calculan para la latitud del sitio que nos interesa, a través de ellas se puede conocer cual es el ángulo de inclinación y de dirección con que llegan los rayos solares a la superficie de interés.

Con base en estos ángulos se calcula cual es la distancia mínima, según la orientación, a la que se debe establecer un seto o arboleda en función de la altura que llegan a alcanzar estas especies o a la que se les puede mantener con podas, para que la proyección de la sombra no cubra el área útil para el desarrollo de las plantas.

Puede ser que la distancia disponible sea limitada, entonces se calcula la altura máxima a que puede llegar un seto o arbolado sin provocar sombras sobre las platabandas y, en función de esto se escogerán las especies adecuadas.

De la misma forma se puede calcular la distancia o altura necesarias para obtener una área sombreada cuando se tienen plantas sensibles a la luz solar.

Si se planea hacer construcciones, hacerlas sin que interfieran la luz solar sobre el área de producción, porque es más difícil eliminar su efecto una vez hechas.

Actualmente podemos recurrir al uso de computadoras tomando en cuenta que las hay con mayor capacidad y velocidad para agilizar nuestro trabajo e incluso, con la posibilidad de digitalizar las imágenes. Estas permitirían probablemente mostrar la trayectoria que sigue el sol en el firmamento. Y combinarlo con los obstáculos situados alrededor del área de interés, para observar cómo se proyectan, en qué direcciones y con qué longitud, en las diferentes épocas del año, sobre el área de estudio del soleamiento. Nos permiten determinar con mayor rapidez como se afecta el soleamiento y ver si es necesario aumentarlo o disminuirlo, según las necesidades particulares del lugar estudiado.

Debemos tomar en cuenta que así como continuamente se desarrollan computadoras con mayor velocidad, más memoria y capacidad de trabajo, también debe pensarse en su costo; pues si bien es cierto que se avanza rápidamente, entre más sofisticadas y complejas, más costosas.

En el programa desarrollado en BASIC, están resueltos los algoritmos y toda la lógica del flujo, por lo que no habría problema en convertirlo a cualquier otro lenguaje de programación.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 DEL ESTUDIO

1.- El soleamiento del vivero forestal del C.I.F.A.P.-D.F. es menor de 4.5 horas en tres cuartas partes de su superficie en el periodo de noviembre a enero y en la mitad, el resto del año; de ahí que sólo sea útil la mitad de su superficie, durante nueve meses, para el crecimiento de plantas, y una cuarta parte de ésta en el periodo de noviembre a enero.

2.- Con este estudio se determinó que, si deseamos incrementar el soleamiento del vivero, es necesario recortar, todo el año, los setos y las ramas de los árboles que se encuentran al este y oeste del vivero; los del frente, en la época en que el sol sigue una trayectoria al sur de éste y con mayor importancia cuando la elevación del sol es menor y, los del lado norte deben podarse entre mayo y julio, consiguiendo con esto que las áreas del vivero incrementen la incidencia directa de la luz de 1.5 a 4.5 hrs. y otras de 4.5 a 7.5.hrs.

## 8.2 DE LA METODOLOGIA DE ESTUDIO

1.- Los métodos empleados para determinar el norte geográfico reportan ángulos semejantes, sin embargo el de las sombras iguales resultó más práctico porque solo requiere dos marcas para completar un ángulo cuyo vértice es la estaca, al obtener su bisectriz se tiene la línea norte-sur geográfica; estos métodos requieren una superficie plana, de preferencia horizontal y hacer la determinación al mediodía. En la ciudad de México es preferible en otoño e invierno.

2.- Para obtener el ángulo que forma la línea norte-sur geográfica con una línea base determinada se requiere un método trigonométrico, trazando una perpendicular a la línea base y tomando la medida entre las intersecciones, calculando el seno del ángulo requerido y después su arco seno.

3.- El programa de cómputo desarrollado para el cálculo de las coordenadas solares basado en métodos numéricos no tuvo problemas para operar, aun con latitudes intertropicales; para correr sólo necesita la latitud del lugar de interés y opcionalmente las declinaciones solares. Proporciona un cuadro con las coordenadas solares en grados y decimales, para todas las horas del día y todos los meses del año, el fotoperíodo, amanecer, ocaso y sus coordenadas.

4.- Las cartas de coordenadas rectangulares o diagramas solares son útiles para ubicar los obstáculos al sol solamente en un punto pero permiten conocer la duración del soleamiento de ese punto durante todo el día y todo el año.

5.- Los diagramas solares pueden utilizarse en cualquier latitud, pero deben ampliarse para que representen todo el derredor del punto de estudio, sobre todo al trabajar en una latitud intertropical.

6.- La propuesta de Mazria para analizar el soleamiento de un lugar no es conveniente para el estudio de superficies, porque el diagrama solar de un punto no representan el soleamiento de superficies.

7.- Para estudiar superficies se necesitan puntos muestrales y un método para representar los resultados; ya que determinar la duración del soleamiento en cada punto y mes con los diagramas solares no es suficiente para poder interpretar los resultados.

8.- Se debe relacionar el plano del vivero y simplificar la información tomando sólo fechas críticas, hacer interpolaciones para conocer los puntos con igual soleamiento en toda la superficie y al unirlos se obtienen isolíneas clasificadas en cinco niveles: insignificante, bajo, medio, elevado y abundante. Igual que se hace para construir cartas con la información proporcionada por las estaciones climatológicas, pero esto por si solo no resuelve la interpretación.

9.- El empleo de isolíneas mejoró la interpretación cuando se uso una clasificación del soleamiento con cinco niveles: insignificante, bajo, medio, elevado y abundante.

10.- Para simplificar la representación del soleamiento en el año se debe dividir éste en los meses de cambio de estación y sus adyacentes y no por estaciones del año; de esta forma se muestra visualmente como es el soleamiento sobre el terreno.

11.- La forma más compacta de representar la información es un cuadro que relaciona las diferentes platabandas del vivero con la clasificación de la duración del soleamiento y con el periodo representado por los meses de cambio de estación.

12- La aplicación del método es lenta por el número de lecturas de datos que se necesitan, queda sin embargo la posibilidad de disminuir los puntos de muestra realizando un proyecto para determinar cual es el número y ubicación de estos, que sea representativo y proporcione la información necesaria en forma confiable.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- Aguilar, V.A. 1989. **Administración Agropecuaria**. 4a. ed. Noirega Editores LIMUSA. México. Pp. 47-49,55-57 59,60.
- Atlas de México y el Mundo**. 1978. Nuevas Técnicas Educativas S.A. p. 25.
- Ayllon, T.T. y Gutiérrez, R.J. 1983. **Introducción a la observación meteorológica**. LIMUSA. México Pp 35,36.
- Bardou, P. y Arzoumanian, V. 1980. **Sol y Arquitectura**. Gustavo Gili. Barcelona España. 3a. ed. p. 22.
- Barry, R.G. y Chorley, R.J. 1972 **Atmósfera, tiempo y clima**. Ediciones Omega S.A. Barcelona España. Pp48,49.
- Barnabe, G. y Cretti, L. 1983. **Flores de Jardín**. Daimon. Italia. 203 pp.
- Becerril, N.S. 1987. **Del sol a la arquitectura**. G. Gil. México. 148 pp.
- Beltran de Quintana, M. 1987. **El sol en la mano, estudios de iluminación, orientación y relojes solares**. 3a ed. Fac. de Arq. UNAM. 281 pp.
- Boswell John y George Reiger. 1989. **Manual de supervivencia, el libro de las fuerzas armadas de los Estados Unidos**. Ediciones Roca. México. Pp. 33-39.
- Braudeau, J. 1970. **El cacao**. Blume. Barcelona España. Pp 60,175.
- Calderon, A.E. 1985. **Fruticultura General. El esfuerzo del hombre**. LIMUSA. México. Pp. 520,538-540.
- Camacho, M.F. 1989. **Utilidad de los ángulos de soleamiento en agronomía y su inclusión en los programas de estudio**.

**Memorias de la Segunda Reunión Nacional de Agroclimatología.**

UACH. México. Pp. 11-20.

Camacho, M.F. 1990. **Estudio de soleamiento para viveros y areas verdes.** INFOMMAC. año 1 vol 1 no.3. México. Pp. 14-18.

Camacho, M.F. y Navarrete M.J. 1991. **Metodología para estudiar soleamientos en viveros. Memorias de Resúmenes de la Tercera Reunión Nacional de Agroclimatología.** UAM-Xochimilco. México. Np.

Coste, R. 1980. **El café.** Blume. Costa Rica. Pp 88.

De Fina, A. y Ravelo, A.C. 1975. **Climatología y fenología agrícolas.** 2a ed. Editorial Universitaria de Buenos Aires. Argentina. P 17.

Flores Calderón Emilio. 1973. **Experiencias sobre propagación del Pino *Halepensis* en Chihuahua. Bosques y fauna, II época.** julio- agosto. Vol. X No. 4. S.A.G.

García de, M.E. 1980. **Apuntes de climatología.** México. Pp. 12-21.

Grajales, M.O. y Martínez, O.E. 1982. **Apuntes de fisiología vegetal.** Ingeniería agrícola. F.E.S.Cuautitlan. UNAM. México. 242 pp.

Hartmann, H.T. y Kester, D.E. 1985. **Propagación de plantas principios y prácticas.** Trad. Marino, A.A. CECSA. México. Pp. 38, 160-163, 167-172, 330-332.

Lluis R.E., Cardenas T.H., Curiel A.M.A., Peralta C.F., Tavera G.C., Villar Q.E. 1979. **Apuntes de geometría.** CECSA. México. Pp. 58-70.

Mazria, E. 1983. **El libro de la energía solar pasiva.** Trad. Serra, F.R. Gustavo Gili. México. Pp. 267-301.

