

A-1279

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRICULTURA



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

"LA PODA EN EL AGAVE TEQUILERO (Agave tequilana
Weber Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD".

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRONOMO
ORIENTACION SUELOS
P R E S E N T A

ANA GUADALUPE VALENZUELA ZAPATA
LAS AGUJAS, MPIO. DE ZAPOPAN, JAL. 1987



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Facultad de Agricultura

Expediente

Número

Abr 11 23, 1986.

C. PROFESORES

ING. M.C. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO. DIRECTOR.

ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ. ASESOR.

ING. JOSE ANTONIO ZANDOVAL MADRIGAL. ASESOR.

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:

"LA PODA EN EL AGAVE TEQUILERO (Agave tequilana Weber Y SU INFLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD."

presentado por el PASANTE ANA GUADALUPE VALENZUELA ZAPATA

han sido ustedes designados Director y Asesoras respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes se sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada Tesis. Entre tanto me es grato reiterarles las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

ING. JOSE ANTONIO ZANDOVAL MADRIGAL.

Al contestar este oficio sírvase citar fecha y número



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
Facultad de Agricultura

Expediente
Número

Diciembre 9, 1986.

ING. ANDRES RODRIGUEZ GARCIA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
PRESENTE

Habiendo sido revisada la Tesis del Pasante _____
ANA GUADALUPE VALENZUELA ZAPATA _____, titulada -

"LA PODA EN EL AGAVE TEQUILERO (Agave tequilana Weber Y SU IN-
FLUENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD,"

Damos nuestra aprobacion para la impresion de la misma.

DIRECTOR,

M.C. LUIS ALBERTO RENDON SALCIDO

ASESOR

ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ.

ASESOR

ING. JOSE ANTONIO SANDOVAL MADRIGAL.

hlg.

Al contestar en el oficio sírvase citar fecha y número

DEDICATORIAS.

Por tu lucha y juventud cotidiana
por tu apoyo perenne a mis proyectos,
por tu amistad, Madre.

Al ejemplo perfecto de un gran
hombre; mi Padre

A mis hermanos con amor

A todos aquellos que a leer esta
tesis puedan obtener algún provecho
de ella.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar mi gratitud a mi Universidad y Escuela, a mis maestros y a todas aquellas personas que colaboraron de alguna forma a esta tesis que por ser corto el espacio no podría nombrar a todos, quiero agradecer a mis amigos, que durante el trabajo de campo me ofrecieron siempre su colaboración especialmente a Oracio Gómez Jiménez y Antonio Olvera, que me ayudaron en las mediciones nocturnas.

A los mezcaleros de la región tequilera por sus enseñanzas y ayuda.

A Lili y Jorge Rodríguez por su apoyo decidido, bajo cualquier circunstancia. Gracias a Victor por la elaboración de gráficas.

Al Dr. Gentry por abrirme una puerta hacia el conocimiento de los Agaves y al Dr. Park Nobel por su ejemplo, enseñanzas y amistad.

A mi director y asesores por su accesibilidad, consejos y dirección.

A Tequila Sauza por facilitarme su plantación en El Indio y a Cuervo por el préstamo de su laboratorio.

...." Toda la tierra es una tumba
y nada escapa a ella,
nada es tan perfecto que no caiga
y desaparezca....
Lo que fué ayer ya no es hoy
y lo que vive hoy
no puede esperar ser mañana "

Nezahualcoyotl.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

FE DE ERRATAS

Dice: Cardiodes..... es: Cardioides
Grados azimultales.....: Grados azimutales
Hleterodera magamidae.: Heterodera magamidae.
Radiación Activa
Fotosintética.....: Radiación fotosintéticamente
activa.

Las abreviaturas correspondientes a tratamientos son:

CP Con Poda
SP Sin Poda
UP Una Poda
E1 Estrato Uno
E2 Estrato Dos
E3 Estrato Tres

Abreviaturas compuestas como por ejemplo:

CP-E1 Es el tratamiento Con Poda en el Estrato Uno.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

INDICE

Orden de Figuras

Resumen

Capitulo 1. Introducción.

1.1. Hipótesis y supuestos.

1.2. Objetivos

Capitulo 2. Revisión de Literatura.

2.1. Botánica.

2.1.1. Descripción de la familia Agavaceae

2.1.2. Descripción del género Agave

2.1.2.1. Subgéneros del género Agave

2.1.3. Descripción de Agave tequilana

2.2. Energía Solar

2.2.1. Ciclo astronómico del sol y movimiento de la tierra.

2.3. Factor Luz

2.3.1. Unidades de medición

2.3.2. Importancia de la luz en las plantas en general.

2.4. Papel de la luz en la fotosíntesis.

2.4.1. Pigmentos y cloroplastos

2.4.1.1. Clorofilas

2.4.1.2. Carotenoides

2.4.2. Excitación de pigmentos

2.4.2.1. Ley de Einsteins.

2.5. Plantas de metabolismo C3 y C4

2.5.1. Plantas C3 y ciclo de Calvin

2.5.1.1. Ciclo de Calvin

2.5.2. Plantas C4

2.6. Metabolismo ácido crassuláceo (MAC o CAM)

2.6.1. Secuencias del MAC

2.6.1.1. Fijación de CO₂ en la oscuridad

2.6.1.2. Flujo de carbono en el día.

2.6.2. Fotorespiración en plantas MAC.

2.6.3. Enzimas del MAC

2.6.4. Tipos de plantas MAC

- 2.7. La Luz en la fotosíntesis y productividad.
- 2.7.1. La edad de las hojas y su fotosíntesis.
- 2.8. La Radiación Activa Fotosintética (PAR) en la fotosíntesis y productividad de plantas MAC.
- 2.8.1. Equivalentes de acidez por CO₂ fijado
- 2.9. La Poda
- 2.9.1. La Poda o barbeo en Agave tequilana

Capítulo 3

Materiales y Métodos

- 3.1. Material vegetal.
- 3.2. Sitio de experimentación.
- 3.2.1. Localización
- 3.2.2. Clima
- 3.2.3. Geología.
- 3.2.4. Suelos.
- 3.2.5. Vegetación.
- 3.3. Métodos
- 3.3.1. Medición de acumulación nocturna de acidez
- 3.3.2. Material para medición de acidez
- 3.3.3. Tiempo de mediciones.
- 3.3.4. Orden de eventos del experimento
- 3.3.5. Rangos de orientación o dirección de las --
hojas.
- 3.3.6. Labores de cultivo durante el período de --
experimentación.
- 3.3.7. Actividades después de la experimentación.

Capítulo 4 Resultados y Discusión

Capítulo 5 Conclusiones.

Bibliografía.

Apéndice.

ORDEN DE FIGURAS

Fig. N° 1 Inclinación del eje de la tierra

(Serrano, 1981, Soleamiento, Climas y edificaciones)

Fig. N° 2 Grados Azimutales de Tequila, Jal. Lat. 20°53'33"

A) Solsticio de Verano

B) Equinoccio

C) Solsticio de Invierno

Fig. N° 3 Altitud Solar de Tequila, Jal. Lat. 20°53'33"

A) Solsticio de Verano

B) Equinoccio

C) Solsticio de Invierno

Fig. N° 4 Energia Radiante

A) Espectro electromagnético (Salisbury y Ross -
1978, Plant Physiology)

B) Flujos de energia radiante (Jones 1985, Techni
ques in Bioproductivity)

Fig. N° 5 Luz tomada por una molécula de clorofila

(Salisbury y Ross, 1978, Plant Physiology)

Fig. N° 6 Resúmen del ciclo de Calvin.

(Salisbury y Ross, 1978, Plan Physiology)

Fig. N° 7 Diagrama de los esquemas operativos del ciclo C4 de la fo-
tosíntesis (Bidwell, 1983, Fisiología Vegetal)

- Fig. Nº 8 Flujo del Carbono en el metabolismo Acido Crassulaceo -
(Coombs J. 1985, Techniques in Bioproductivity)
- Fig. Nº 9 Relación entre la PAR total diaria y el incremento de --
Acidez nocturna en Opuntia bigelovvi con y sin espinas -
(Nobel, 1983)
- Fig. Nº 10 Influencia de la PAR total diaria sobre la fijación noc-
turna de CO₂ (A) y la Acumulación de Acidez (B) en Agave
deserti, Ferocactus acanthodes y Opuntia ficus-indica
(Nobel, 1984a)
- Fig. Nº 11 Influencia de la temperatura de crecimiento sobre la - -
respuesta de acumulación de Acidez Nocturna a una PAR --
total diaria en Opuntia Ficus-indica (Nobel y Hartsock - -
1984)
- Fig. Nº 12 Influencia de la PAR total diaria sobre A) Fijación neta
de CO₂ en la noche y en un período de 24 horas; B) Acumu-
lación Nocturna de Acidez en Agave fourcroydes
(Nobel, 1985)
- Fig. Nº 13 Dependencia del incremento de Acidez en la noche sobre -
la Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) durante el-
día en Agve salmiana (Nobel y Meyer, 1985)
- Fig. Nº 14 Radiación fotosintéticamente Activa afectada por A) Direc-
ción de las hojas (compass direction); B) Posición a lo-
largo de la hoja (Position on leaf) C) Superficie de la-
hoja (leaf side) y D) Posición en el follaje (Canopy po-
sition) en A.lechugilla (Novel y Quero, 1986) 22 de marzo-
de 1983.

Fig. N° 15 Relación entre la PAR y la acumulación de Acidez Nocturna en Agave tequilana. (Nobel y Valenzuela, en prensa)

Fig. N° 16 Fijación Nocturna total de CO_2 (A) acumulación Acida (°) - a varios niveles de la PAR durante el día en Opuntia ficus indica (Nobel y Harsock, 1983)

Fig. N° 17 Localización de la zona experimental

Fig. N° 18 Climograma

Fig. N° 19 Esquema del diseño experimental

R E S U M E N

Se investigó la explicación de los efectos de la poda o barbeo en una planta CAM: Agave tequilana W.y su influencia en la productividad.

La poda se realiza aparentemente desde hace un siglo (Pérez,1887) aunque en la actualidad existen dudas de su beneficio para algunos inversionistas agrícolas.

La generalidad de los campesinos mezcaleros la ejecutan según la edad de la plantación en diferentes formas, seguros de su influencia benéfica en la productividad.

Para su estudio se consideraron tres niveles de poda y tres estratos de hojas; (SP) Sin Poda durante dos años seguidos (1985-86);(UP) plantas con una poda sin realizar (1986) y (CP) con podas tradicionales.

Estrato inferior (E1); Medio (E2) y superior (E3) se utilizaron plantas de 6 años con poda intensa llamada "Barbeo de escobeta". El parámetro medido fue la acumulación de acidez nocturna.

Los resultados señalan que esta poda afecta la cantidad de radiación fotosintéticamente activa (PAR) favoreciendo su incremento. Un déficit de la PAR ocasiona disminución en la fotosíntesis y por lo tanto en la productividad del vegetal.

Probablemente el incremento de la PAR de esta manera, no solo influya en la fotosíntesis si no también ayuda a aumentar la temperatura de la planta y su actividad hormonal.

Además de esta ventaja primordial con la poda existen otras como la eliminación de plagas y un mejor acceso para las labores no mecanizadas.

Como conclusiones se establece que un uso indiscriminado de la poda es perjudicial al cultivo. Por lo cual para su ejecución deben tomarse en cuenta; la intensidad o forma de poda según la edad del mezcal; la densidad de plantación; la época del año y buenas herramientas de trabajo.

Como mejor edad para el barbeo se acepta la de 4 a 5 años según la densidad por hectarea. Si las labores no son mecanizadas se sugiere un barbeo muy ligero para acercar mas las labores agrícolas desde el primer año.

Si son mecanizadas lo mejor es no barbear el mezcal hasta que se produzca el sombrero.

De 5 años en adelante el barbeo debe ejecutar se cada vez mas intenso para evitar plagas y sobre todo un sombrero mayor.

CAPITULO 1 INTRODUCCION.

Agave tequilana W. es una planta de primer -- importancia en la economía del estado de Jalisco y a nivel nacional, por ser el Tequila un producto de exportación netamente mexicano.

La enorme demanda de un mercado nacional --- e internacional, ha creado una industria de grandes dimensiones y una extensa área de cultivo de mezcal en el estado de Jalisco.

De la planta se utiliza para la elaboración del tequila, una parte denominada "Piña" o "cabeza" que - - está formada por el tallo y las bases de las hojas. Su proceso posterior es completamente industrial con etapas de -- cocción, molienda, extracción de azúcares, fermentación y - destilación.

(Valenzuela, 1985).

Actualmente este complejo industrial de grandes proporciones sufre un déficit de materia prima de agave para su productividad. Las causas numerosas, principalmente de orden económico, pronostican un futuro no muy prometedor para abastecer a la industria tequilera.

Cosechas de baja productividad en biomasa y azúcares, largo ciclo vegetativo, precios incosteables del agave obligan al campesino mezcalero a tomar otra alternativa de cultivo.

El cultivo de A. tequilana se viene realizando casi empíricamente, algunas de sus labores tradicionales han sido modificadas, adicionándose nuevas técnicas agronómicas, para lograr mayores rendimientos por hectárea. Una de las labores tradicionales es el barbeo o poda, de especial controversia entre los productores mezcaleros.

El problema es que no se acepta totalmente, mientras para unos es una labor indispensable para la maduración precoz y aumento de productividad, para otros es sumamente perjudicial, cual fué el motivo para iniciar el barbeo?, Cómo es que tiene influencia en la maduración y productividad del mezcal?, Cuándo debe ejecutarse?, a qué edad, etc?. Son preguntas de las cuales algunas veces encontraremos respuestas diferentes entre los campesinos. Pero, si podremos encontrar una visión casi general de que el mezcal próximo a la cosecha debe ser barbeado más intensamente.

El presente estudio nació a partir de la interrogante sobre el beneficio o perjuicio del barbeo o poda en el mezcal tequilero.

Los objetivos planteados en el anteproyecto fueron afirmados en esta tesis, así mismo las hipótesis resultaron igualmente positivas. Sin embargo es necesario seguir investigando más al respecto, para encontrar resultados tales que demuestren la influencia del barbeo en un determinado porcentaje de incremento en la productividad. De

igual manera correlacionar el barbeo con los contenidos de azúcares reductores, punto esencial de la industrialización del mezcal y productividad tequilera.