- Mesiaen, C.M. 1979. **Las hortalizas**. Col. Agricultura tropical. Trad. Juan E. y Farren, Ma.D. BLUME. México. Pp. 11-38.
- Monkhouse y Wilkinson. 1963. **Maps and diagrams**. Ed. Oikos-tau. Barcelona España. Pp. 59-63.
- Montes de Oca, M. 1989. **Topografía**. Alfa Omega. México. p. 21.
- Nueva Geográfica, el hombre y la tierra. 1980. Vol 1. Plaza y Janes. España. Pp. 28-32.
- Plazola, C.A. y Plazola, A.A. 1980. **Arquitectura habitacional**. Vol. 1, 2a. ed. LIMUSA. México. Pp. 175-192.
- Sánchez Molina, A. 1974. **Síntesis geográfica de México**, Trillas. México. Pp. 9-15.
- S.S.P. 1982. **Carta Urbana 1:20 000**, Ciudad de México E14A39-E, hoja 8/9. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. Comisión de Conurbación del centro del país. Edición SIGSA 1982, reimp. 1988.
- Stephenson, J.P. 1949. **Sugestiones para los profesores de ciencias**. UNESCO. México. p. 30.
- Terrazas, P.R. 1990. **Determinación de las constantes para calcular necesidad de semilla para siembra de *Pinus engelmannii* Earr, *P. oocarpa* Schiede, *P. pseudostrobus* Line.** F.E.S. Cuautitlan Ingeniería Agrícola. 76p.
- Torres, R.E. 1984. **Agrometeorología**. 2a ed. Ed.Diana. México. p. 49,60,63-65.
- Toscano Ricardo. 1974. **Métodos Topográficos**. Ed Porrúa. 14a. ed. México. Pp. 3, 21-23.
- Tudela, F. 1982. **Eco diseño**. Col. de Ensayos. UAM-Xochimilco.

- México. Pp 63-89.
- UNAM. 1989. **Anuario del Observatorio Astronómico Nacional 1990.**  
Instituto de Astronomía. México. Pp. 14-16.
- UNAM. 1996. **Anuario del Observatorio Astronómico Nacional 1997.**  
Instituto de Astronomía. México. Pp. 19-22.
- Valencia Rangel, F. 1971. **Introducción a la geografía física.**  
7a.ed. Hermes. México. Pp 53-67.
- Villalpando, J.F. 1985. **Metodología de investigación en Agroclimatología.** Curso de orientación para aspirantes de investigadores del INIP, INIF, INIA, SARH, consejo directivo de la investigación, agrícola, Pecuaria y Forestal. Zapopan Jalisco. México. Pp 53-67.
- Wolf, R. 1980. **Solar growing frame, grows fresh vegetables year round, using only solar energy.** Roandale. Pp 21-26.

## ANEXO I

## LOCALIZACION DEL NORTE ASTRONÓMICO CON DOS METODOS SOLARES

Las cartas solares necesitan estar orientadas con la línea norte sur astronómica. Para lo cual se puede usar una brújula haciendo las correcciones requeridas, ya que por el campo magnético de la tierra existen variaciones en la declinación que pueden ser al este o al oeste. Para conocer la línea norte sur verdadera se consultan los mapas de declinación magnética de la tierra o del lugar de estudio. Sin embargo, la brújula no debe emplearse en lugares con atracciones magnéticas locales como lo son poblaciones o cerca de líneas de transmisión eléctrica, etc. (Montes de Oca, 1989)

Por esta razón no se empleó la brújula ya que el vivero tiene una cerca de alambre al norte y un centro de carga eléctrica en un extremo. Se sustituyó con la utilización de dos métodos solares, para este propósito:

- i) el propuesto por Beltrán de Quintana (1987) (fig. 15).
- ii) el propuesto por Stephenson (1949) con una variante de acuerdo con Boswell y Reiger (1989) (fig. 16) y

En dos fechas el 9 de octubre y el 14 de diciembre de 1990.

El de Beltrán de Q. (1987) consiste en hacer uso de la luz proyectada en una superficie. Se fija una planchita metálica delgada con un orificio de 1-1.5 cm de diámetro en el extremo superior de una varilla o una pieza cualquiera. Después se coloca la varilla en el plano horizontal con que ha de trazarse la meridiana. A continuación se proyecta, por medio de una plomada el centro de dicho orificio en la superficie horizontal.

Figura 15. Método propuesto por Beltrán de Quintana (1987).

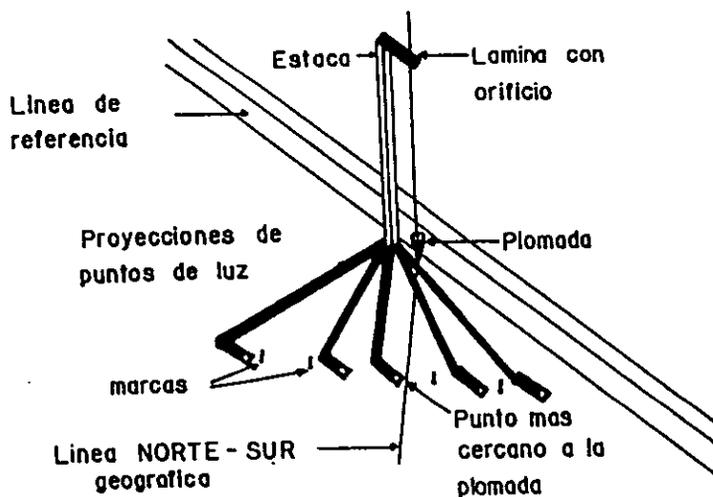
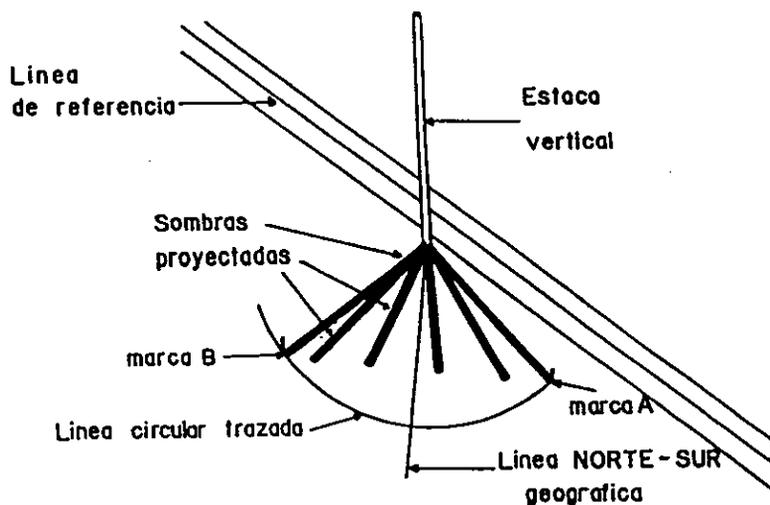


Figura 16. Método propuesto por Stephenson (1949) modificado de acuerdo con John y Reiger (1989).



Seguidamente, desde el punto que en el plano horizontal ha precisado la plomada, se traza una serie de líneas rectas hacia el lado en que el orificio deje pasar la luz solar sobre dicho plano. Hechos estos trazos se va marcando en cada uno de ellos y con los rayos solares de dos o tres horas antes y después de las doce, el centro de círculo de luz que proyectó el orificio a medida que el sol recorre el firmamento. Estos puntos se unen para obtener, en el plano horizontal, una línea, sobre ésta se determina el punto, el vértice de ella, más cercano al punto que la plomada fijo en el suelo. Uniendo ambos puntos por medio de una recta, se obtiene la meridiana del lugar.

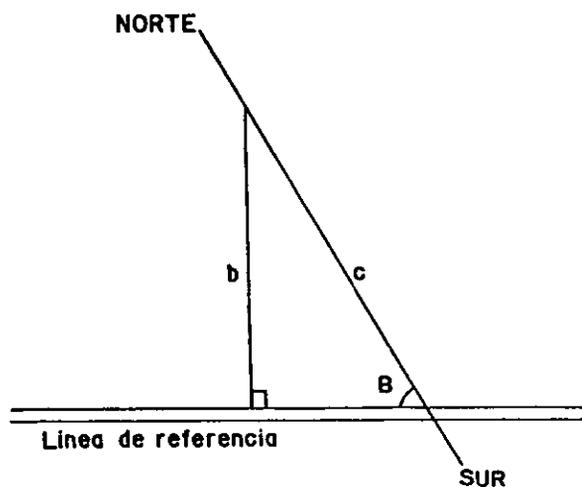
La determinación de la meridiana por medio de la sombra que proyecta la plomada, será tanto más exacta, cuanto menor sea la altura del Sol. Para México la mejor época es en otoño o en invierno.

Otro método para encontrar el Norte verdadero nos lo proporciona Stephenson (1949); en éste se cuelga una plomada en el extremo de una varilla inclinada clavada en un punto O y dirigida sensiblemente hacia el Norte. Aproximadamente una hora antes del mediodía, se marca la posición del extremo de la sombra con un clavo punto A. Haciendo centro en O y con un radio OA, se traza una circunferencia. Se observa la sombra a intervalos, hasta que su extremo toque de nuevo a la circunferencia será el punto B. La bisectriz del ángulo BOA señalará el Norte verdadero.

Con estos se obtuvo la línea norte sur dada por cada uno de los métodos.

Con el fin de tener una referencia a la línea norte-sur se colocaron, la estaca o punto O que es el vértice del ángulo en el método de Stephenson (1949) y el orificio proyectado con la plomada en el de Beltrán (1987), lo más cerca de la línea interior del borde de la platabanda base. Entre estas dos líneas se formó un ángulo, para conocer su valor se trazo una línea perpendicular a la de la platabanda base hasta tener la intersección con la línea norte sur, así se completa un triángulo rectángulo del que se tomaron las medidas de los lados  $b$  y  $c$  y con ellas se calculó el seno del ángulo y después el arco seno. como se muestra (fig. 17). Estas medidas se requieren para los dos métodos.

Figura 17. Trazos para determinar el ángulo entre la línea norte sur geográfica y la línea de referencia.



Las medidas obtenidas se muestran en el (cuadro 7) sustituyendo los valores de b y c en la fórmula:

$$\text{Sen B} = b/c \dots \dots \dots 5$$

Cuadro No.7. Medidas obtenidas para los dos métodos y las dos fechas sustituidas en la fórmula 5.

METODO	9 de octubre	14 de diciembre
STEPHENSON	48.3/56 = 0.8625	40/47 = 0.8510
BELTRAN	39.1/45.2 = 0.8650	40.8/46.8 = 0.8717

Al resultado obtenido se le calculó el arco seno y se agruparon en el (cuadro 8).

Cuadro No.8 Angulos obtenidos en los dos métodos y en las dos fechas

METODO	9 de octubre	14 de diciembre
STEPHENSON	59.60°	58.33°
BELTRAN	59.88°	60.66°

Como puede observarse en el cuadro 8 los valores obtenidos son cercanos a 60° por lo que para nuestro estudio se tomo este valor como el azimut que tiene la línea de referencia con respecto al sur pero al este, porque es el ángulo opuesto al B por el vértice lo que los hace congruentes.

Como no es un solo punto de lectura de los obstáculos, se uso la línea en la platabanda base como referencia para poder orientar todos los puntos de muestra, con la línea norte-sur geo-

gráfica, se trazaron líneas paralelas a esta sobre el centro de las platabandas para facilitar la orientación del aparato conservando el ángulo. Esto se hizo trazando dos líneas perpendiculares a la línea base separadas casi a los extremos de la platabanda y midiendo sobre estas para obtener la medida al centro de cada una de las otras platabandas, estas medidas se marcaron sobre la otra perpendicular para tener la misma distancia de las líneas centrales con la línea base.

Para conservar la referencia a la línea paralela sobre la misma platabanda se proyectó esta hasta el extremo del vivero para tener dos estacas como referencia y ubicar el aparato siempre sobre esta línea.

Como marcas para las líneas se utilizaron estacas de varilla de 3/8 pintadas de color anaranjado de aproximadamente 40 cm y una de 1m otra más de madera también de 1m.

Cada uno de estos métodos presenta algunas ventajas e inconvenientes que mencionamos a continuación:

En estos métodos cuyo principio es la sombra o luz que proyecta el sol a su paso por el firmamento se tiene que hacer en un terreno nivelado para que las sombras o los puntos de luz sean comparables, de preferencia horizontales para tener perpendicular el plano del suelo a la plomada en uno y a la estaca en el otro.

Los dos métodos requieren realizarse alrededor del mediodía solar para tener una buena lectura, pues se deben hacer marcas antes y después de la culminación solar.

El método de Beltrán (1987) requiere marcar los puntos de proyección que se van dando conforme avanza el sol, se tienen que

medir para saber cual esta más cerca al punto marcado por la plomada y éste nos da la línea norte sur.

En el de Stephenson (1949) solo se tiene que marcar el primero, su circunferencia y el punto donde se vuelve a tocar, se obtiene el punto medio entre las dos estacas y uniéndolo al vértice se tiene la línea norte sur geográfica.

## ANEXO II

## CONSTRUCCION DEL TEODOLITO RUSTICO A PARTIR DE LA PROPUESTA DE STEPHENSON (1949), CON LAS VARIANTES QUE REQUIRIO EL ESTUDIO

Para poder tomar las lecturas de azimut y elevación de los obstáculos al soleamiento se necesito un aparato que midiera estas variables, como lo es un Teodolito, sin embargo para estas lecturas no se requiere una alta presición, por esto se penso en construir un teodolito rústico (figura 18), semejante al propuesto por Stephenson (1949), pero con algunas variantes para cumplir con los cuatro requisitos que se enlistan a continuación:

a) -Posibilidad de medir ángulos horizontales y verticales.

b) -Emplear materiales fáciles de conseguir, manejables, con cierta resistencia y no muy costosos.

c) -Que permita ser nivelado para tener siempre elevaciones comparables con respecto a una horizontal de superficie.

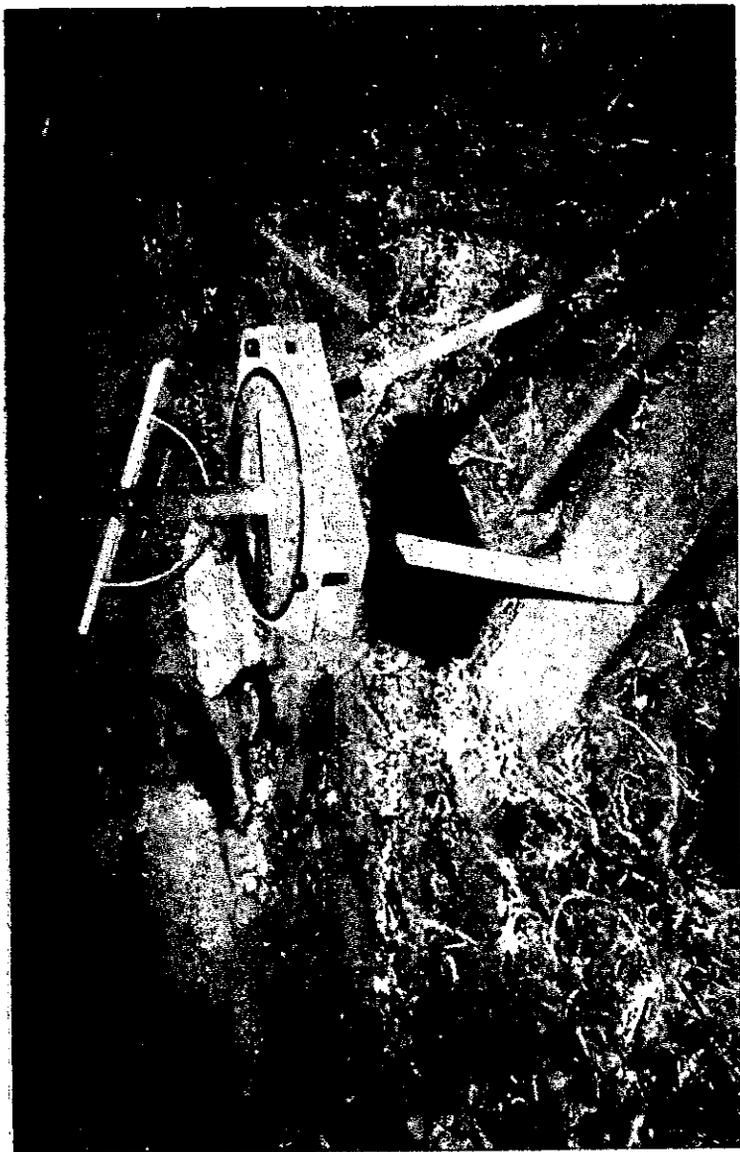
d) -Que permita tomar las lecturas a la altura de interés que es donde se desarrollan las plantas.

Y a continuación se explica como se cubrieron.

Inciso a) Para medir ángulos horizontales se empleó un transportador de  $360^\circ$  de 20 cm de diámetro con divisiones marcadas cada medio grado, para medir los verticales un transportador de  $180^\circ$  de 15 cm de diámetro con divisiones cada medio grado.

Inciso b) Se pensó en utilizar un tubo de aluminio, de 20 cm de largo por 1 cm de diámetro aproximadamente, pegado al transportador de  $180^\circ$ , dos tornillos de punta cónica para fijarlo

Figura 18. Teodolito rustico empleado



y permitir su giro en un plano, un trozo de madera en forma de un cuadrado con orificios para montar lo necesario, dos triángulos de acrílico de 6 mm con las puntas recortadas, una laminita de 10 cm como indicadora del azimut. Estos materiales no son costosos, se manejan con facilidad son relativamente resistentes y fáciles de conseguir.

Inciso c) Con el propósito de poder nivelar el aparato se hicieron ranuras en cada punta recortada de uno de los triángulos para permitir introducir un tornillo rebajado en cada una de estas ranuras, en el otro triángulo se perforaron orificios que permitieran el paso del tornillo y por debajo se pegó su respectiva tuerca, para saber cual es la posición horizontal que se requiere se colocó un nivel de superficie de 1.75 pulgadas de diámetro sobre el aparato.

Inciso d) Para poder hacer las lecturas a la altura de interés donde crecen las plantas se construyó un tripie de acrílico con patas de madera que se atornilla por abajo del aparato, para facilitar la lectura se agregó un aditamento que es básicamente un espejo que permite observar el obstáculo a través del tubo de aluminio, otro espejo nos permite ver la lectura de elevación que marca el transportador de 180°.

## ANEXO III

## CONSIDERACIONES PARA EL DESARROLLO DEL PROGRAMA DE COMPUTO PARA CALCULO DE LAS COORDENADAS SOLARES

Para calcular las coordenadas solares hay métodos gráficos y métodos numericos (Tudela, 1982). Camacho (1989) propone que para fines agronómicos estos últimos son adecuados.

Las operaciones no son complejas, pero si repetitivas, y es fácil confundirse, por lo que se pensó sistematizarlas mediante un programa de cómputo, que se desarrollo en Microsoft GW BASIC versión 3.3 y se enlista al final de este anexo. Las consideraciones que se hicieron para elaborarlo fueron las siguientes:

- a) Manejo de los ángulos.
- b) Manejo del tiempo.
- c) Manejo de las declinaciones.
- d) Determinación de ángulos de elevación y azimut.
- e) Entrada de la información.
- f) Salida de la información.

a) Manejo de los ángulos: la entrada de los datos referentes a las latitudes y declinaciones solares, debe hacerse en el sistema sexagesimal, pues así se encuentran en textos geográficos y en los anuarios astronómicos. En el programa los minutos y segundos se transformarán primeramente en fracciones decimales de grado y posteriormente a radianes, para que la computadora opere con ellos. Es conveniente que en la salida de la información se empleen grados con decimales, porque es un sistema más conocido que los radianes.

b) **Manejo del tiempo:** los meses y los días se manejan en la forma convencional; en cuanto a las horas, éstas deben entrar a las operaciones como ángulos horarios, o sea la diferencia absoluta respecto a mediodía multiplicada por  $15^\circ$  (Camacho, 1989).