Esta tesis por lo tanto ofrece una explicación del barbeo y una metodología accesible básica para demostrar los anteriores temas en un tiempo relativamente menor comparado con el ciclo vegetativo del mezcal. Misma que puede ser modificada por cualquier otro fin de estudios en el agave mismo.

1.1.HIPOTESIS

- 1.- Las prácticas agrícolas como la poda o barbeo, en Agave tequilana W., ayudan a un aumento en la eficiencia de recepción de Radiación fotosintéticamente activa (PAR), incrementándose la fotosíntesis y la productividad.
- 2.- Las hojas inferiores sombreadas por los estratos superiores de la misma planta tienen una descompensación en la relación fotosíntesis-respiración.
- 3.- Las plantas maduras* , sombreadas por otras o por ellas mismas en algunos estratos de hojas, pueden tener un déficit de PAR y un desgaste de energía por respiración.
- 4.- Se obtiene una mayor y más uniforme PAR en los diferentes estratos de hojas en plantas maduras podadas, que en las no podadas.

* Plantas Maduras: Se refiere a mezcales próximos a cosechar de seis a más años de plantados.

SUPUESTOS.

Se suponen características homogéneas de aquellos factores que pueden tener influencia en la fotosíntesis. Directamente en la fijación nocturna de CO_2 y por lo tanto en el incremento de acidez en la planta.

- 1.- El suelo se considera un cuerpo natural de características homogéneas
- 2.- La humedad y temperatura se encuentran como factores no limitantes en la fijación de CO_2 .
- 3.- Las demás labores o prácticas agrícolas del cultivo son iguales en todas las plantas experimentadas y en la plantación general.

1.2. OBJETIVOS.

- 1.- Comparar el efecto de la Radiación fotosintética activa (PAR) en agaves podados y sin podar
- 2.- Evaluar la eficiencia fotosintética de los diferentes estratos de hojas
- 3.- Demostrar que el barbeo intenso* en mezcales maduros cultivados en altas densidades afecta a la cantidad de radiación fotosintéticamente activa.

* Barbeo intenso se entiende como "barbeo castigado", "banco rebajado" o "escobeta" en las diferentes regiones mezcaleras de Jalisco.

CAPITULO 2 REVISION DE LITERATURA.

2.1.- Botánica.

La taxonomía clásica del género Agave lo -- localizaba dentro de la familia de las Amarilidaceas, sin embargo esta clasificación únicamente se basaba en la posición inferior del ovario en dicho género, característica general para los miembros de ésta familia.

Fué hasta 1959 que Hutchinson (citado por Matuda y Piña, 1980) estudiando las características ecológicas, hábitos de crecimiento y morfología general, formó el orden Agavales, mismo que incluye géneros de las familias Amarilidacea y Liliacea en la Agavacea y la Xanthorrea de distribución en el hemisferio Sur.

Xanthorrhaceae, de perianto seco y más o menos glumáceo de seis segmentos libres o casi libres; y Agavaceae de perianto carnoso y segmentos generalmente unidos en un tubo.

2.1.1. Familia Agavaceae Hutchinson, 1959 (citado por Matuda y Piña, 1980).

Plantas acaules con bulbo o rizoma; o caulescentes con tallo leñoso simple o ramificado. Hojas arrosetadas, basales o caulinares, delgadas y flexibles o gruesas y carnosas, fibrosas, enteras o con bordes espinosos. Flores bisexuales, polígamas o dioicas; octinomorfas o zigomorfas; racimosas, espigadas o paniculadas; ramas de la inflorescencia con grandes brácteas en sus bases; tubo del

perianto corto o poco alargado; segmentos desiguales o subiguales, seis estambles insertos en la base de los segmentos o sobre el tubo; filamentos filiformes o engrosados en su base libres; anteras introrsas, lineares, generalmente dorsifijas, biloculares; ovario súpero o ínfero, trilocular, con placentas axiliares; estilo alargado; óvulos numerosos o solitarios en cada lóculo, superpuestos en dos series, anátropos. Fruto capsular o en baya; semillas numerosas o solitarias, comprimidas con endospermo carnoso rodeando al embrión.

Generos: Yucca, Hesperaloe, Cordyline, Cohnia Dracaena, Sansevieria, Phormium, Nolina, Calibanus, Beaucarnea, Dasylirion, Agave, Fourcraea, Beschorneria Doryanthes, Polyanthes, Prochnyanthes, Bravao y Manfreda.

Ojeda (1984) mediante estudios polinológicos ha encontrado parecidos considerables entre estos géneros al igual que otros autores con estudios cromosómicos revelan el parentesco y reafirman la clasificación actual de la familia Agavaceae

2.1.2. Género Agave L. sp.Pl.323,1753

Plantas de rosetas suculentas, monocárpicas o policárpicas, perennes o multianuales con hojas de largo ciclo de vida, frecuentemente propagándose en la base y ocasionalmente con bulbos en la inflorescencia; raíces fibrosas duras, extendidas radial y superficialmen

te; tallos gruesos, muy cortos usualmente más cortos que el retoño terminal, simple o ramificado; hojas largas, -- generalmente suculentas, terminando en una punta con espina, margen armado o inerme con dientes; inflorescencia -- alta, bracteada, escaposa, espigada, racimosa, o paniculada con flores en grupos umbelados; flores mayormente -- grandes generalmente protándricas; perianto tubular o -- superficialmente funeliforme, de seis segmentos erectos -- variando a curvos o dimórficos, umbricados en el botón -- seis estambres, exertos, filamentos largos insertos en el tubo o en las bases de los tépalos; anteras versátiles, -- ovario inferior, trilobulado, suculento, de paredes gruesas con numerosos óvulos axiliares en dos series por ló-- culo, pistilo elongado, filiforme, tubular, estigma trilobulado, glandular papilado; fruto dehiscente, cápsula -- loculicida; semillas aplanadas y negras. (Gentry, 1982).

2.1.2.1. Subgéneros del género Agave.

Flores espigadas en pares o en grupos, o -- raramente racimosas en pequeños agrupamientos distintivos
Subgénero Littaea.

Flores paniculadas en grandes agrupamientos umbelados sobre pedúnculos laterales subgénero Agave
(Gentry, 1982)

2.1.3- Clasificación y descripción botánica de Agave tequilana W.

La primera nota que encontramos sobre la denominación binominal de los agaves empleados para la elaboración del tequila, la menciona Pérez (1887) como Agave mexicana de Lammarck. Así mismo, explica que de acuerdo a ciertos caracteres físicos, se distinguen varias especies, estas con los nombres de: mezcal chino, azul, bermejo, sigüin, moraleño, chato, mano larga, zopilote, pie de mula y otros más. Sin embargo A.mexicana nunca apareció en la literatura como una denominación científica normal

Es hasta 1902 que Weber describe A. tequilana formalmente. Blanco (1906-1907) nombra las mismas variedades mencionadas por Pérez, pero aún sin denominación científica establecida. Explica que la variedad azul es la más precoz y mayormente cultivada. Coloca al sigüin (xigüin) como segundo en importancia, haciendo énfasis en su rusticidad.

Trelease (1909 citado por Conzatti 1981) denomina al maguey chato como A.subtilis, clasifica a A.palmaris conocido como mezcal mano larga o chino bermejo; y al mezcal pie de mula como A.pes-mulae. En 1920 describe a A.pseudotequilana conocido como mezcal blanco. Estas descripciones fueron publicadas por Standley (1920-citado por Conzatti 1981) siendo breves e incompletas.

Gentry (1982) acomoda las clasificaciones de Trelease como sinónimos de A. tequilana ya que las considera solo formas de la misma especie. Hasta la fecha las variedades de A. tequilana W. carecen de estudios taxonómicos particulares ignorándose aún las características propias y completas de cada una.

Asimismo, en la actualidad se sigue prefiriendo el mezcal azul para cultivo e industrialización. En segundo lugar se prefiere al siguiente que en poco se diferencia del primero, pasando en la industria como variedad azul en forma de piña.

1.3.1.- Descripción botánica.

Agave tequilana Weber. Mus. Nat. D' Hist.Nat.Bull.8:220, - 1902.

A. palmaris Trel.Contr. U.S. Nat Herb. 23:116,1902.

A. pedrosana Trel. ibid p. 116

A. pismulae Trel. ibid p. 117

A. pseudotequilana Trel. ibid p. 119

A. subtilis Trel. ibid p. 116

Planta surculosa que se extiende radialmente de 1.2 a 1.8 metros de altura. Su tallo es grueso, corto de 30 a 50 cm. de altura al madurar. Las hojas de

90 a 120 cm. lanceoladas, acuminadas de fibras firmes, -- casi siempre rigidamente estiradas, cóncavas, de ascendentes a horizontales, lo más ancho se encuentra hacia la -- mitad de la hoja, angosta y gruesa hacia la base generalmente de color glauco azulado a verde grisáceo. El márgen es recto a ondulado o repando; los dientes generalmente de tamaño regular y espaciados irregularmente, en su mayoria de 3 a 6 mm de largo a la mitad de la hoja, los ápices delgados, curvos o flexos desde poca altura de la base piramidal de color café claro a oscuro, de 1 a 2 cm de separación, raramente son remotos o largos. Su espina generalmente corta de 1 a 2 cm de largo, raramente larga-achatada o abiertamente surcada de arriba, la base ancha, café obscura decurrente o no decurrente. La inflorescencia es una panícula de 5 a 6 m de altura, densamente ramosa a lo largo, con 20 a 25 umbelas largas difusas de flores verdes y estambres rosados; flores de 68 a 75 mm. de largo con bracteolas sobre los pedicelos de 3 a 8 mm. de longitud; ovario de 32 a 38 mm de largo, cilíndrico con cuello corto, inconstricto, casi terminando en punta sobre la base, tubo floral de 10 mm de profundidad, de 12 mm. de ancho, funeliforme surcado, los tépalos desiguales de 25 a 28 mm. de longitud por 4 mm. de ancho, lineares, erectos pero rápidamente flojos en anthesis. cambiando entonces a cafesosos y secos, filamentos de 45 a 50 mm. de largo doblados hacia adentro junto al pistilo, insertos -

2.3. Factor Luz

El Sol emite una gran cantidad de ondas -- electromagnéticas (radiaciones). Estas ondas irradian -- desde el Sol en todas direcciones. La Tierra, en la parte superior de su atmósfera recibe alrededor del 50% de la luz del Sol. (Sutton y Harmon, 1983).

Las longitudes de onda de estas varían de 0.2 a 4.0 micrones (1 micrón 1×10^{-4} cm.)

Las ondas de 750 a 400 milimicrones son la luz visible, porción del espectro electromagnético, que en algunas ocasiones se extiende a las porciones infrarrojas y ultravioletas del mismo. (Salisbury y Ross, 1978). En cuanto mayor es la longitud de onda menor será su efecto calorífico. Las plantas verdes crecen normalmente solo cuando están expuestas a la combinación de la mayoría de las longitudes de onda luminosas. (Daubemire, 1982) (Fig. 4A y B)

2.3.1. - Unidades de medición.

La luz puede expresarse en función de unidades caloria-g. (cal-g) de energía; en referencia a la iluminación producida por una bujía standar lux,^{*} (Daubemire, 1982) igualmente puede medirse como energía radiante, denominándose Einstein^{**} a la energía de un mol de fo

*Lux: Es la cantidad de luz recibida a la distancia de un metro a partir de la bujía standar.

** Para mayor claridad consultar esta misma obra en la Ley de Einstein más adelante.

de 7 a 5 mm. cerca de la base de tubo; anteras de 25 mm. de largo. El fruto es una cápsula ovada a brevemente cuspitada. (Gentry 1982).

Pertenece a la familia Agavaceae Engelm y al orden Agavales Hutchinson. Su sección correspondiente al subgénero Agave L. es la Rigidae (Berger) (Matuda y Piña 1980; Gentry 1982).

2.2.-Energía Solar

El Sol es una central energética accionada por reacciones de fisión nuclear que provee la energía -- necesaria para mantener la vida en la tierra.

2.2.1. - Ciclo astronómico del Sol y movimiento de la Tierra.

Cada 365 días la Tierra completa una órbita elíptica de aproximadamente 939 millones de kilómetros alrededor del Sol. A través de dicha órbita la tierra -- gira alrededor de su propio eje, el cual se encuentra inclinado. De ésta manera tanto la duración de la luz del día como los ángulos de los rayos solares que toca la superficie en un punto dado, están cambiando constantemente durante el año. (Serrano, 1981; Wright, 1983; Sutton y Harmon, 1983; Acuña et al., 1984). La noción de que el Sol sale exactamente por el Oriente y se oculta por el -- Occidente pasando al mediodía por la vertical del lugar --

solo es completamente cierto durante los equinoccios - - (21 de marzo y 24 de septiembre), siempre y cuando la persona se encuentre en un punto de latitud igual a 0° o sea el Ecuador. Así la Tierra en su rotación con el eje inclinado $23^\circ 27'$ (a partir de la perpendicular de su órbita) - recibe los rayos solares formando ángulos variables, que van de $90^\circ + 23^\circ 27'$ el 21 de marzo y aminorándose a $90^\circ - 23^\circ 27'$; el 21 de junio, volviendo a aumentar hasta 90° ángulo recto el 24 de septiembre (Fig.1).

Por lo que el lugar donde se ve salir el - Sol se va moviendo en verano hacia el Norte y en invierno hacia el Sur, esto para el Hemisferio Norte.

Así, el 21 de junio cuando el Sol está en su máxima altura se presenta el solsticio de verano, con un día solar más largo y en el punto más bajo el solsticio de Invierno el 21 de diciembre, con un día más corto. Los puntos intermedios de latitud solar corresponden a -- los equinoccios el 21 de marzo y el 24 de septiembre.

Diariamente el Sol hace una trayectoria de denominada "Arco Solar" que se dibuja en el firmamento, según sea la latitud del lugar el sol forma un ángulo distinto con el Sur verdadero y alcanza en el cielo una altitud diferente con respecto a la horizontal.

El Azimut es el ángulo horizontal formado-

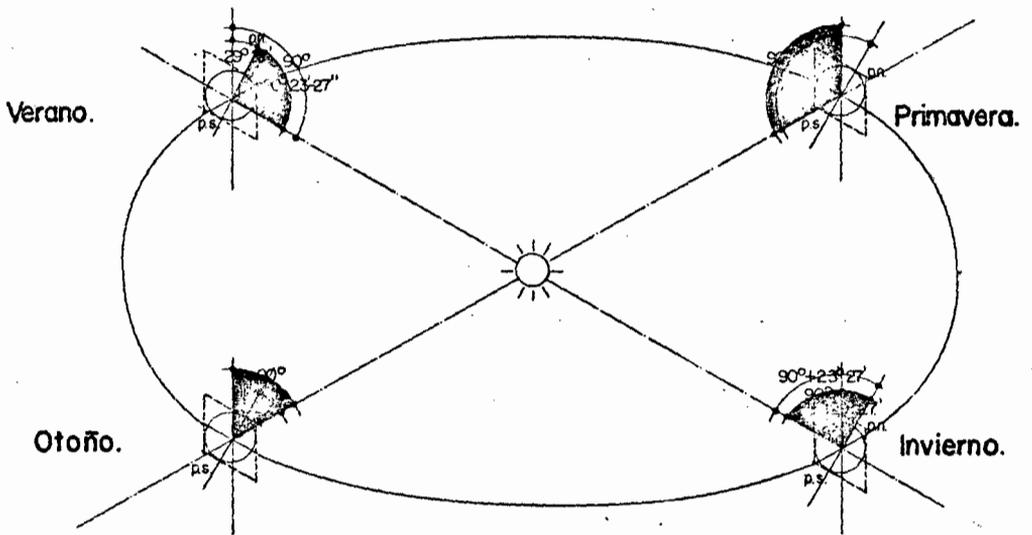


FIG. I. Inclinação del eje de la tierra.
 (Serrano , 1981 , Soleamiento , Climas y edificaciones .)

entre la orientación del Sol y del eje Norte-Sur y proyectado sobre un plano horizontal a la superficie terrestre. El grado azimutal será menor en Invierno y mayor Verano. (Fig. 2' A, B y C)

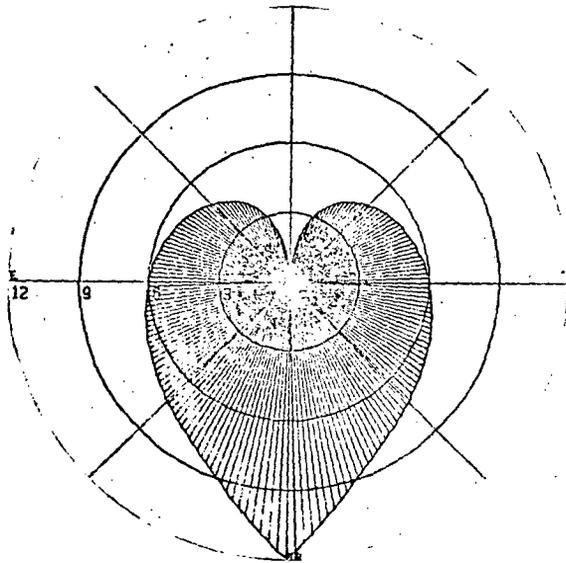
La Altitud es el ángulo vertical formado entre la posición del Sol en el cielo y el plano terrestre horizontal para una latitud dada. En invierno la altitud es más pequeña y en el solsticio de Verano más grande (Fig. 3). Así tenemos que para la población de Tequila Jalisco, la duración del día solar verdadero es para el solsticio de verano 13 horas 20 minutos, para el de invierno 10 horas y 56 minutos y para los equinoccios 12 horas 06 minutos.

Cardiodes solares son las representaciones gráficas de los tiempos de soleamiento que recibe un objeto orientado a alguna de las direcciones básicas. Las cardiodes realizadas para la latitud de Tequila, Jalisco, $20^{\circ}53'33''$ para los días del equinoccio señalan una mayor insolación para la orientación Sur y menor para la Norte (Gráfica 1) para el solsticio de verano se tiene mayor insolación para la orientación Norte y menor la Sur, en el de Invierno el soleamiento se carga hacia la orientación Sur (Gráfica 2 y 3). El mayor tiempo de soleamiento deberá ser para las fechas cercanas al solsticio de Verano ya que los días solares verdaderos serán más largos.

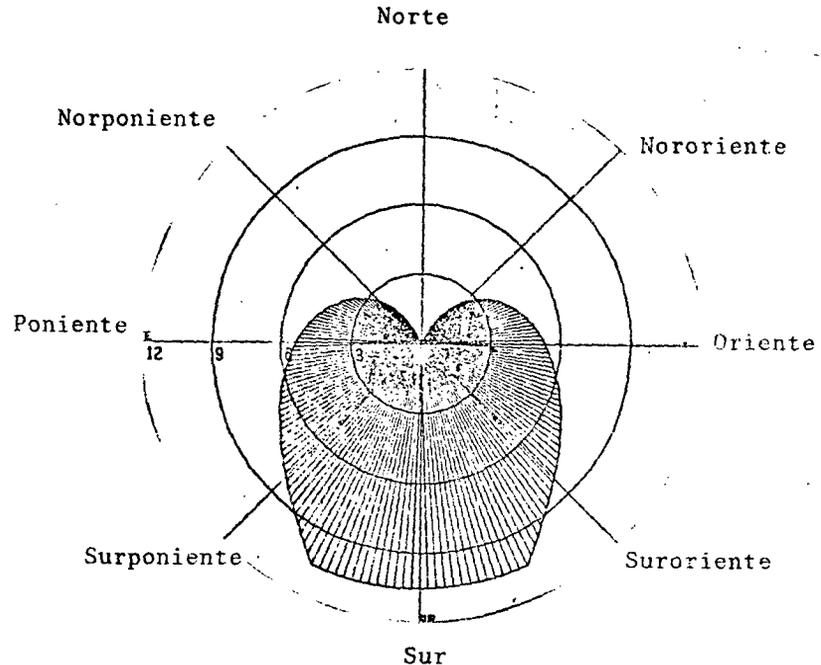
CARDIODES SOLARES

Tequila, Jal

Latitud 20 53 33



Grafica 1 Equinoccio



Grafica 2 Solsticio de invierno.

SOLSTICIO DE VERANO.

AZIMUT.

amanecer: 5: 22' 52"

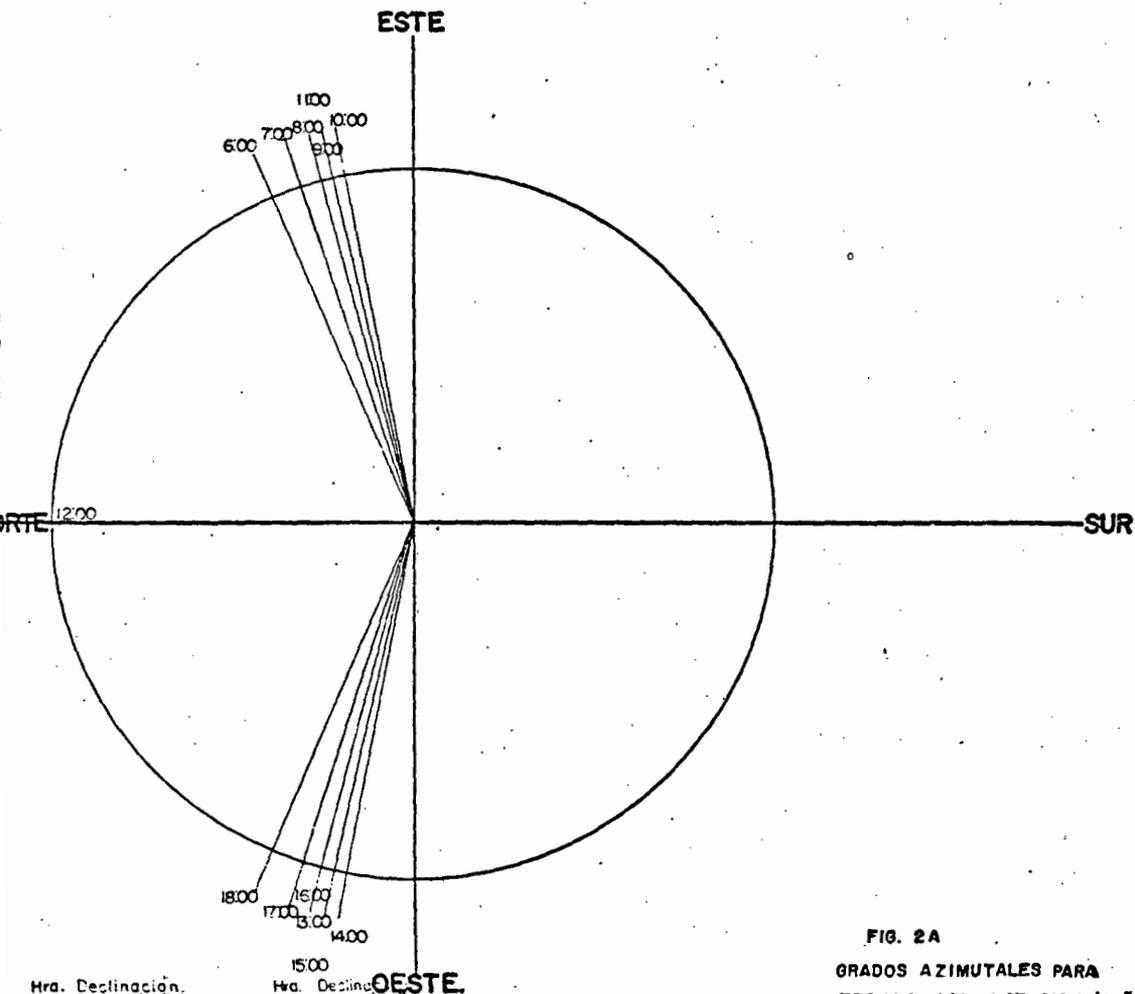


FIG. 2A

GRADOS AZIMUTALES PARA
TEQUILA, JAL., LAT. 20° 53' 35"

Hra.	Declinación.
6.	67° 57' 2"
7.	72° 4' 43"
8.	75° 22' 15"
9.	77° 52' 29"
10.	79° 14' 20"
11.	77° 6' 7"
12.	67° 0' 0"

Hra.	Declinación.
13.	77° 6' 7"
14.	79° 14' 20"
15.	77° 52' 29"
16.	75° 22' 15"
17.	72° 4' 43"
18.	67° 57' 2"

TABLA DE GRADOS, MINUTOS Y SEGUNDOS
CORRESPONDIENTE A LAS DECLINACIONES
DE LA GRAFICA SUPERIOR.

EQUINOCCIO.

LATITUD 20° 53' 33".

AZIMUT.

amanecer: 6:00'00"

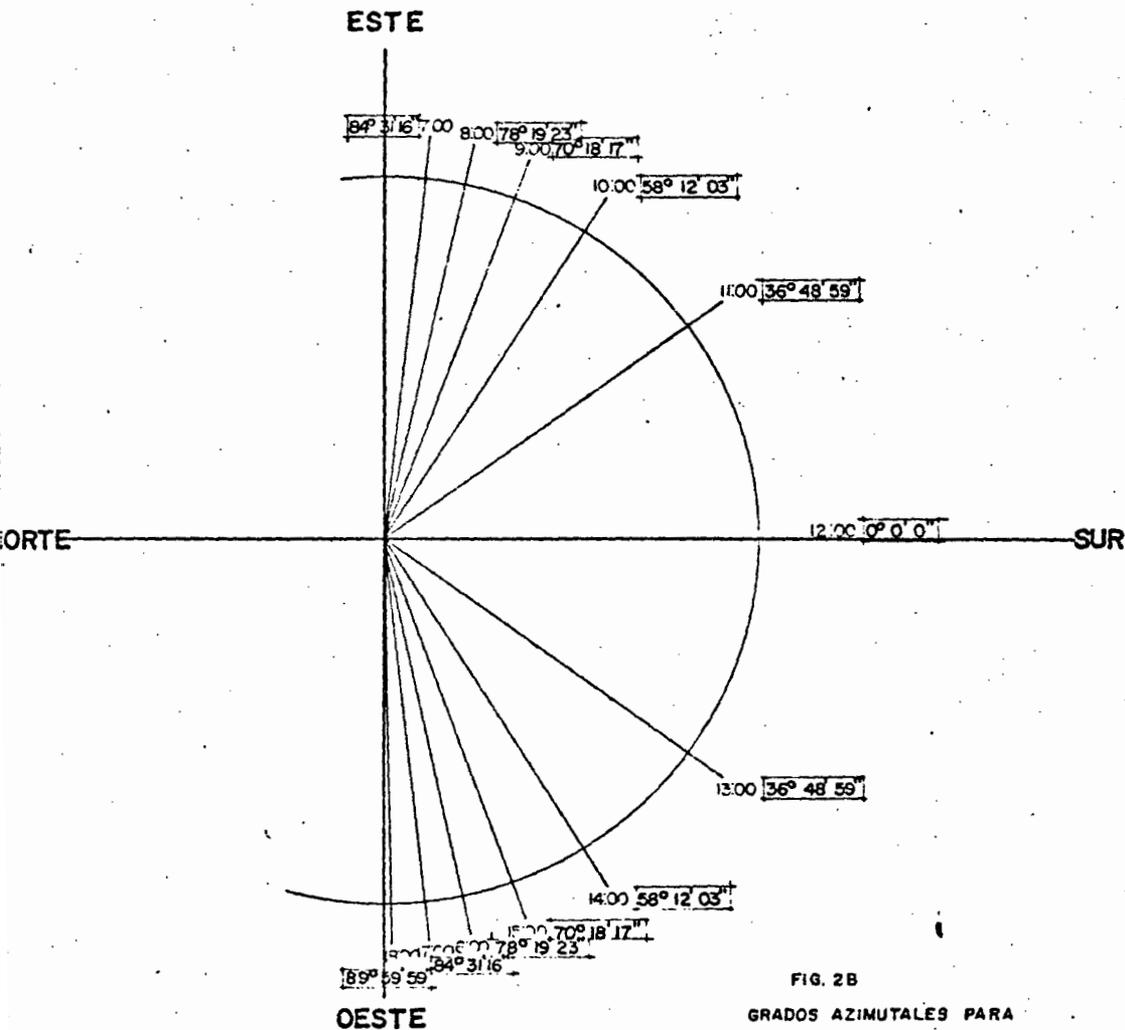


FIG. 2B

GRADOS AZIMUTALES PARA
TEQUILA JAL. LAT. 20° 53' 33"

SOLSTICIO DE INVIERNO.