El ángulo horario "K" que se tiene en el amanecer y en el ocaso se calcula con:

$$K = \arcsin(-\tan L \cdot \tan d) \dots \dots \dots 6$$

Este es importante porque los cálculos solo deben hacerse para las horas del día, consecuentemente es necesario determinar el momento del amanecer y el del ocaso con las siguientes fórmulas:

$$\text{Fotoperiodo} = 2K/15 \dots \dots \dots 7$$

$$\text{Hora del amanecer} = HA = 12 - K/15 \dots \dots \dots 8$$

$$\text{Hora del ocaso} = 24 - HA \dots \dots \dots 9$$

En un programa de cómputo es conveniente manejar horas cerradas y no fracciones, por lo que las primeras coordenadas solares se deben calcular para la hora inmediata posterior al amanecer cuando ésta sea fraccionaria; como las coordenadas solares de la mañana se repiten en la tarde, los cálculos solo se hacen para las horas de la mañana y se refieren a las horas correspondientes en la tarde con base en la fórmula:

$$HC = 24 - H \dots \dots \dots 10$$

donde:

HC = Hora correspondiente en la tarde

H = Hora en la mañana.

c) **Manejo de las declinaciones:** Por comodidad las declinaciones se integraron al programa como constantes, para los cálculos que incluyen a todos los meses, se tomaron los ángulos correspondientes a los días 15 de cada mes como lo hizo Becerril (1987) y los datos se tomaron del Anuario del Observatorio Astronómico Nacional (1990) para actualizar los cálculos se cambiaron las declinaciones con el Anuario de (1997), pero se observaron variaciones tan pequeñas que llegan a perderse al hacer el gráfico solar, pues en este un grado de azimut es igual a un milímetro y el grado de elevación es igual a 2 milímetros. Otras opciones que no se consideraron, pero que pueden ser útiles son la entrada de los ángulos desde el teclado o introducir el día y generar las declinaciones mediante fórmulas (Torres, 1984 y Tudela, 1982).

Para cálculos que incluyen sólo los eventos críticos se tomaron las declinaciones, correspondientes a las fechas en que ocurren los cambios de estación: (cuadro 9)

Para las latitudes de la zona intertropical se incluyó como evento crítico a la declinación correspondiente a la misma latitud dada, esto ocurre el día en que el sol se encuentra en el cenit de ese lugar.

d) **Determinación de ángulos de elevación y azimut:** se aplicaron las fórmulas 3 y 4 cuyos arcosenos se corrigieron de acuerdo con los criterios o condicionantes encontrados por Camacho (1989), para que también sean válidas en las latitudes dentro de la zona intertropical en la que el sol pasa a iluminar desde el norte en un periodo del año.

Cuadro No.9. Declinaciones esperadas en los cambios de estación en el hemisferio norte.

EVENTO	DECLINACION		
	Exacta	Más cercana según Anuario	
Equinoccio de primavera	0.00	-0.052222	20 mar
Solsticio de verano	+23.45	+23.443056	21 jun
Equinoccio de otoño	0.00	-0.176944	23 sep
Solsticio de invierno	-23.45	-23.442222	21 dic

Los ángulos se expresan en grados y decimales.

e) **Entrada de la información:** la latitud de interés se escribe en grados, minutos y segundos y se pone a correr el programa.

f) **Salida de la información:** las coordenadas solares se presentan en forma de cuadro semejante al elaborado por Becerril (1987) en cuanto a los datos presentados, el manejo de las horas del día se efectuó como lo hizo Plazola y Plazola (1980); es decir para cada hora y su correspondiente del día en cada mes del año.

Este cuadro o tabla expresa en grados y decimales, las coordenadas solares calculadas para todas las horas del día, en las fechas críticas (cuadro 10) o bien para todos los meses del año (cuadro 11), para una latitud determinada. En nuestro caso dicha tabla correspondió a la latitud 19°21' en que está ubicado el vivero. Como información adicional se dispone de fotoperiodo, amanecer, ocaso y los azimuts de estos eventos.

Cabe aclarar que cuando el sol está en el cenit, el azimut y elevación corresponden a 90° y cuando el sol pasa a iluminar al norte se tienen más de 90° de azimut.

El azimut para las doce del día puede ser de 0.00, esto indica que el sol se encuentra al sur del lugar y corresponde a una fecha y lugar en que la declinación es menor a la latitud o bien 180° que ubican el sol al norte del sitio y ocurre para una fecha y lugar cuando la declinación es mayor a su latitud.

Cuadro No.10 Coordenadas solares calculadas para las fechas críticas.

LATITUD: 19.21 N								
MESES	MAR	SEP	JUN		DIC		MAY	JUL
HR ORTO	6.0000		5.4155		6.5845		5.5271	
AZIMUT	90.00		114.95		65.05		110.57	
HR SOLAR	H * AZ		H * AZ		H * AZ		H * AZ	
5 Y 19			7.58	112.26			6.31	108.34
6 Y 18	14.13	84.92	20.85	108.51	5.28	62.86	19.89	104.27
7 Y 17	28.15	79.16	34.38	105.70	17.51	56.42	33.71	100.84
8 Y 16	41.85	71.66	48.07	103.89	28.69	47.69	47.67	97.82
9 Y 15	54.79	60.14	61.82	103.73	38.14	35.68	61.73	95.08
10 Y 14	65.69	38.95	75.46	108.98	44.76	19.53	75.85	92.50
11 Y 13	70.64	0.00	85.91	180.00	47.19	0.00	90.00	90.00
12 Y 12								
HR OCASO	18.0000		18.5845		17.4155		18.4729	
D FOTOPE	12.0000		13.1690		10.8310		12.9457	

Cuadro No.11. Coordenadas solares calculadas para la latitud 19°21' para todos los meses con el programa diseñado

LATITUD: 19.21 N														
MES *	ENE *	FEB *	MAR *	ABR *	MAY *	JUN *	JUL *	AGO *	SEP *	OCT *	NOV *	DIC *		
HR ORTO	6.5188	6.2999	6.0475	5.7665	5.5385	5.4191	5.4700	5.6657	5.9314	6.2034	6.4515	6.5798		
AZIMUT	67.60	76.65	87.85	100.46	110.11	114.61	112.84	104.82	93.10	80.87	70.29	65.23		
HR SOLAR	H * AZ	H * AZ	H * AZ	H * AZ	H * AZ	H * AZ	H * AZ							
5 Y 19				3.26	99.32	6.17					6.17	107.93	7.54	112.14
7 Y 17	6.24	65.05	9.56	72.94	13.43	82.96	17.30	94.63	19.79	103.83	20.82	108.38	20.82	108.38
8 Y 16	18.72	58.57	22.84	66.51	27.37	77.05	31.44	89.88	33.63	100.33	34.36	105.55	34.36	105.55
9 Y 15	30.22	49.78	35.37	57.82	40.92	69.25	45.57	84.32	47.61	97.19	48.06	103.70	48.06	103.70
10 Y 14	40.03	37.54	46.49	45.13	53.59	57.34	59.51	76.17	61.69	94.17	61.83	103.46	61.83	103.46
11 Y 13	46.98	20.73	54.81	25.99	64.03	36.20	72.67	58.89	75.83	90.74	75.49	108.49	75.49	108.49
12 Y 12	49.57	0.00	58.06	0.00	68.61	0.00	80.50	0.00	89.57	0.00	89.57	0.00	86.04	180.00
HR OCAÑO	17.4812	17.7001	17.9525	18.2335	18.4615	18.5809							18.5809	
D FOTOPE	10.9624	11.4003	11.9049	12.4670	12.9230	13.1619							13.1619	
MES *	JUL *	AGO *	SEP *	OCT *	NOV *	DIC *								
HR ORTO	5.4700	5.6657	5.9314	6.2034	6.4515	6.5798								
AZIMUT	112.84	104.82	93.10	80.87	70.29	65.23								
HR SOLAR	H * AZ													
5 Y 19														
6 Y 18	6.97	110.37	4.59	103.21	0.97	92.76								
7 Y 17	20.40	106.47	18.48	98.76	15.12	87.77	11.06	76.68	7.24	67.38	5.35	63.02	5.35	63.02
8 Y 16	34.08	103.35	32.53	94.55	29.21	82.27	24.63	70.38	19.98	60.88	17.59	56.57	17.59	56.57
9 Y 15	47.92	100.96	46.67	90.03	43.09	75.25	37.59	61.91	31.80	52.07	28.80	47.83	28.80	47.83
10 Y 14	61.85	99.56	60.80	84.01	56.40	64.46	49.30	42.00	39.63	38.28	35.81	35.81	38.28	35.81
11 Y 13	75.79	101.17	74.66	71.71	67.98	43.57	58.36	29.20	49.33	22.12	44.91	19.62	44.91	19.62
12 Y 12	87.88	180.00	84.61	0.00	73.56	0.00	62.03	0.00	52.09	0.00	47.36	0.00	47.36	0.00
HR OCAÑO	18.5300	18.3343	18.0686	17.7966	17.5485	17.4202								
D FOTOPE	13.0600	12.6686	12.1371	11.5932	11.0970	10.8404								