AZIMUT.
amanecer: 6:38' 25"

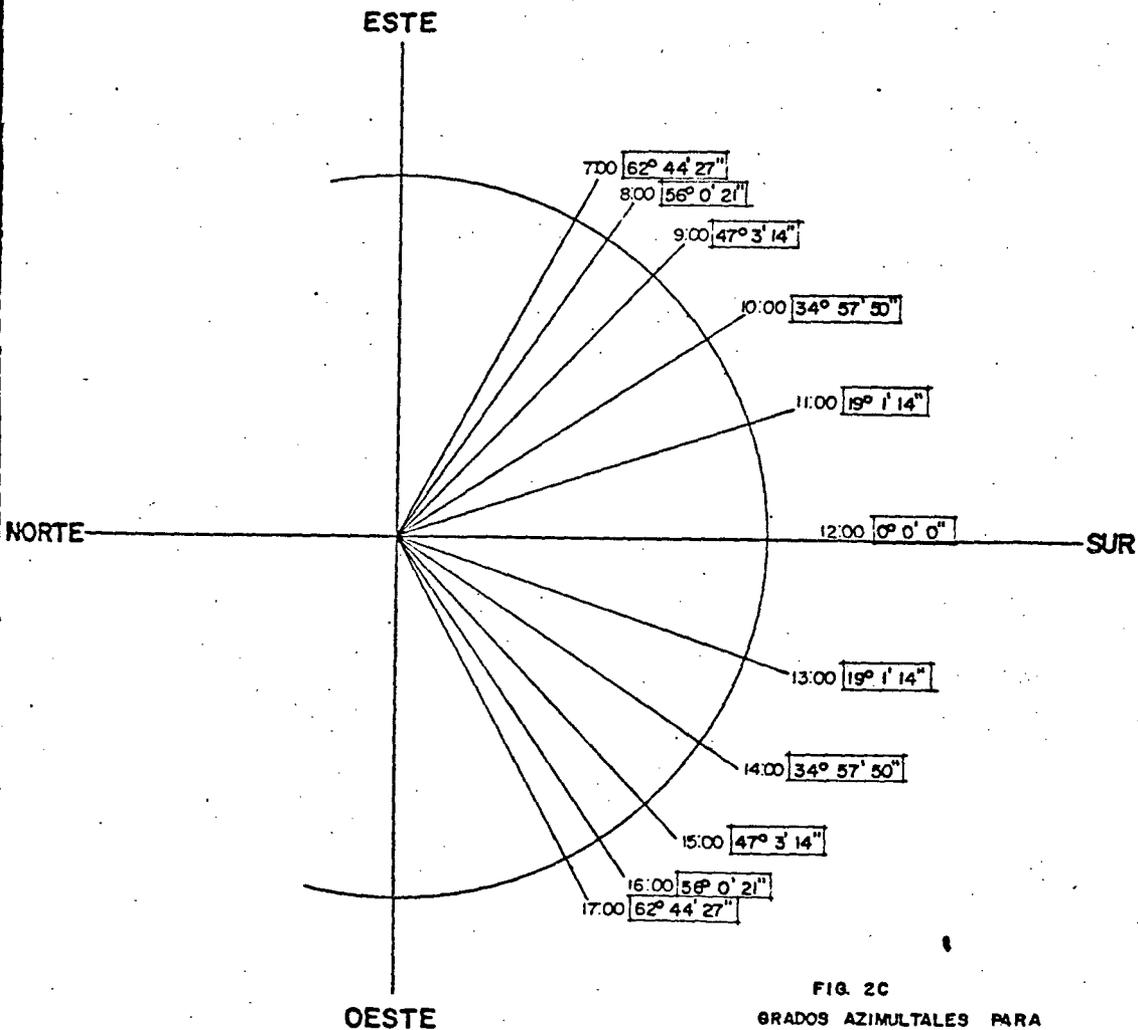
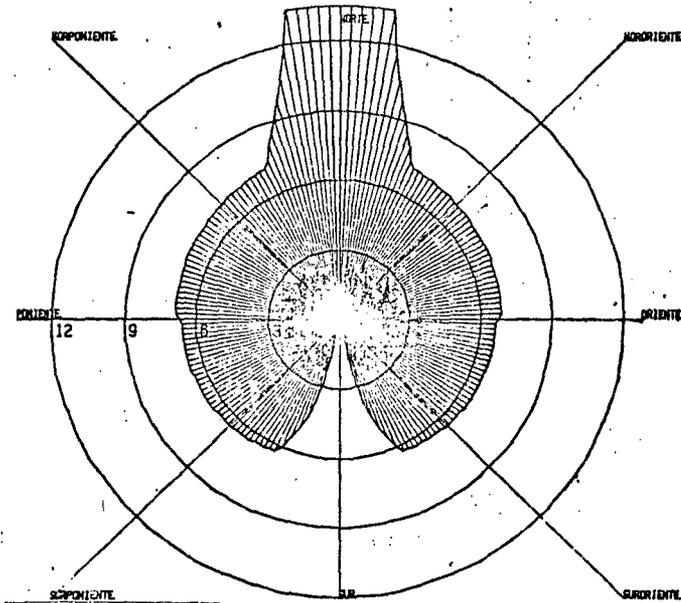


FIG. 2C
GRADOS AZIMUTALES PARA
TEQUILA JAL. LAT. 20°53'33"

CARDIODES SOLARES

Tequila, Jal.

Latitud 20 53 33



Gráfica 3 Solsticio de Verano.

SOLSTICIO DE VERANO.

ALTITUD.

amanecer : 5:22:18"

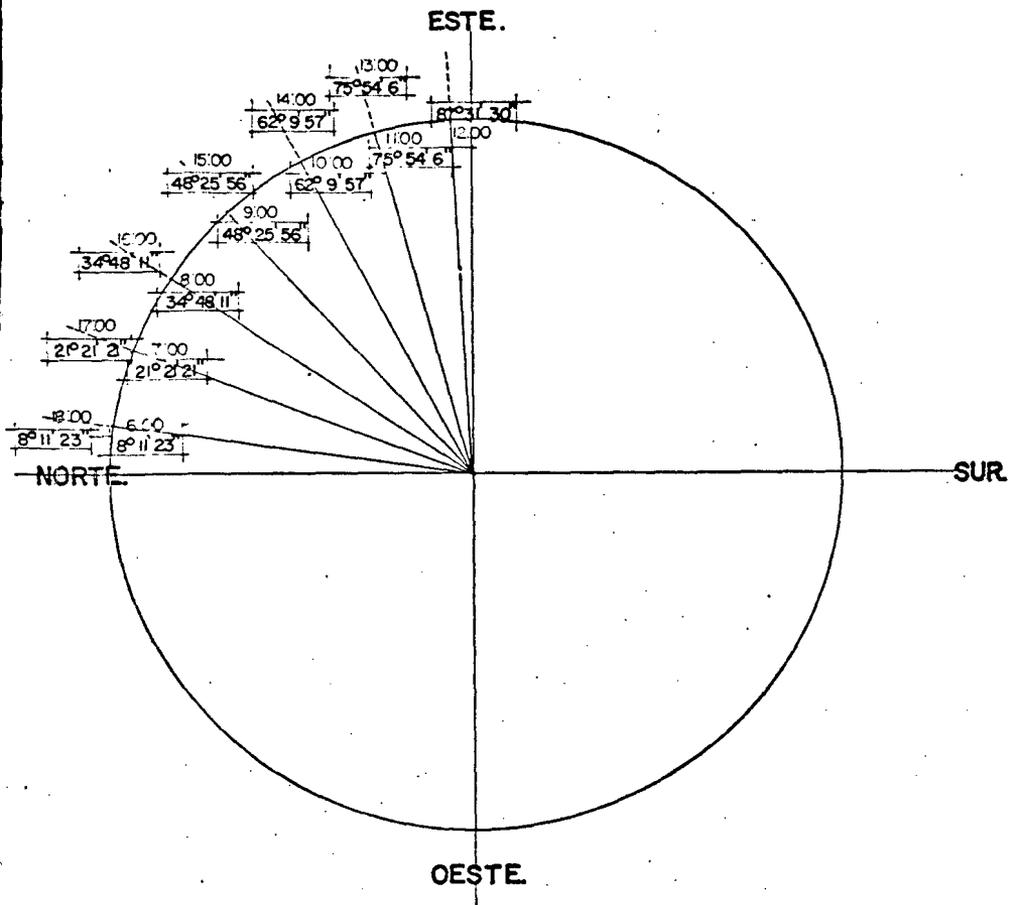


FIGURA 3 A
 LAT. 20° 53' 33"
 TEQUILA JAL

EQUINOCCIO.

LATITUD 20° 53' 33"

ALTITUD.

amanecer: 6:00:00"

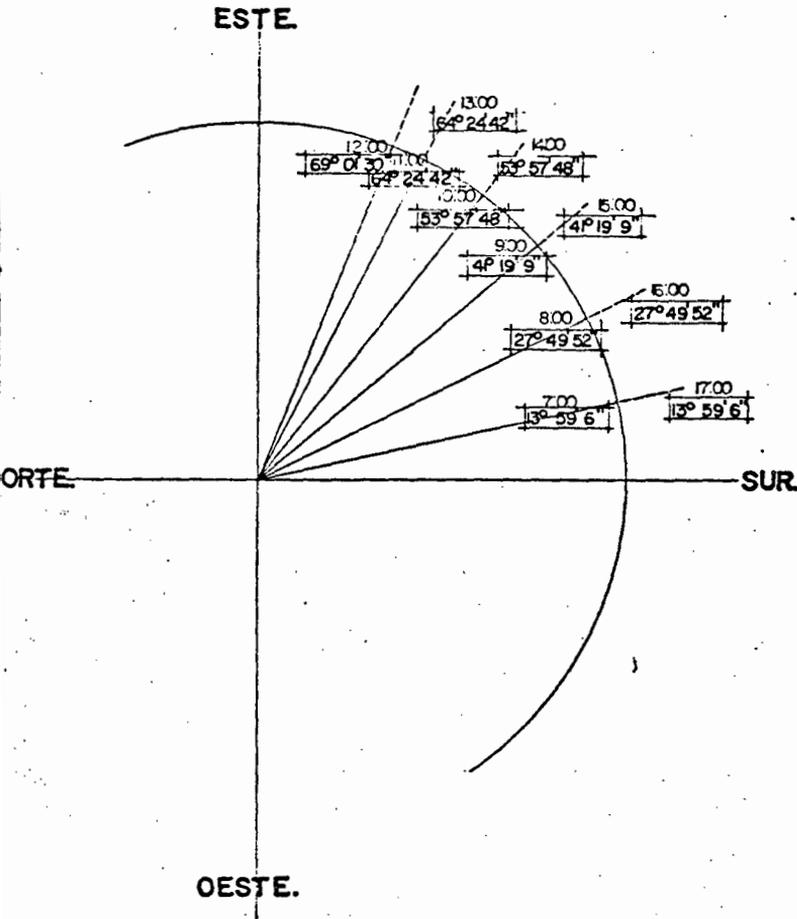


FIGURA 3 B
LAT. 20° 53' 33"
TEQUILA JAL

SOLSTICIO DE INVIERNO.

ALTITUD.