Programa diseñado para calcular las coordenadas solares por métodos numéricos

```

10 DIM M$(20),MX(20,20,2),OF(5,20)
20 INPUT "LATITUD";AI
30 FOR I=1 TO 12
40 READ M$( I)
50 NEXT I
60 KQ=KQ+1:
70 PRINT " * * * ";M$(KQ);" * * *"
80 READ B:BI=ABS(B):A=AI
90 MO=(A-INT(A))*100
100 MA=INT(MO)
110 MP=((BI)-INT(BI))*100
120 MB=INT(MP)
130 SA=((MO)-INT(MO))*100
140 SB=((MP)-INT(MP))*100
150 A=INT(A)+(MA/60)+(SA/3600)
160 BI=INT(BI)+(MB/60)+(SB/3600)
170 IF B<0 THEN B=-BI:GOTO 190
180 B=BI
190 PRINT "A";A,"B";B
200 P=3.141593
210 A=A*P/180
220 B=B*P/180
230 C=(-(TAN(A))*TAN(B))
240 C=ATN(C/SQR(-C*C+1))+P/2
250 T=C*180/P
260 J=T/15
270 G=-1
280 K=12-J
290 L=12-INT(K)
300 OF(1,KQ)=J
310 PRINT "ORTO";OF(1,KQ)
320 W=J
330 C=ABS(12-W)*15
340 C=C*P/180
350 GOSUB 1300
360 O=12-J
370 OC=O+12
380 OF(2,KQ)=OC
390 PRINT "OCASO";OF(2,KQ)
400 F=OC-J
410 OF(3,KQ)=F
420 PRINT "FOTOPER";OF(3,KQ)
430 W=OC
440 C=ABS(12-W)*15
450 C=C*P/180
460 GOSUB 1300
470 FOR W=L TO L+INT(K)
480 C=(ABS(12-W))*15
490 C=C*P/180
500 G=-1

```

```

510 GOSUB 1300:NEXT W
520 IF KG {Y2 THEN GOTO 60
530 X$=STRING$(12,45)
540 V$=STRING$(8,45)
550 T$=STRING$(88,240)
560 Y$=STRING$(1,179)
570 U$=STRING$(5,223)
580 Z$=STRING$(1,124)
590 WIDTH "LPT1:",110
600 LPRINT TAB(20) T$
610 LPRINT TAB(20) Y$;
620 LPRINT CHR$(14);CHR$(27);"E";
630 LPRINT TAB(35)"LATITUD: ";
640 LPRINT USING"##.##";AI;
650 LPRINT " N";
660 LPRINT CHR$(27);"F";CHR$(20);
670 LPRINT TAB(80) Y$
680 LPRINT TAB(20)T$
690 LPRINT CHR$(27);"O";CHR$(27);"E";
700 LPRINT TAB(22)Z$;"* MES * ";Z$;
710 FOR I=1 TO 6
720 LPRINT TAB((I*13)+21)M$(I);" ";Z$;
730 NEXT I
740 LPRINT CHR$(27);"F";
750 LPRINT TAB(20)Z$;V$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;
760 LPRINT TAB(20)Z$;"HR ORTO ";Z$;
770 FOR I=1 TO 6
780 LPRINT TAB((I*13)+19)USING"###.###";OF(1,I);
790 LPRINT" ";Z$;
800 NEXT I
810 LPRINT TAB(20)Z$;V$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;
820 LPRINT TAB(20)Z$;" AZIMUT ";Z$;
830 FOR I=1 TO 6
840 LPRINT TAB((I*13)+19)USING"###.###";OF(4,I);
850 LPRINT" ";Z$;
860 NEXT I
870 LPRINT TAB(20)Z$;V$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;
880 LPRINT TAB(20)Z$;"HR SOLAR";Z$;
890 LPRINT TAB(32)"H * AZ ";Z$;
900 FOR I=2 TO 6
910 LPRINT TAB((I*13)+19)"H * AZ ";Z$;
920 NEXT I
930 LPRINT CHR$(27);"2";
940 LPRINT TAB(20)Z$;V$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;X$;Z$;
950 FOR I=5 TO 12
960 T=(2*(12-I))+I
970 LPRINT TAB(20)Y$;
980 LPRINT USING"##";I;
990 LPRINT " Y ";
1000 LPRINT USING"##";T;
1010 LPRINT" ";Y$;
1020 FOR J=1 TO 6
1030 W$=STRING$(6,223)
1040 IF MX(I-3,J,1)<=.001 THEN LPRINT U$;" ";W$;Y$;:GOTO 1090

```





#### ANEXO IV

##### MODIFICACION DEL DIAGRAMA SOLAR PARA LA LATITUD DE INTERES

Del cuadro obtenido con el programa de cómputo se tomaron las coordenadas calculadas para la latitud de interés, se graficaron para obtener el diagrama solar correspondiente (fig. 19) sólo que la Ciudad de México se encuentra en la zona intertropical en la que el sol pasa por el cenit en dos ocasiones y se encuentra al norte un periodo del año, por lo que necesitamos cubrir todo un círculo con nuestro diagrama solar y hacer también las lecturas de dicho círculo, por esto es diferente al mostrado por Mazria(1983), ya que se amplió, de  $120^\circ$  de azimut al este y al oeste hasta los  $180^\circ$  al este y al oeste, los  $180^\circ$  corresponden al norte.

Cuando el sol se encuentra en el cenit del observador su representación corresponde a los  $90^\circ$  de elevación. El azimut lo tomamos como los  $90^\circ$  porque es un limite al que se va acercando la posición del sol, pero en realidad no tendría azimut alguno puesto que es una línea vertical que pasa por el observador, por esto la línea que lo representa se interrumpe en un lado y continua en el otro.

Las líneas continuas muestran la trayectoria solar de todos los meses y las punteadas el recorrido en las fechas críticas.



## ANEXO V

### DISEÑO Y EVALUACION DE FORMAS PARA REPRESENTAR LA INFORMACION

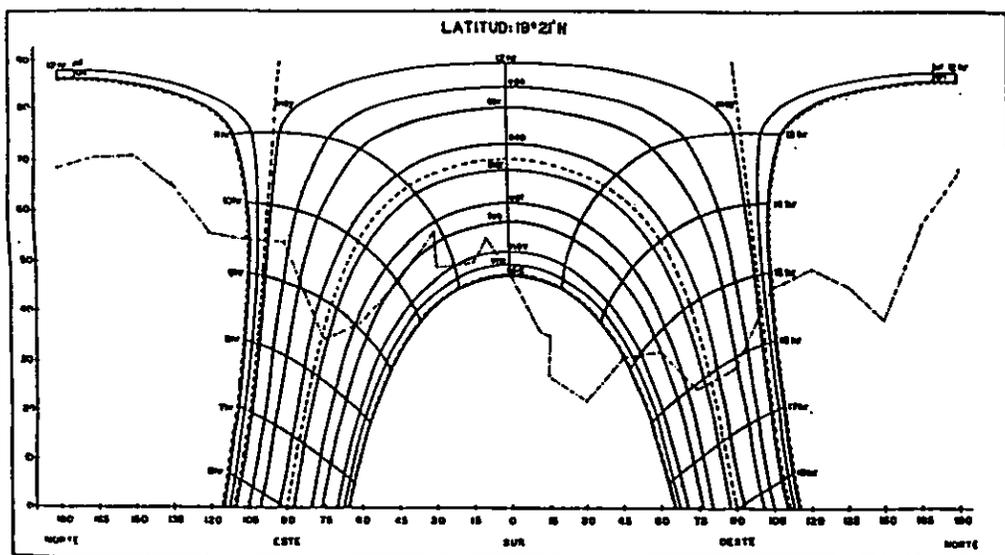
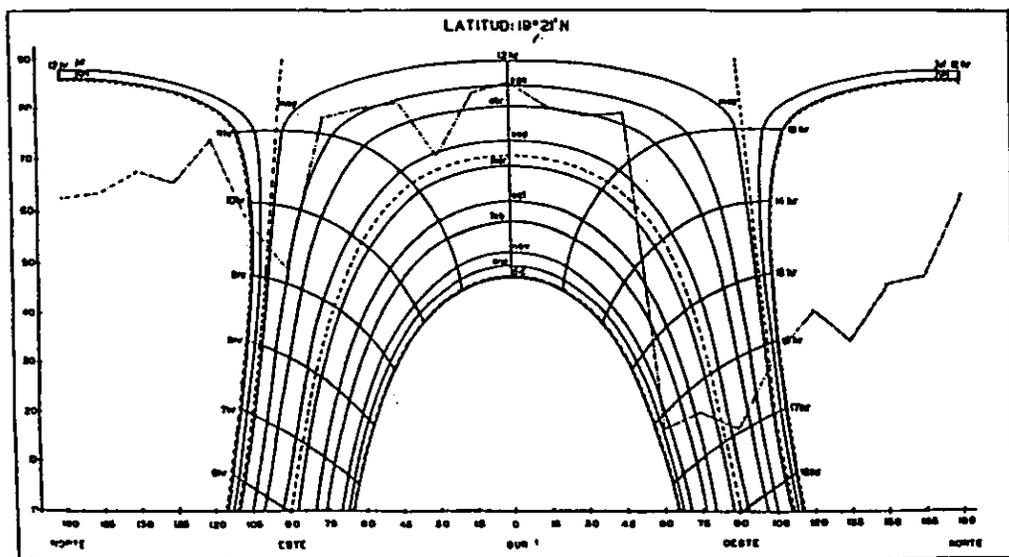
Una vez terminados los 49 diagramas solares con la ubicación de obstáculos opción "a" (figura 20) se habría completado el trabajo, para conocer el soleamiento de un lugar según Mazria (1983). Este autor propone el método para cuando se van a edificar construcciones, tomando un solo punto para realizar las lecturas; pero no explica los criterios a seguir para elegir el punto que sea representativo de éstas. Toma las lecturas sobre el suelo a la altura del observador y no explica hasta que altura es válida la lectura. Como aquí se estudió una superficie se observó que la información obtenida hasta esta etapa no se puede interpretar fácilmente pues corresponde a un punto, demanda mucho espacio para exponerla y su manejo no es práctico.

Por esta razón se pensó exponer la información diseñando varias formas evaluadas con los siguientes criterios:

- 1.- Mostrar los datos en una forma práctica.
- 2.- Reducir el espacio requerido para presentarlos.
- 3.- Facilitar la interpretación de la información obtenida.
- 4.- Factibilidad de realizar interpolaciones gráficas.
- 5.- Relacionar la duracion del soleamiento con el plano del vivero.
- 6.- Se requiere de más de cuatro planos para representar un año.
- 7.- Se requiere un plano topográfico.