amanecer: 6:38:06^m

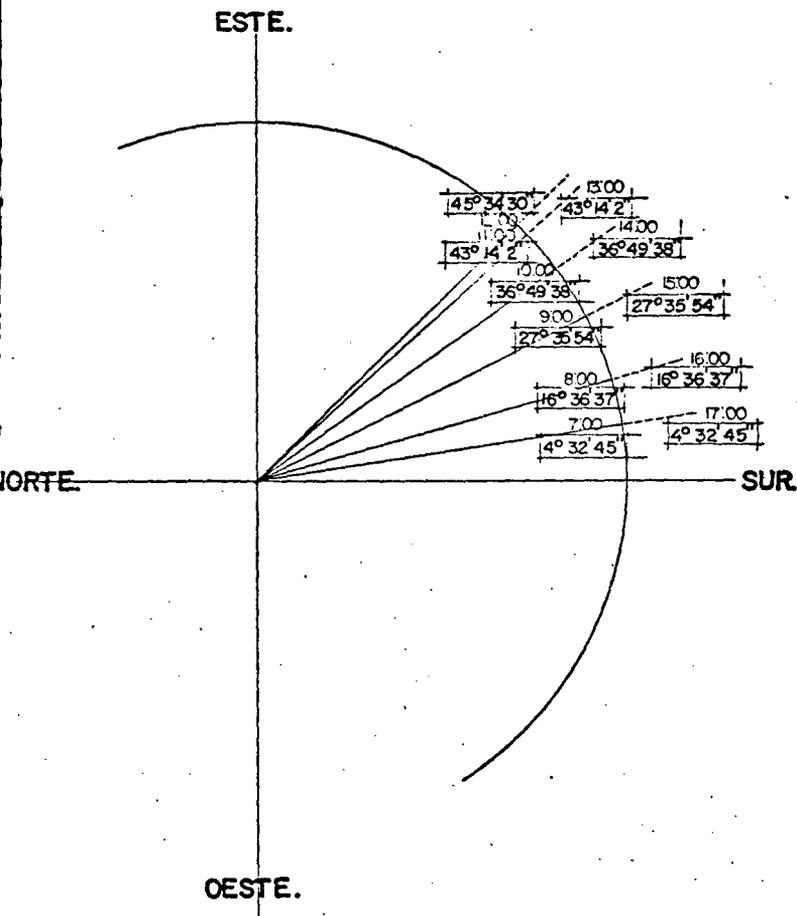


FIGURA 3C
LAT. 20° 53' 35"
TEQUILA, JAL

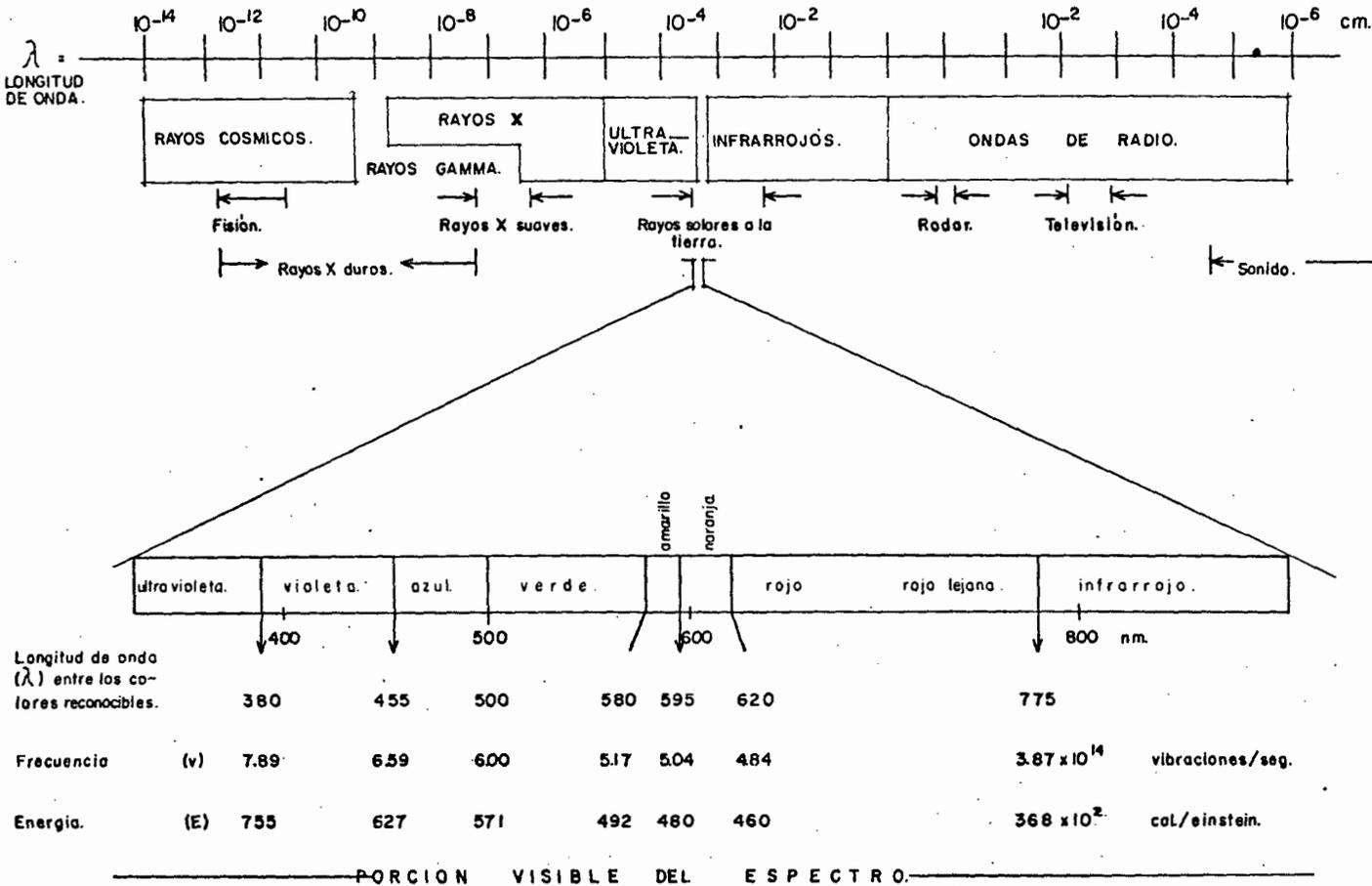


FIG. 4 A. Espectro electromagnético (Salisbury y Ross, 1978.)

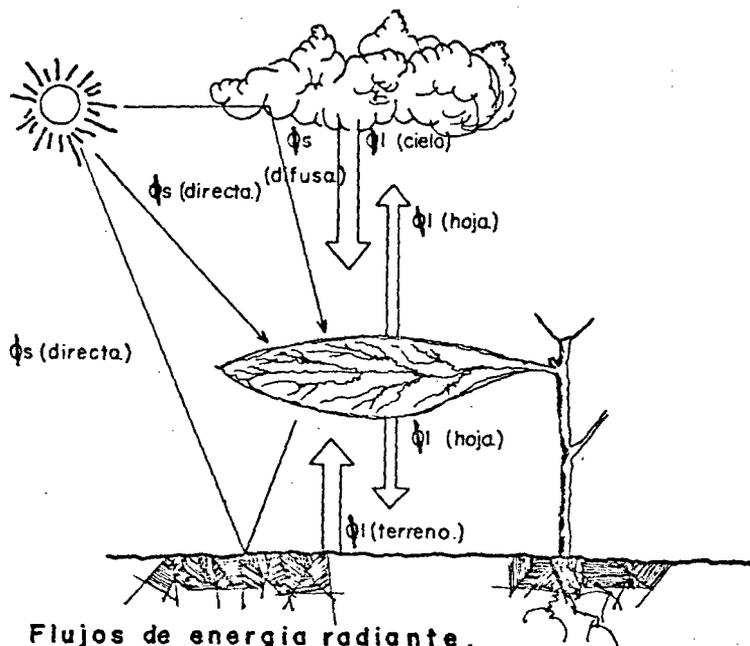


FIG. 4 B. Flujos de energía radiante.
 (Jones, 1985) ϕ_s Onda corta, ϕ_l Onda larga.

tones con una magnitud de 40 a 70 Kcal. (Richter, 1982).

Para estudios de fisiología vegetal se utilizan otras unidades de medida; la irradiación que es la densidad de flujo radiante recibida sobre unidad de superficie, se mide como Joules $\text{seg}^{-1}\text{cm}^{-2}$ *. Si los niveles de irradiación tienden a ser bajos es conveniente usar ergs- $\text{cm}^{-2}\text{seg}^{-1}$ cuando la intensidad es alta se utiliza Joules- o calorías. La energía total del Sol u otra fuente para el crecimiento de las plantas se mide frecuentemente como $\text{cal cm}^{-2}\text{min}^{-1}$. Una caloria por cm. cuadrado es llamada un Langley (Ly) (Salisbury y Ross, 1978)

Tabla 1

ALGUNOS TERMINOS SOBRE RADIACION			Unidad
Término	Símbolo		
Radiación o energía radiante	--	Energía transferida a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas o quanta.	Joule (J)
Flujo radiante.	--	La cantidad de energía radiante emitida o transmitida por unidad de tiempo.	J seg^{-1} Watts (W)*
Densidad del flujo radiante	--	Es el flujo radiante a través de una unidad de área o superficie plana	Wm^{-2} **
Irradiación	I	Es el flujo de energía incidente sobre unidad de área de una superficie plana.	$\text{mol m}^{-2}\text{seg}^{-1}$
Radiación activa	PAR	Es la radiación dentro de la banda de 400 a 700 nm.	$\text{mol m}^{-2}\text{seg}^{-1}$
Fotosíntéticamente.	RAF		W m^{-2}
Radiación de onda corta.		Es la radiación de la banda de 0.4 a 3.0 mm.	W m^{-2}
Radiación de onda larga.	onda	Son las radiaciones de longitudes de onda de 3.0 mm o ma-	W m^{-2}

* $\text{Jseg}^{-1} = \text{J/seg}$

** $\text{Wm}^{-2} = \text{W/m}^2$

Término	Símbolo	Unidad
Radiación neta	Es la diferencia entre los flujos descendentes y ascendentes de la radiación total.	Wm^{-2}

2.3.2.- Importancia de la luz en las plantas en general.

Claramente la fuente de energía para la vida en el planeta es el Sol, y esta se transforma de energía radiante a luminosa en energía química gracias a las plantas por la fotosíntesis. El proceso por el cual sucede esta transformación de energía se denomina proceso fotobiológico, que es la absorción de luz con activación subsiguiente de la molécula absorbente seguida por una serie de reacciones fotoquímicas, que conducen a una respuesta general de la planta. Las hojas están dispuestas de tal forma para interceptar la mayor cantidad de luz posible, además de estar particularmente adaptadas para una eficaz absorción de la luz y una buena realización de la fotosíntesis (Devlin, 1982).

La luz tiene efectos directos e indirectos en las plantas, directos como fuente de energía que es, simultáneos como la diferenciación de tejidos y órganos, y menos evidentes pero igualmente importantes sobre los procesos fisiológicos y sobre su composición química (Daubenmire, 1982). De estos últimos efectos se encuentran la importancia de la luz en la formación de nitrato-reduc-tasa, el cierre y apertura de estomas, la regulación de azúcares que afluyen a las regiones meristemáticas, sínte

sis de hormonas, en la absorción de sales, en el control de la respiración y otros. (Salisbury, 1978; Bidwell, 1983 Devlin 1982).

La luz al igual que la temperatura y otros factores tiene variaciones en sus valores cardinales, según la función en particular, el tipo de planta, la etapa del ciclo de vida y según la variación de otros factores (Daubenmire, 1982).

2.4. Papel de la luz en la fotosíntesis

Para llevar a cabo el proceso fotosintético, el mecanismo vivo ha aprendido a capturar un fotón de luz y utilizar la energía aportada por él, para desplazar un electrón perteneciente a un par de electrones, hasta un nivel más elevado. Este estado de excitación es muy breve y el electrón vuelve a su estado original inicial, en 10^{-8} a 10^{-7} seg.

En el transcurso de éste retorno el exceso de energía es cedido utilizándose para llevar adelante los procesos vivos (Devlin, 1982).

2.4.1.- Pigmentos y cloroplastos.

Los compuestos más importantes de ésta conversión de energía, son los pigmentos localizados en los cloroplastos que pueden ser clorofilianos, carotenoides y ficobilinas.

2.4.1.1.- Clorofilas.

Son los pigmentos verdes del cloroplasto, más importantes de las plantas, actualmente se distinguen 7 tipos de clorofilas, de las cuales las A y B son las más abundantes y conocidas. Además de diferencias moleculares entre las clorofilas A y B hay otras en las que difieren por su espectro de absorción y solubilidad (Devlin 1982).

2.4.1.2.- Carotenoides.

Son compuestos lipídicos ampliamente distribuidos en plantas y animales. Su color va de amarillo a púrpura, al igual que la clorofila se localizan en los cloroplastos. Se ha establecido que hay dos papeles distintos desempeñados por los carotenoides. El primero protegiendo a la clorofila contra la fotooxidación y el segundo absorbiendo y transfiriendo energía lumínica a la clorofila A (Devlin, 1982).

2.4.2.- Excitación de pigmentos.

Las partículas naturales de la luz se expresan usualmente como pequeños paquetes de energía llamados quanta o fotones. La energía de cada fotón es inversamente proporcional a la longitud de onda, así la longitud de onda violeta y azul son las más energéticas que las más grandes como las rojas y naranjas.

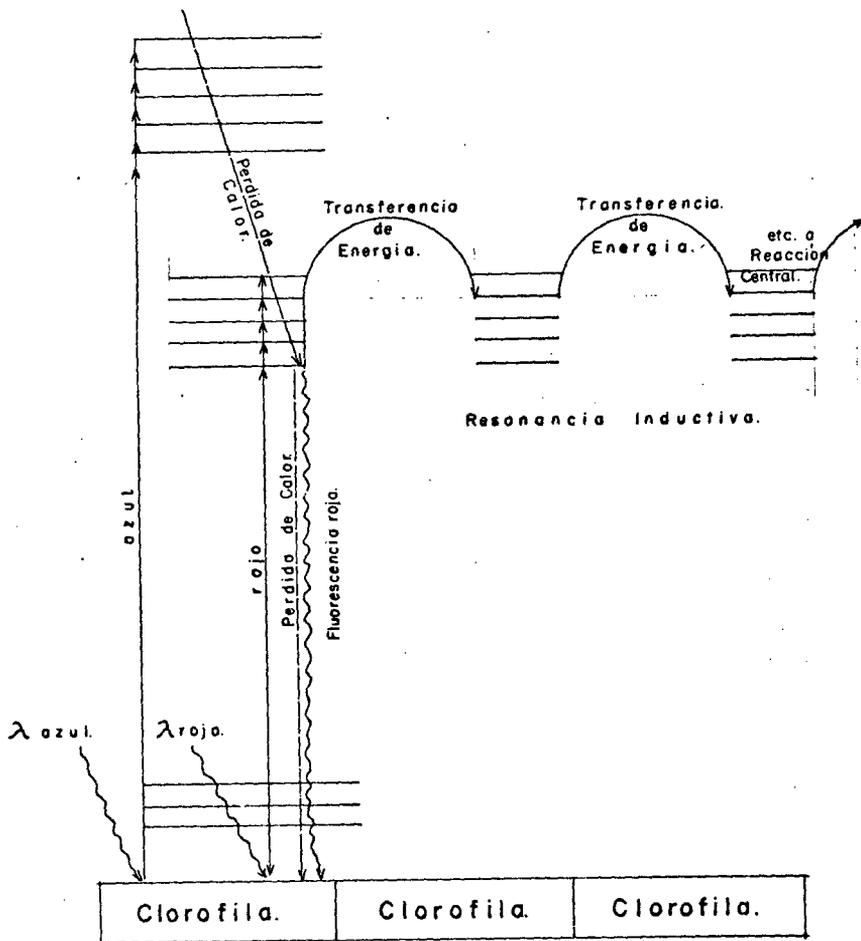


FIG. 5 Luz tomada por una molecula de clorofila.
(Salisbury y Ross, 1978)

Modelo simplificado que explica como la energia de la luz es tomada por una molecula de clorofila.

2.4.2.1. - Ley de Einstein.

Es un principio fundamental de la absorción de luz, el cual considera que cualquier pigmento puede absorber solo un fotón en un tiempo y que este causa la excitación de un electrón. Este electrón se aleja a una distancia correspondiente a la energía exactamente igual a la del fotón absorbido. La molécula del pigmento se encuentra entonces en un estado de excitación y es esta la energía de excitación utilizada en la fotosíntesis. Una segunda manera de que los pigmentos pierden la energía de excitación es una combinación de pérdida de calor y fluorescencia que pueden ser usadas en la fotosíntesis, (Fig.5)

En la figura anterior se pudo observar como después de la excitación con un fotón de onda azul, el electrón cae extremadamente rápido por la liberación de calor a un nivel bajo, ambos pueden adicionar una pérdida de calor y fluorescencia o puede ocurrir la fotosíntesis. La energía colectada se dirige por los pigmentos a una reacción central en los tilacoides. (Salisbury y Ross, 1978).

2.5. Plantas de Metabolismo C₃ y C₄

2.5.1. - Plantas C₃ y ciclo de Calvin.

Las plantas cuyo metabolismo sigue el ciclo de Calvin sin modificaciones se clasifican como plantas de vía fotosintética C₃. Algunas de estas de las familias chenopodiaceae, cruciferae, compositae, leguminosae, malvaceae, solanaceae, umbeliferae y otras. De las monocotiledoneas se encuentran la avena, el trigo y el arroz. Otro camino fotosintético es el llamado C₄, pues la fijación de CO₂ se realiza en ácidos málicos y aspárticos de cuatro carbonos.

2.5.1.1. - Ciclo de Calvin.

El CO₂ difunde del exterior al interior -- por los espacios intercelulares a través de los estomas -- y se absorbe por las superficies celulares. Después pasa por las células del mesófilo hasta los cloroplastos.

El ciclo de Calvin consiste en 4 partes -- principales:

- 1).- El bióxido de carbono y el agua son adicionados a la ribulosa difosfato para formar 2 moléculas de 3-ácido fosfoglicérico (3-PGA).
- 2).- El 3-PGA es reducido a 3-aldehído fosfoglicérico -- usando electrones provenientes del NADPH y con energía provista por el ATP. Ambos (NADPH y ATP) produ-

cidos por las reacciones solares, reducen el 3-PGA.

- 3).- Algunas de las moléculas de 3-aldehído fosfoglicérico son convertidas a: fructuosa difosfato, parte de la cual es entonces convertida a Xilulosa-5-fosfato. - - Otras moléculas de 3-aldehído fosfoglicérico se unen con sedoheptulosa-7-fosfato, produciendo ribosa-5- -- fosfato. La ribulosa-5-fosfato es producida directamente de cualquiera de estas dos pentosas fosfatos.
- 4).- La ribulosa-5-difosfato es fosforilada por el ATP - - para formar Ribulosa difosfato, la cual puede aceptar CO_2 para continuar el ciclo (Fig.6).

2.5.2.- Plantas C_4 .

Estas plantas principalmente de origen tropical tienen una modificación en la fijación del bióxido de carbono por compuestos de 4 carbonos.

Las más representativas son algunos pastos, maíz, caña de azúcar, cyperáceas, amarantáceas y otras. - (Odum, 1983; Salisbury y Ross, 1978) una inferencia es que la fotosíntesis C_4 ha surgido de manera independiente en - varios grupos diferentes de plantas superiores y por lo -- tanto es un desarrollo evolutivo reciente. Un hecho curioso es que varias familias (y aún ciertos géneros) contiene individuos del tipo C_3 y C_4 . (Bidwell, 1983).

El primer producto es el ácido oxaloacético, -

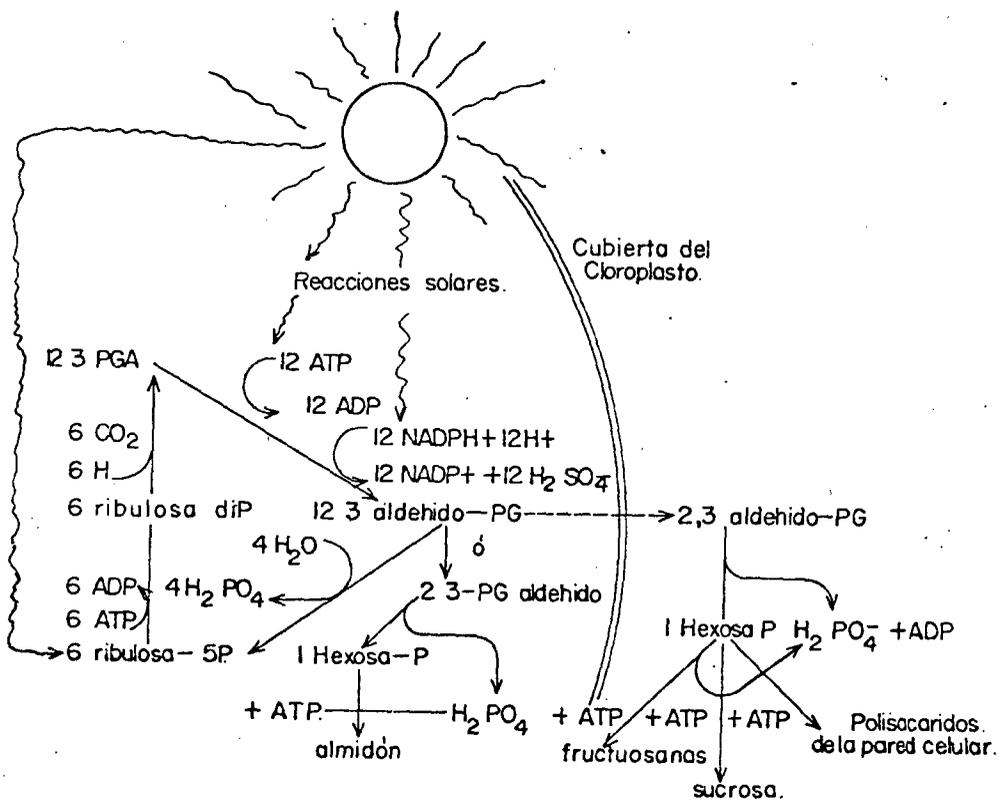


FIG. 6. RESUMEN DEL CICLO DEL CALVIN.
 (Salisbury y Ross. 1978)

es el mas estable, las demás reacciones y compuestos resultan ser complejos y diversos de acuerdo a la especie de -- que se trate.

La característica principal de éste ciclo - fotosintético es la separación de dos carboxilaciones. Las reacciones básicas son las siguientes:

- a).- En las células del mesófilo: ocurre una -carboxilación así los ácidos C_3 formados por la carboxilación del - PEP son transferidos a las células de la vaina del haz.
- b).- Los ácidos C_3 son descarboxilados en la vaina del haz y el CO_2 se fija por el ciclo de Calvin, el C_3 formado en la descarboxilación se convierte en PEP y vuelve a las células del mesofilo (Fig.7) (Bidwell,1983).

2.6. Metabolismo Acido Crassulaceo (MAC o CAM)

La tercera vía fotosintética que se ha encontrado en las plantas superiores es la del metabolismo - acido crassulaceo (Crassulacean Acid Metabolism). El primer análisis amplio sobre esta via fotosintetica fué hecho por Wolf (1960) y Ransom y Thomas (1960) (citados por - - Kluge, 1979). Existe una evidencia reciente de que el MAC- es un mecanismo de adaptación que facilita la fotosíntesis en zonas aridas,(Nobel & Hartsock, 1976; Kluge,1979; Bid-- well,1983). La característica más notable del MAC es la - -

Células del mesófito.

Células de la
vaina fascicular.

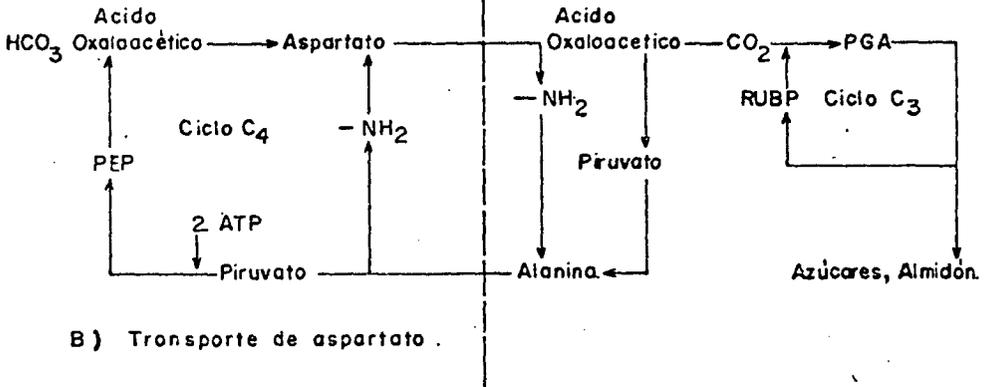
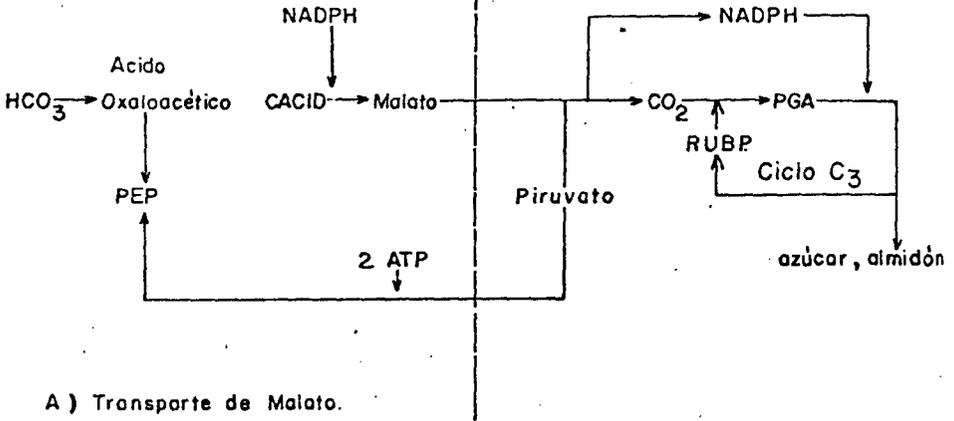


FIG. 7. Diagrama de los esquemas operativos del ciclo C_4 de la fotosíntesis. (Bidwell, 1983)

variación diurna en el contenido de ácido málico en las --
células fotosintetizadoras. La acumulación nocturna de este
ácido por la noche y su desaparición durante el día. Su --
ritmo está acompañado por el ritmo inverso de poliglucos--
nos, (principalmente almidón) (Kluge, 1979) Esto es debido
a una fijación nocturna de CO_2 .

El comportamiento de intercambio de CO_2 por
las células del mesófilo causa un patrón de movimientos de
los estomas inverso al de las plantas normales. (Kluge y
Fischer, 1967; Osmond, 1978; Kluge & Ting, 1978 citados por
Kluge, 1979) Pues abren durante la noche y se cierran en
el día.

Si bien la habilidad de una planta a reali-
zar el MAC está genéticamente determinada es también con-
trolada ambientalmente. Este metabolismo es favorecido por
días cálidos con altas intensidades de luz, noches frescas
y suelos secos los cuales se presentan predominantemente -
en desiertos (Salisbury & Ross, 1978; Bidwell, 1983). El --
MAC no es una vía obligatoria si los estomas abren en el -
día pueden absorber CO_2 y fijarse de modo usual (Bidwell -
1983). Esto puede ocurrir después de una tormenta o cuando
las temperaturas nocturnas tienden a subir (Neales, 1975; -
Ting, 1970 citados por Salisbury & Rose, 1978; Bittrich, --
1979)

2.6.1. Secuencias del MAC.

El MAC tiene un cambio secuencial donde dos grupos de reacciones están conectadas en series pero separadas en tiempo. Algunas son estrictamente dependientes de luz mientras otras predominan en la noche.

2.6.1.1. Fijación de CO_2 en la oscuridad:

Esta reacción es catalizada por la fosfoenolpiruvato (PEP) carboxilasa favoreciéndose la formación de oxaloacetato que se reduce a malato. El aceptor de CO_2 , el PEP es derivado de una reserva de glucanos.

Se presenta la acumulación de acidez y una gran variedad de aminoácidos pueden encontrarse como productos secundarios de la fijación nocturna de CO_2 la mayor parte del ácido málico se almacena en las vacuolas siendo estas particularmente voluminosas en las células de las plantas MAC.

2.6.1.2. Flujo de carbono en el día.

El carbono es transferido de ácido málico a compuestos fosforilados y azúcar en un período siguiente de iluminación (Kinikate y Saltman, 1958; citados por Kluge, 1979) las MAC producen O_2 a la luz constante, cuando el O_2 externo no es disponible, entonces reflejan su CO_2 por el ciclo de Calvin. El ácido málico es descarboxilado en CO_2 libre y residuos de compuestos de 3C, el

primero se retiene en las hojas por refijación del ciclo de Calvin y los segundos se incorporan directamente a carbohidratos o se degradan a CO_2 con su subsiguiente reasimilación (Kluge, 1979) (Fig.8).

2.6.2. - Fotorrespiración en plantas MAC.

Similar a la de las plantas C_3 pero no idéntica. En las MAC durante la descarboxilación de ácido málico se suprime la fotorrespiración a altas concentraciones de CO_2 en los espacios subepidermales. (Kluge, 1979).

2.6.3. - Enzimas del MAC.

Este metabolismo requiere de la interacción de varios grupos de enzimas durante períodos alternados -- de ciclos diurnos de luz y oscuridad.

No es mecanismo obligatorio como la vía C_4 -- ambos están basados en los mismos grupos de enzimas. La -- marcada flexibilidad de formas y ciclos alternativos en el MAC es en parte la consecuencia de enzimas que están sujetas a modos específicos de regulación, pues no están protegidas de una mutua competencia por compartimiento intercelular como en las C_4 . (Dittrich, 1979).

En resumen el ciclo de Calvin se presenta -- en el MAC como un evento central en el flujo de carbono. -- Las demás secuencias se interpretan como mecanismos auxiliares desarrollados durante la evolución para facilitar --

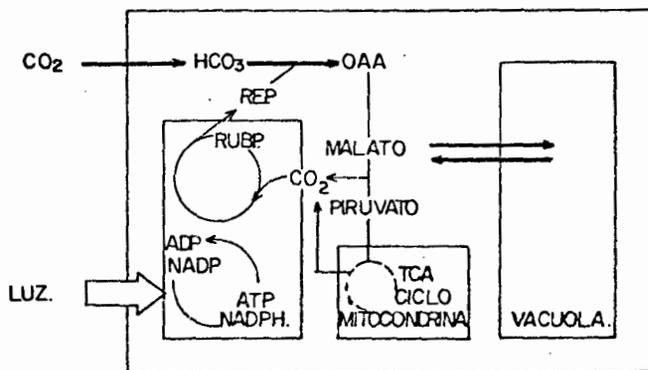


FIG. 8. Flujo del Carbono en el Metabolismo Acido Crassulaceo.
 Las líneas mas oscuras indican las reacciones predominantes en la noche . Las líneas claras indican reacciones que—
 ocurren con la luz.
 (Coombs J. 1985)

la fotosíntesis en zonas áridas. Un punto clave de este - metabolismo es la fijación de CO_2 nocturna en una reacción sin requerimientos directos de energía lumínica. (Kluge, - 1979).

2.6.4.-Tipos de plantas MAC.

Plantas con MAC se han encontrado en 18 -- familias, incluyendo a las cactaceas, orchidaceae, Bromi-- liaceae, Liliaceae y Euphorbiaceae (Salisbury y Ross,1978)

2.7. - La luz en la fotosíntesis y productividad vegetal

Si bien la fotosíntesis es fundamental para- la productividad vegetal, muchos otros factores modifican- su magnitud alcanzada en campo. Sin embargo, la relación- cuantitativa entre la fotosíntesis y la productividad vege- tal puede ser considerada como la primera de todas.