Al final del anexo se incluye el cuadro de evaluación de estas formas, (Cuadro 16).

Figura 20. Diagramas solares



Pensando en simplificar la información se determinó la cantidad de sol disponible en cada punto tomándolo de los diagramas solares con obstáculos. Otra opción existente es hacer un programa de cómputo para conocer el soleamiento por punto, en el que utilizando los datos calculados para las coordenadas solares y los obtenidos con las lecturas se hace una comparación para saber si un punto determinado por una lectura constituye o no un obstáculo al sol en algún período del año.

Esta información se determinó para cada punto y mes del año ordenándola en forma de cuadro opción "b" (cuadro 12) en la que se reduce el espacio para presentar la información a solo dos cuadros fáciles de manejar y no se requiere de un plano del vivero, pero la interpretación de la información continúa siendo difícil y no se presenta relacionada con la posición en el vivero.

En la opción "c" Plano puntual por mes (fig. 21) se anota la duración del soleamiento por cada punto y mes en su correspondiente localización en el plano. Se necesita un plano que permita relacionar los puntos con su localización en el vivero; el espacio requerido es de 12 planos, su manejo no es tan difícil como los Diagramas solares, pero todavía es problemático. En cuanto a la interpretación mejora poco ya que los puntos muestran diferentes periodos de soleamiento que no visualizan un patrón claro.

En la opción "d" Plano puntual por evento crítico, se anota la duración del soleamiento para cada punto, por evento crítico en su correspondiente localización en el plano, es semejante a la

Cuadro No.12. Luz del sol disponible por punto y mes en el vivero del CIFAP D.F.

PUNTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1	0 0	0 0	4.5	5.0	4.3	3.5	3.8	4.7	5.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	2.9	5.1	6.0	4.8	1.8	2.2	5.3	5.5	4.2	2.0	0.0
3	3.6	4.3	5.0	3.8	3.0	2.0	2.5	4.0	4.8	4.5	3.8	3.6
4	4.3	5.0	6.0	4.8	2.4	0.0	0.0	4.3	5.6	5.2	4.5	4.2
5	4.3	6.0	6.3	5.0	3.6	3.0	3.0	4.0	6.0	6.4	5.0	4.0
6	0.0	1.5	3.0	4.3	7.0	6.5	6.5	5.3	3.5	2.0	0.5	0.0
7	2.3	4.7	6.8	6.2	7.0	6.0	6.5	7.0	7.0	5.5	2.5	1.5
8	3.0	5.0	7.0	8.0	6.0	6.0	6.0	7.0	8.5	5.5	3.0	2.5
9	3.0	4.8	7.5	7.0	6.0	5.7	6.0	6.3	7.5	6.5	3.3	2.8
10	3.5	5.0	7.0	6.5	5.3	5.0	5.0	5.5	8.5	6.5	4.5	3.0
11	0.0	0.7	1.6	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.0	1.0	0.0	0.0
12	1.8	2.5	4.0	5.0	6.0	6.0	6.0	5.5	4.5	3.0	2.0	1.6
13	1.6	3.0	5.0	8.0	7.0	6.5	6.8	7.5	5.0	4.0	1.8	1.3
14	2.5	4.3	7.0	7.5	7.5	6.0	6.5	7.3	7.0	4.6	3.0	2.5
15	1.8	3.0	5.0	7.0	7.5	6.5	7.0	7.0	6.5	3.7	2.0	1.6
16	0.0	0.0	1.0	2.6	3.8	3.8	3.8	3.5	1.4	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	1.2	4.5	5.5	5.7	5.7	4.7	3.5	0.0	0.0	0.0
18	0.5	1.5	4.3	5.5	7.5	6.5	6.5	8.0	4.0	1.7	0.8	0.4
19	0.0	1.4	3.3	4.4	6.0	6.2	6.2	5.5	3.6	2.3	0.9	0.2
20	0.0	0.4	2.7	4.3	5.5	6.0	5.8	4.9	3.2	1.6	0.0	0.0
21	0.0	1.0	3.5	6.4	6.0	5.7	5.7	6.5	4.5	1.8	0.0	0.0
22	0.0	3.4	4.5	6.0	5.7	5.4	5.5	6.0	6.0	3.8	0.7	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.3	0.2	0.0	0.0	2.7	2.5	2.1	0.6	0.0	0.0	0.3	0.2

continuación Cuadro No.12 . Luz del sol disponible por punto y mes en el vivero del CIFAP D.F.

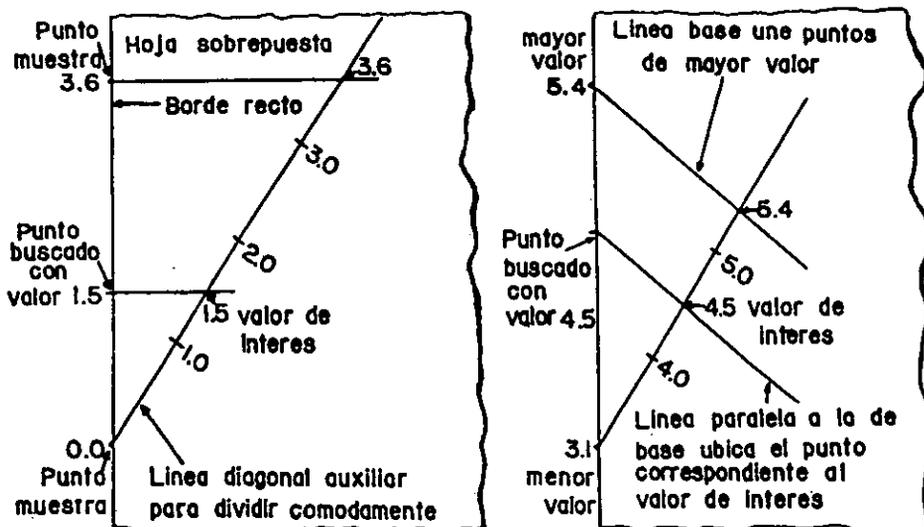
PUNTO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	1.4	2.5	3.5	3.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	0.0	0.0	0.0	2.0	2.7	2.2	2.4	2.8	0.3	0.0	0.0	0.0
28	0.0	0.0	0.3	1.3	1.8	2.0	1.9	1.6	0.6	0.0	0.0	0.0
29	3.0	1.4	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	1.2	2.8	3.1
30	5.3	4.7	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.7	5.3	5.4
31	4.6	4.0	2.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	1.7	3.7	4.4	4.5
32	6.4	3.8	1.4	0.7	0.0	0.3	0.3	0.5	1.1	2.3	5.8	6.2
33	4.7	3.5	1.3	0.7	0.5	0.0	0.0	6.6	1.0	2.5	4.5	5.0
34	2.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	2.5	3.1
35	5.8	6.4	6.2	5.5	4.8	3.8	4.5	5.6	5.5	6.6	5.9	5.8
36	5.8	5.8	6.1	5.0	4.2	3.6	3.8	4.6	5.7	5.7	5.8	5.5
37	6.4	5.8	5.6	5.0	4.3	4.7	4.5	4.6	5.0	6.6	6.3	6.1
38	4.5	3.5	4.7	4.1	3.8	3.6	3.6	3.9	4.6	4.9	4.6	4.6
39	3.8	2.4	2.8	2.2	0.9	0.8	1.5	1.5	2.8	2.4	3.2	3.5
40	5.4	5.8	6.8	6.9	5.6	5.7	5.7	5.5	7.0	6.4	5.5	4.2
41	4.8	5.8	5.9	5.6	5.3	5.0	5.1	5.5	6.1	5.7	5.5	4.3
42	6.2	6.0	5.7	5.0	4.9	4.5	4.8	5.2	5.4	5.6	6.4	6.2
43	5.6	5.8	5.0	4.4	4.5	4.4	4.5	4.5	4.5	5.6	4.8	5.6
44	4.8	4.8	5.0	3.7	3.1	1.9	2.1	3.3	4.3	5.1	5.0	5.2
45	2.3	4.0	5.5	7.0	6.1	5.7	5.8	6.4	7.3	5.0	2.7	1.4
46	3.4	4.0	7.8	7.2	5.3	5.1	5.2	6.1	8.3	6.4	3.6	3.2
47	3.4	5.7	7.1	5.4	4.9	5.5	5.4	5.0	6.4	6.5	4.4	3.2
48	5.4	6.2	5.8	4.6	4.6	4.7	4.5	4.4	5.4	6.0	5.8	4.7
49	5.4	5.3	5.0	4.4	4.7	4.0	4.4	4.4	4.8	4.9	5.4	5.3



anterior solo que aquí se emplea un plano por evento crítico, lo que reduce el espacio a cuatro planos, pero la interpretación es igual de difícil que la anterior.

Se hizo el trazo de las isolíneas para ubicar un punto con un soleamiento dado (figura 22) de acuerdo con Monkhouse y Wilkinson (1963); el método se basa en el teorema de Tales Lluís, Cardenas, Curiel, y otros (1979) con esto se desarrollo la siguiente opción.

Figura 22. Método para interpolación de valores en el trazo de isolíneas.



La opción "e" Isolíneas horarias mensuales (figura 23). Esta pide anotar la duración del soleamiento por cada punto y mes en su localización en el plano, un plano por mes y trazar líneas que unan puntos con igual soleamiento o isolíneas con diferencia de una hora. Sin embargo, por tener este rango la información se observó confusa.

Opción "f" Isolíneas horarias críticas. En esta se anota la duración del soleamiento por cada punto, su localización en el plano y se trazan isolíneas con diferencia de una hora, un plano por evento crítico con lo que solo se tuvieron cuatro planos, la información también es confusa.

Observando este nuevo problema se pensó en hacer una clasificación de la disponibilidad del soleamiento (cuadro 13), tomando en cuenta un día promedio de 12 horas, que puede ser válido para cualquier período del año y que lleva implícito el tiempo en horas.

Cuadro No.13. Clasificación de la duración del soleamiento en horas y porcentaje.