Para cualquier cultivo o cosecha de vegeta-- ción natural cuatro son los factores que determinan la ga- nancia neta de biomasa o productividad neta. (P_n):

- a) La cantidad de luz incidente (Q)
- b) La proporción de ésta luz interceptada por los organos- de plantas verdes (β)
- c) La eficiencia de conversión fotosintética de la luz - - interceptada en biomasa (ϵ) y
- d) Las pérdidas respiratorias de biomasa (R)

Por lo que:

$$P_n = Q \cdot \beta \cdot \epsilon - R$$

Q es determinada por el clima y no es modificable.

Modificables:

R : Son limitantes en la productividad en el mantenimiento de los tejidos y en el crecimiento de los nuevos.

β : Ha sido determinada directamente por el proceso fotosintético y expresa la relación directa entre la productividad y fotosíntesis. Es afectada por el ambiente.

ϵ : Esta variable está en función del tamaño, estructura y color del follaje. Es en ésta en donde se han obtenido incrementos de cosechas, atribuyéndose usualmente a un aumento en la intercepción de luz. Por lo que -- la eficiencia de intercepción de luz ha sido lograda mayormente a través de prácticas culturales mejoradas.

(Scurlock, Long, Hall & Coombs, 1985)

Del 100% de luz interceptada por la planta menos del 5% de ésta es usado para la fotosíntesis, el restante da calor a la planta. Este calor determina la temperatura a la cual los procesos fisiológicos están funcionando aparte de la fotosíntesis. La radiación solar también influye el crecimiento de la planta y su desarrollo en lo referente a respuestas fotomorfológicas y fototrópicas. (Jones, 1985).

La selección de variedades de "Miracle Rice" con una estructura foliar que permite mayor luz a las hojas bajas; incrementando la proporción incidente e interceptada de luz por el follaje, logró significantes contribuciones - en lo que respecta al aumento de tasas fotosintéticas. (Nobel y Long, 1985).

La fotosíntesis del cultivo no sólo dependerá de la distribución de Q entre estratos, si no también -- de la cantidad total de Q absorbida por el follaje.

La absorción depende de:

- a) El ángulo de la hoja,
- b) Elevación del sol en el cielo,
- c) La amplitud finita del disco solar.
- d) Cambios en la distribución espectral de la Q a través -- del follaje.
- e) Múltiples reflejos de la Q dentro del follaje,
- f) Arreglo de las hojas en el follaje.

La óptima utilización de la Q para la foto-- síntesis generalmente ocurre cuando la Q incidente está - - distribuida tan uniformemente como sea posible sobre las -- hojas. (Nobel y Long, 1985).

Las hojas que están debajo de la compensa- - ción de luz en la mayor parte del día no contribuyen a la - fotosíntesis neta, por la insuficiente Q. Tales hojas gene

ralmente mueren perdiendo de 30-50% de su peso seco antes de su muerte y abscisión. Pues, pueden respirar más CO_2 del que asimilan por fotosíntesis. (Nobel y Long, 1985)

La inclinación y orientación de la hoja - son los aspectos más importantes para interceptar Q. La inclinación de la hoja es el ángulo (d) formado entre el eje de la hoja y el horizonte. La orientación es el azimut de la hoja. (Nobel y Long, 1985).

2.7.1. - La edad de las hojas y su fotosíntesis.

La edad de la hoja parece afectar las respuestas a la luz. (Robinson & Smith, 1970; Horton & Bruce, 1972) citados por Jeschke (1976).

Las hojas expuestas al Sol son usualmente de 2 a 3 veces más gruesas que las sombreadas (Bolhar-Norden Kampk, 1985).

Las hojas viejas o senescentes eventualmente se amarillean e indisponen a fotosintetizar, pues hay una decadencia de clorofila y una pérdida en la funcionalidad de los cloroplastos (Salisbury & Ross, 1978).

2.8.- La radiación activa fotosintética (PAR) en la fotosíntesis y productividad de plantas MAC

La necesidad de definir más claramente la radiación que es activa en fotosíntesis, fué reconocida por Rabinowitch (1951, citado por Mc.Cree, 1981). La PAR (Photosynthetically Active Radiation); no es más que la medida de la radiación disponible para la fotosíntesis -- no debe considerarse como una medida universal de la radiación disponible para el crecimiento, una aceptable medición de esta para estudios ecofisiológicos, puede ser una densidad de flujo fotónico fotosintético de 400-700 nm -- (Mc. Cree, 1981); Nobel (1980) encuentra que existen adaptaciones para una mayor captación de PAR en tres especies de zonas desérticas: Opuntia basilaris Engelm y Bigel -- Var basilaris, O. chlorotica Engelm y Begel y Stenocercus guinosus (Engelm) Gibs y Horak.

En Agave deserti Engelm, los incrementos de la acumulación nocturna de acidez se dieron con un aumento de la PAR en hojas de varias orientaciones y en las superficies adaxial y abaxial, con excepción de las hojas mas viejas, mediante un modelo de computadora se simuló la cuantificación de la PAR interceptada, explicándose la baja frecuencia de plantas en laderas con cara hacia el norte, debido a las limitaciones de luz a que estas laderas se ven sujetas en comparación con las demás (Woodhouse, Williams y Nobel, 1980).

Examinando el sombreado natural que ejercen las espinas de otras dos CAM Ferocactus acanthodes (Lemaire) Britton y Rose Var, Lecontei (Engelm) Lindsay y Opuntia bigelovii Engelm. var bigelovii, Nobel (1983) demostró su influencia en el decremento de acidez nocturna. -- Las espinas dejaban pasar menos PAR y por lo tanto la acidez decrecía. Cuando eran removidas las espinas se necesitaba una menor PAR para el incremento de acidez. Explica que esta adaptación que modifica a la PAR incidente, ayuda a tener temperaturas menos extremas en la planta y otras defensas de la planta, aunque el crecimiento y productividad son más bajos. (Fig.9)

Incrementos de acidez nocturna en tres especies desérticas con un aumento de la PAR se volvieron a encontrar. La trayectoria del Sol se encuentra relacionada con la cantidad de PAR, siendo en el hemisferio Norte mayor en el solsticio de verano y un equinoccio para las caras N y S. Mientras que en el solsticio de verano las caras E. y W. reciben más del doble de PAR que los anteriores, (Nobel, 1984a) (Fig.10).

Los factores que hacen variar la PAR son primeramente los cambios estacionales de la trayectoria del Sol y en segundo lugar la variación estacional de los nublados; En un cuarto de las hojas más viejas en A. deserti existe un decremento de acidez. (Nobel, 1984b).

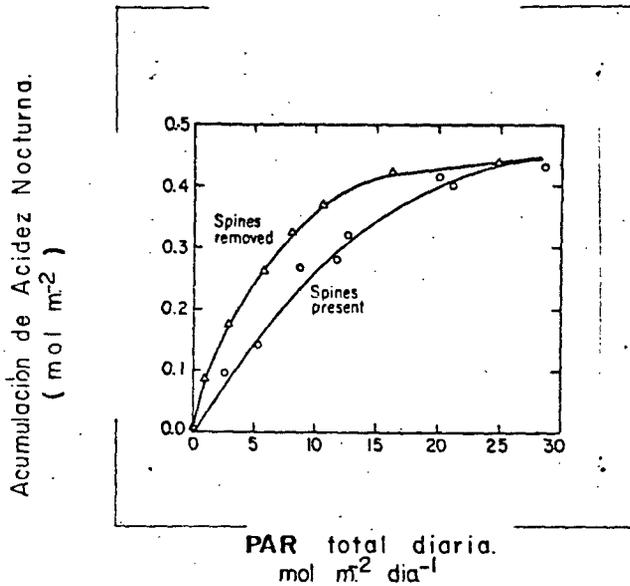
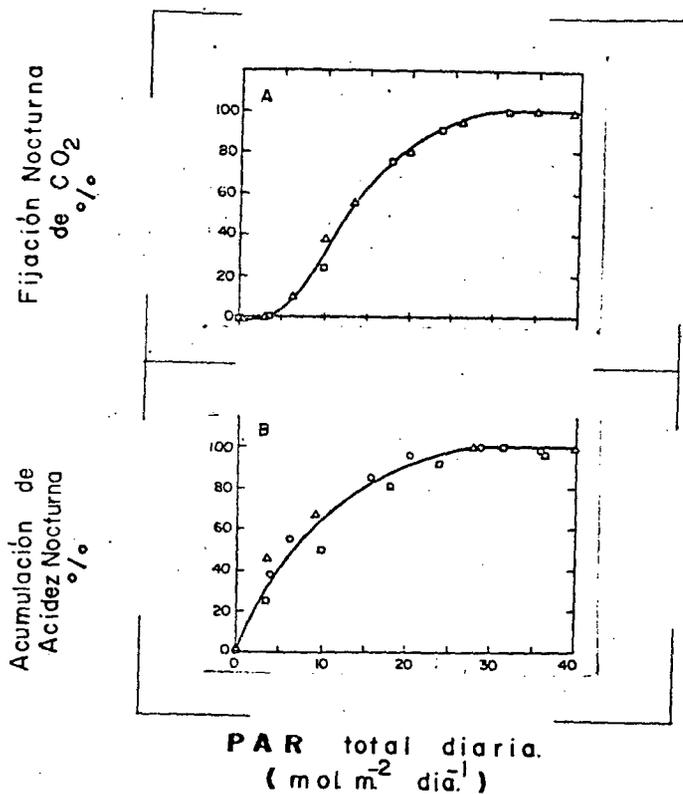


FIG. 9. Relación entre la PAR Total diaria y la Acumulación de Acidez Nocturna en *Opuntia bigelovii* con y sin espinas.
(Nobel, 1983)



Influencia de la PAR total diaria sobre la fijación nocturna de CO₂ (A) y la acumulación de Acidez (B) en Agave deserti (O) — Ferocactus acanthodes (A) y Opuntia ficus-indica. (□) (Nobel, 1984 a.)

Tal como se incrementa la PAR se aumenta la acumulación de acidez nocturna, sin embargo ésta depende en mayor porcentaje de la temperatura de crecimiento. Cuando el status de agua y temperatura no son limitantes para la planta CAM es requerida una alta PAR para una mayor fijación nocturna de CO_2 en Opuntia ficus-indica (Nobel y Hartsock, 1984) (Fig.11)

Por lo que una baja PAR, sequía o una temperatura no óptima, reducen la fijación neta de CO_2 por unidad de área de la hoja y por lo tanto influye en su productividad. Es complicada la influencia de la PAR sobre la fijación de CO_2 en el campo, pues en el caso particular de A. fourcroydes (Henequén) puede haber reflexión. La PAR real absorbida por una planta es muy diferente a la que incide sobre una superficie plana en un día claro. Por lo tanto se somete a ajustes que corrigen los nublados y reflexión, el sombreado tiende a reducir la PAR disponible más severamente cerca de la base de la hoja (Nobel 1985) (Fig.12).

Para Agave salmiana Otto ex Salm ssp. crassispina Gentry, (Nobel y Meyer, 1985) no encontró mucha variación en la PAR a diferentes direcciones de las hojas en el equinoccio de primavera, pero si una dependencia entre la PAR y el incremento de acidez nocturna, (Fig.13).

Para encontrar el índice de productividad

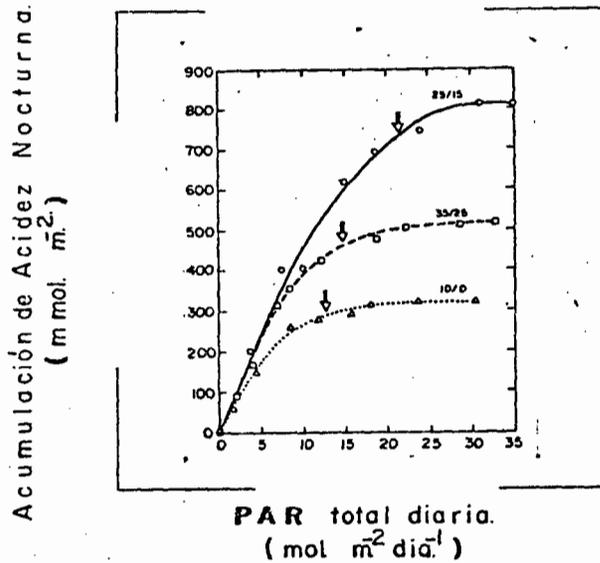


FIG. II. Influencia de la temperatura de Crecimiento sobre la respuesta de Acumulación de Acidez Nocturna a una—**PAR** Total diaria en Opuntia ficus-indica. (Nobel y Hartsock, 1984)

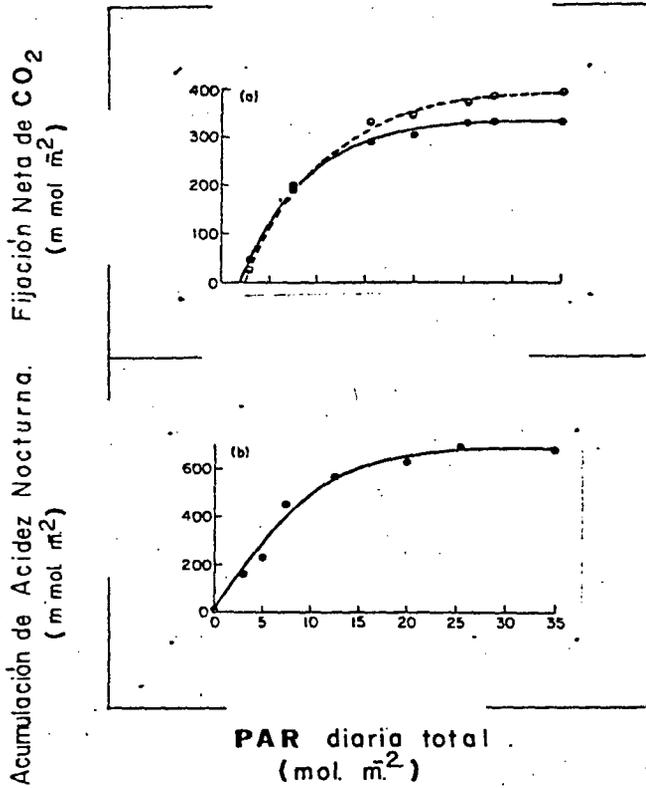
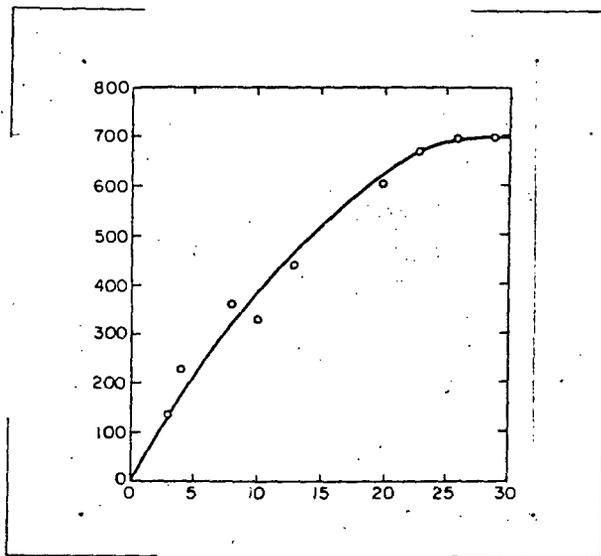