Denominación	horas	porcentaje
Insignificante	0 - 1.5	0 - 12.5
Baja	1.5 - 4.5	12.5 - 37.5
Media	4.5 - 7.5	37.5 - 62.5
Elevada	7.5 - 10.5	62.5 - 87.5
Abundante	10.5 ó más	87.5 ó más

Con base en la clasificación del (cuadro 13) se propuso la opción "g" Isolíneas clasificadas mensuales (figura 24). En ésta

Figura 23. Isolíneas horarias mensuales

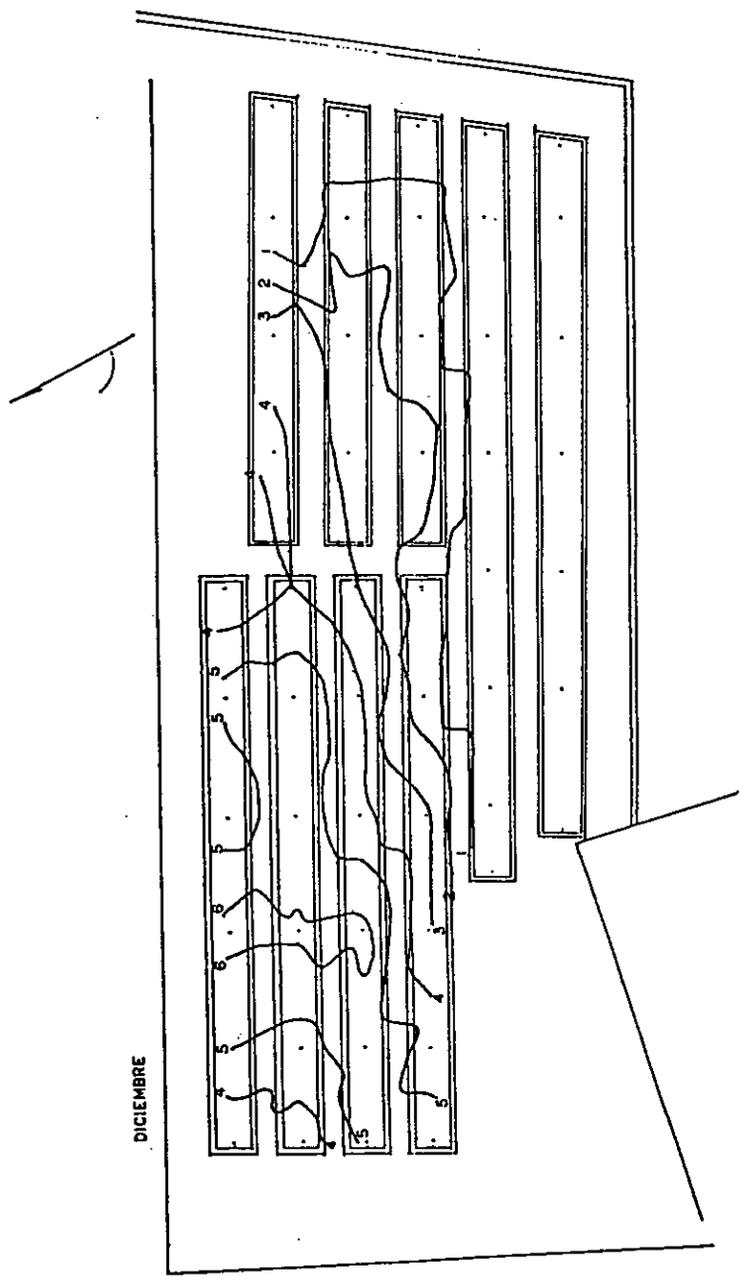
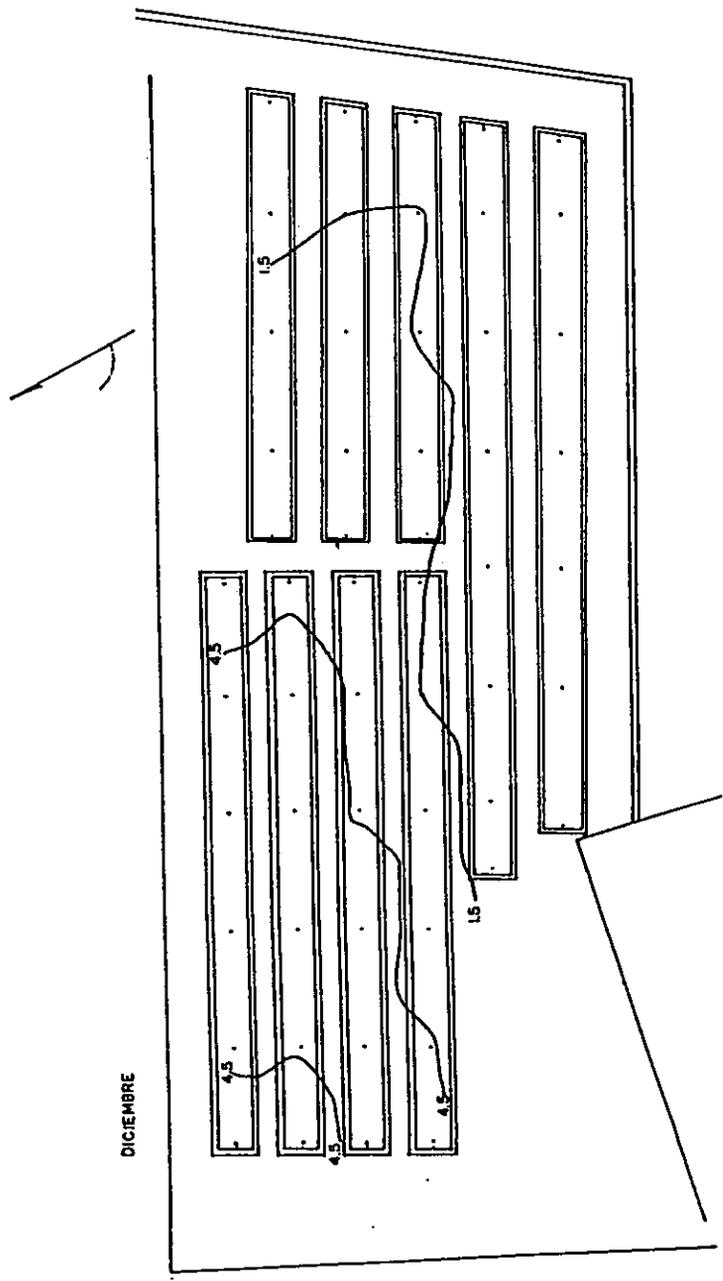


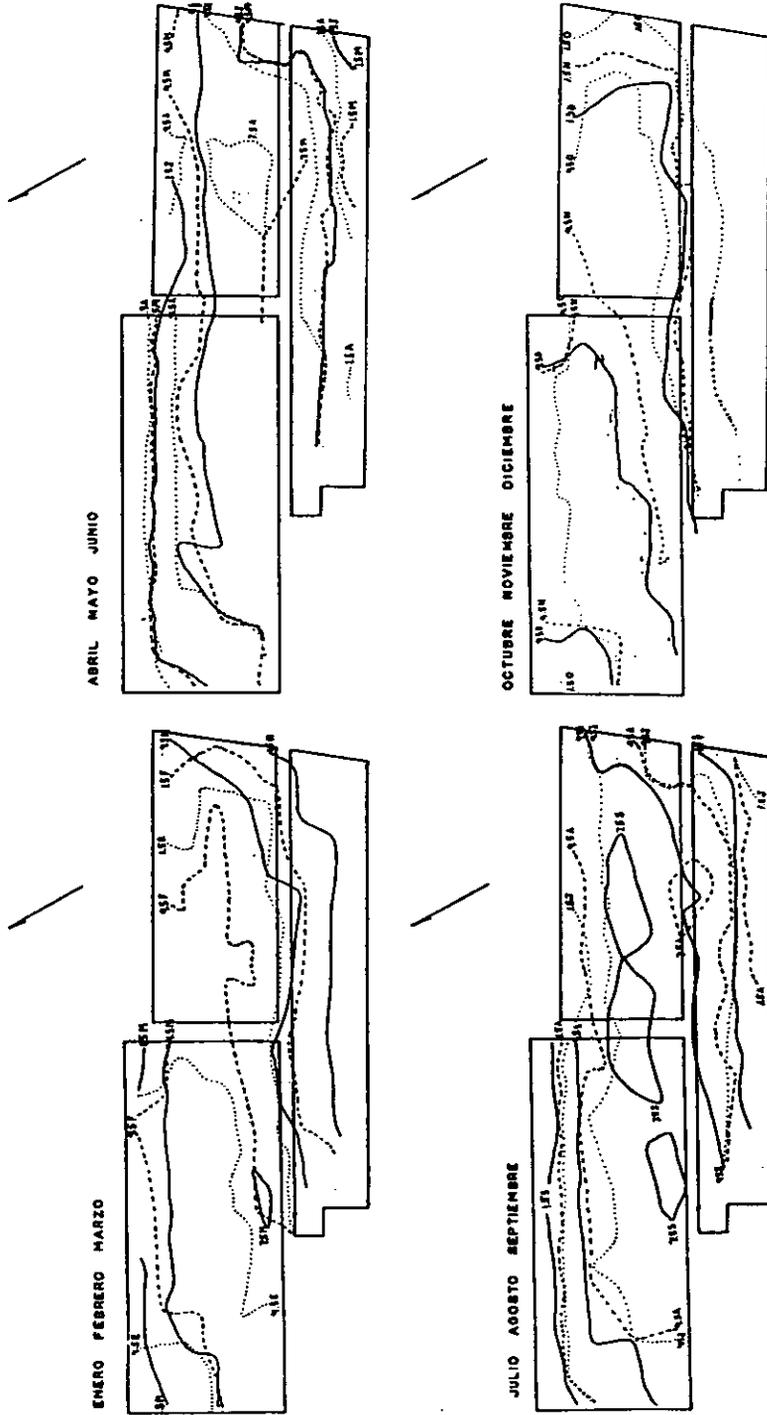
Figura 24. Isolíneas clasificadas mensuales



se anota la duración del soleamiento por cada punto y mes en su localización en el plano; se hace un plano por mes y se trazan isolíneas en relación a una clasificación de la duración del soleamiento. Difiere de la opción "e" en que las isolíneas se trazan para las horas que definen los rangos resultado de la clasificación. El espacio que se necesita es de 12 planos por lo que no es práctico manejarlo así. La interpretación mejora mucho pues se facilita la visualización de la información.

Para reducir el espacio necesario se planteó la opción "h" Isolíneas clasificadas estacionales (fig. 25) anotando la duración del soleamiento por cada punto y mes en su correspondiente localización en el plano y, trazando isolíneas en realación a una clasificación de la duración del soleamiento, haciendo un solo plano por cada estación del año. La interpretación de la información es como en la opción anterior; sin embargo se observó que el soleamiento del mes en que ocurre el cambio de estación sólo se asemeja al mes más cercano. En tanto, el soleamiento del tercer mes es muy diferente por lo que no es recomendable simplificarlo de esta forma, ya que se induciría una desviación y no se tendría una buena representación del soleamiento a lo largo de la estación, esto originó la siguiente opción.

Figura 25. Isolíneas clasificadas estacionales



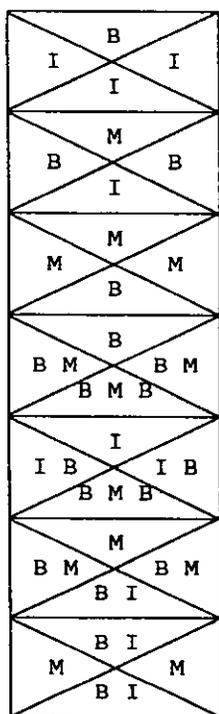
La opción "i" Isolíneas clasificadas de meses adyacentes (fig. 26) se anota la duración del soleamiento por cada punto y mes en su localización en el plano, haciendo un plano para cada evento crítico y meses adyacentes, y trazando isolíneas en relación a una clasificación de la duración del soleamiento. Es como la anterior pero no representa una estación sino el mes de cambio de estación y los adyacentes el anterior y el posterior, pues el soleamiento en estos casos es muy semejante y por lo tanto es válido para los tres meses que incluye; requiere de cuatro planos que se pueden simplificar a tres, porque el soleamiento en marzo y septiembre es semejante.

La opción "j" Soleamiento por áreas de crecimiento en fechas críticas (cuadro 14) representa la información relacionando la clasificación de la duración del soleamiento con el periodo representado por los meses de cambio de estación; emplea un cuadro dividido en cuatro partes, por dos diagonales, cada parte corresponde a una época del año representada por el mes de cambio de estación. Se sitúa arriba junio, abajo diciembre, a la derecha septiembre y a la izquierda marzo completando así el año y con las diferentes platabandas existentes en el vivero, pero la visualización de su ubicación no es buena, debido a las distintas combinaciones que tiene el soleamiento en el año.

En la opción "k" Cuadro de clasificación de áreas de soleamiento (cuadro 15) se realiza un cuadro indicando la localización de las áreas por fuera de éste. Se colocan a la izquierda, los grupos de platabandas semejantes, y en su parte superior se identifica cada platabanda por número; dentro de cada cuadro formado

se tienen dos líneas diagonales que dividen en cuatro partes cada cuadro. Cada parte corresponde a una época del año representada por el mes de cambio de estación, que incluye a sus meses adyacentes. Su categoría de soleamiento se indica con la inicial según el caso, así se obtiene una mejor visualización de la posición que ocupan las platabandas en el vivero conservando las ventajas de la opción anterior.

Cuadro No.14. Soleamiento por áreas de crecimiento en fechas críticas.



F-I

F-II

D-I, D-II, I-II

D-III

D-IV

I-I

I-III

Periodo del año que se  
representa dentro  
de los cuadros

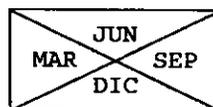
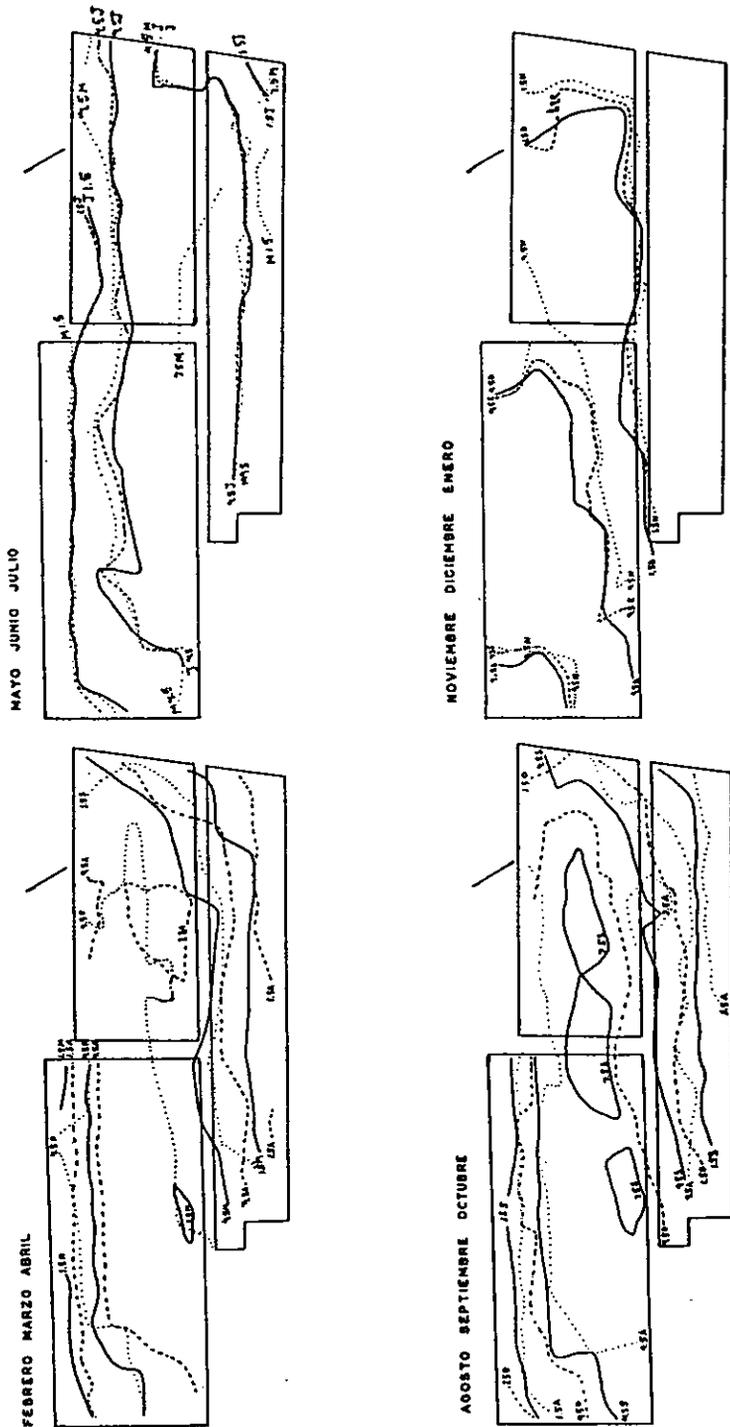


Figura 26. Isolíneas clasificadas de meses adyacentes

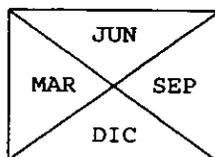


Cuadro No.15. Clasificación de áreas de soleamiento.

## NUMERO CORRESPONDIENTE A LAS PLATABANDAS

		I	II	III	IV
A R E A	F	B I	M B	—	—
	D	I M	I M/B	B B/M	I I/B
D E L	D	M B	M B/M	B/M B/M/B	I/B B/M/B
	I	M B/M	M B/I	B/I M	—
V I V E R O	D	B B/I	M B/I	B/I B/I	—
	I	B/M B/I	M B/I	M B/I	—

Período del año que  
se representa dentro  
de los cuadros



Soleamiento clasificado en:

	Sigla	Tiempo en horas
Insignificante	I	0 - 1.5
Baja	B	1.5 - 4.5
Media	M	4.5 - 7.5
Elevada	E	7.5 - 10.5
Abundante	A	10.5 ó más

Como hay áreas con dos y tres platabandas los cuadros restantes muestran una línea horizontal para indicar que no existe.

Cuadro No.16. Evaluación de las formas de representar la información

Diseños de representación	Interpre- tación	Espacio requerido	Manejo	Requiere plano to- pográfico	Relaciona soleamiento con áreas	Interpo- lación de puntos
"a" Diagramas solares	Difícil	Mucho	Difícil	No	No	Imposible
"b" Cuadro	Difícil	Poco	Fácil	No	No	Difícil
"c" Plano puntual por mes	Regular	Regular	Regular	Si	Si	Necesita
"d" Plano puntual por evento crítico	Regular	Poco	Bueno	Si	Si	Necesita
"e" Isolíneas horarias mensuales	Difícil	Regular	Regular	Si	Si	Incluida
"f" Isolíneas horarias críticas	Difícil	Poco	Bueno	Si	Si	Incluida
"g" Isolíneas clasificadas mensuales	Buena	Regular	Regular	Si	Si	Incluida
"h" Isolíneas clasificadas estacionales	Regular	Poco	Bueno	Si	Si	Incluida
"i" Isolíneas clasificadas de meses adyacentes	Buena	Poco	Bueno	Si	Si	Incluida
"j" Soleamiento por áreas de crecimiento en fechas críticas	Buena	Poco	Fácil	No	Si	Innecesaria
"k" Cuadro de clasificación de áreas de soleamiento	Buena	Poco	Fácil	No	Si	Innecesaria