FIG. 12. Influencia de la **PAR** Total diaria sobre :
 a) Fijación Neta de CO₂ en la noche (●—●) y en un periodo de 24 hrs. (○—○) ;
 b) Acumulación de Acidez Nocturna., en Agave fourcroydes. (Nobel , 1985)

Acumulación de Acidez Nocturna.
($\text{m mol H}^+ \text{m}^{-2}$)



PAR Total diaria.
(mol m^{-2})

16. 13. Dependencia del Incremento de Acidez en la noche sobre la Radiación Activa Fotosintética (PAR) durante el día en Agave Salmiana crassispina. (Nobel y Meyer, 1985)

ambiental de Agave lechugilla; se llevaron a cabo investigaciones de 3 factores ambientales importantes en el crecimiento de plantas CAM: temperatura, humedad y PAR. La eficiencia de estos fué medida con los cambios de acidez nocturna en laboratorio y con mediciones mensuales de biomasa en campo. Como variable más importante se encontró el status de humedad. Los cambios estacionales de PAR afectan proporcionalmente a fijaciones nocturnas predominantes y diurnas que son mínimas. Mientras que las variaciones estacionales de temperatura tiene efectos relativamente pequeños sobre la fijación de CO_2 en un período de 24 hrs. La PAR total diaria en el plano de las hojas es afectada por la orientación a la que apunta la hoja y la superficie de que se trate (adaxial o abaxial) y posición en el follaje. Específicamente para orientaciones N,E y W. se tuvo una PAR aproximada cerca de el equinoccio de primavera. El sombrero vuelve a tener efectos de un decremento en la fijación de CO_2 . (Nobel y Quero,1986) (Fig.14).

En Agave deserti la variable ambiental de más influencia en el desenvolvimiento de las hojas fué el potencial de agua en el suelo. Sin embargo en pendientes muy inclinadas, el desenvolvimiento durante el invierno varió de 0,7 hojas por 10 plantas de orientación Norte a 7,3 para las orientadas al Sur. Reflejándose la importancia de la PAR sobre el crecimiento y productividad de plantas CAM. (Nobel y Harssock, 1986).

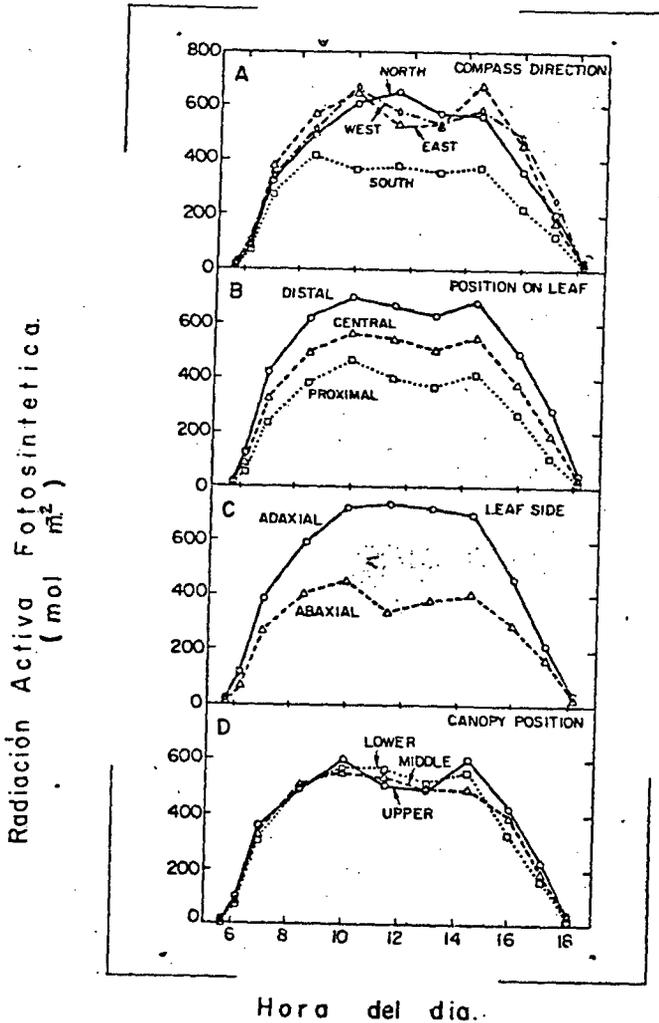


FIG. 14. Radiación Activa Fotosintética (PAR) afectadas por: A) Dirección de las hojas (compass direction); B) Posición a lo largo de la hoja (position on leaf) C) Superficie de la hoja (leaf side) y D) Posición en el follaje (canopy position) en Agave lechuquilla (Nobel y Quero, 1986) 22 de marzo de 1983.

Para Agave tequilana W. el 87% de fijación neta de CO_2 es durante la noche. El efecto de la temperatura sobre la acumulación de acidez nocturna fué mayor -- cuando las temperaturas día/noche fueron de $30/15^\circ\text{C}$., en cuanto a la radiación activa fotosintética, se encontró -- que con 22 mol m^{-2} de ésta, la saturación de acidez fué -- del 90%. De 0 a 15 mol m^{-2} de PAR la respuesta de la acumulación de acidez nocturna fue lineal, encontrándose después una curva (Fig.15). En cuanto al status de humedad -- la acidez nocturna se redujo al 50% después de 7 días de sequía y un 90% después de 30 días de sequía. Durante -- los seis meses de humedad (Junio-noviembre) se tuvieron -- valores de los índices de humedad alrededor del 0.95, de temperatura 0.89 y de PAR 0.44, siendo ésta última el factor ambiental más limitante durante el período de mayor -- crecimiento (Nobel y Valenzuela*).

Así mismo, encontraron mediante el producto de los 3 índices de los factores ambientales anteriormente citados, un índice de productividad ambiental (EPI) mensual y anual en un año de estudio, (marzo 85'-mayo 86') prediciendo una productividad de $2.49 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para plantas de un año de edad; $2.24 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para las -- de 3 años y $2.11 \text{ kg m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ para las de 6 años.

*Estas plantas (6 años) se utilizaron también para el presente trabajo

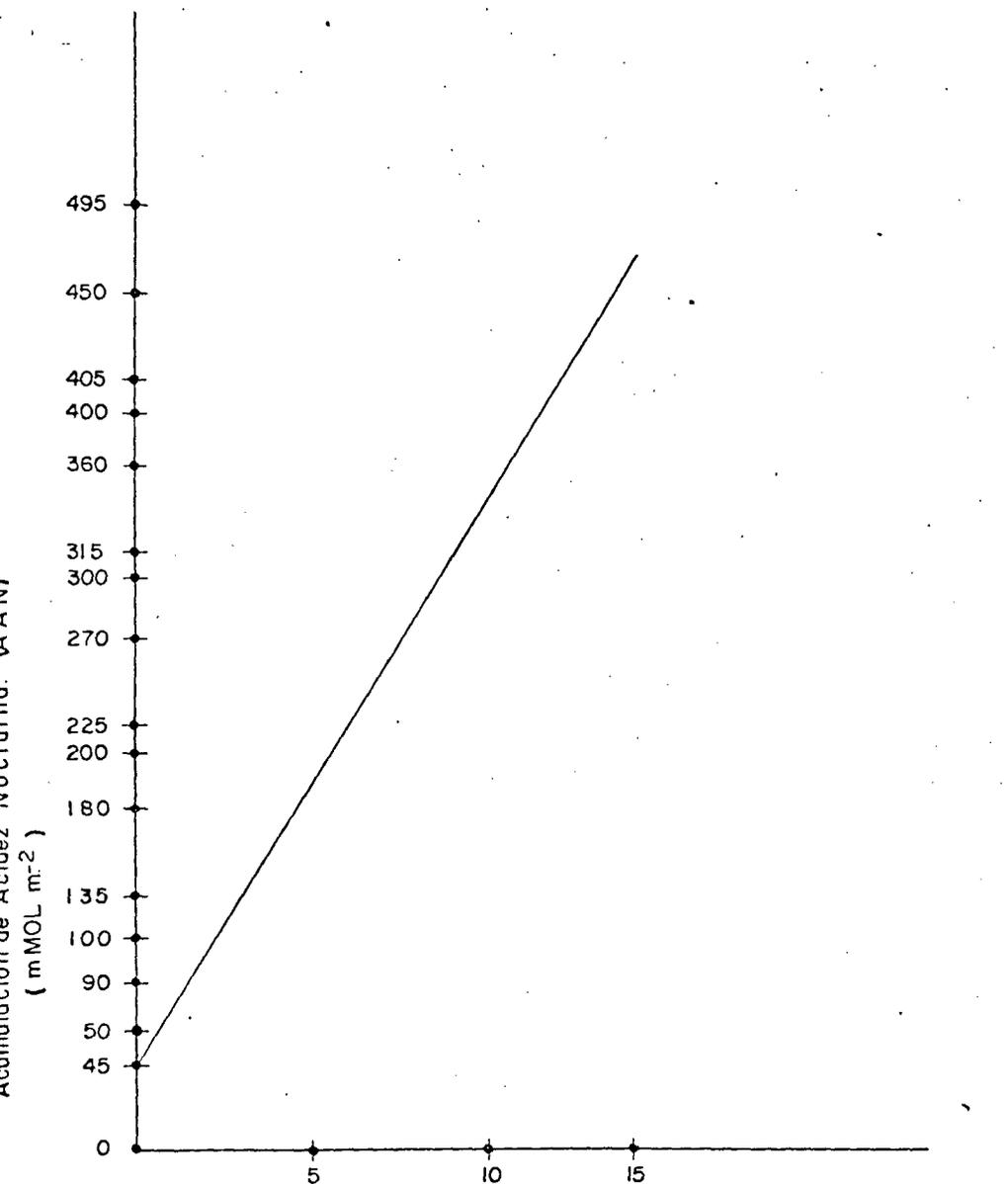


FIG. 15 Relación entre la Radiación Activa Fotosintética (PAR) y la Acumulación de Acidez Nocturna. (AAN). — En Agave Tequilana. W.

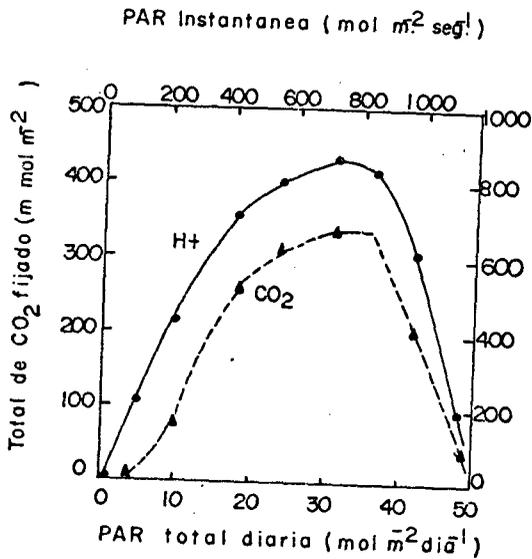
2.8.1. Equivalentes de acidez por CO₂ fijado.

Para Opuntia ficus-indica la fijación nocturna de CO₂ se dió ante una saturación de luz de 3.5 -- mEinstein scm^{-2} de PAR. Produciéndose por cada MOL de CO₂ fijado dos equivalentes de acidez (H⁺) (Nobel y Harsock -- 1978).

Una relación de 2 H⁺ por molécula de CO₂ es consistente con la producción de acidez, acompañando a la conversión de almidón a ácido málico en O. ficus-indica cuando la fijación está fuertemente favorecida por la actividad respiratoria. Bajo condiciones de sequia decrecen la acumulación de acidez y la fijación de CO₂ pero el ratio H⁺ a CO₂ se incrementa, mientras que, un ratio mínimo de H⁺ se acumula con un promedio de 2.5 de CO₂ fijado bajo -- condiciones húmedas y una PAR total diaria de 31 mol m⁻² d⁻¹. De 2 a 6 horas bajo tales condiciones un ratio mínimo de H⁺ se observó por 2 de CO₂ fijado. (Nobel y Harsock-1983) (Fig.16)

2.9.- Poda.

La Poda es una labor común en árboles frutales y tiene por objeto dar a la planta la forma deseada y regular la producción, de modo que ésta sea abundante, -- constante y de buena calidad (Amat, 1971).



5. Fijación Nocturna de CO₂ (▲) acumulación ácida (●) varios niveles de la PAR durante el día, en opuntia ficus-indica. (Nobel y Hartsock., 1983.)

Favorece la actividad vegetativa, equilibrio y aprovechamiento de luz y espacio, distribución equitativa de fotosíntatos y reservas, ayuda a la acumulación de carbohidratos y almidón, rehabilitar partes dañadas por plagas y estimular resistencia a la sequia, al disminuir la superficie foliar evaporante. (Amat, 1971; Rejnos, 1971) No solo se logra una resistencia mecánica en la estructura del árbol, sino una adecuada aireación e iluminación (Calderón)

En la silvicultura ésta práctica no es ampliamente utilizada, pero se ha logrado un aumento en el diámetro del tronco, con ésta actividad al aclarar el árbol (Smith, 1962) En rodales cerrados las ramas interiores fotosintetizan de modo poco eficiente, debido a los bajos niveles de intensidad lumínica que perciben, consumiendo más carbohidratos por respiración que los que producen en la fotosíntesis (Daniel et al, 1982).

Los criterios tomados para dirigir la podan van de acuerdo a un conocimiento de las condiciones externas ambientales y a la fenología de la planta con énfasis fundamentalmente en el aspecto económico.

2.9.1.- Poda o barbeo en Agave tequilana W.

La poda en el mezcal tequilero es comúnmente nombrada "barbeo".

Al respecto Pérez (1887) menciona que ésta

actividad consiste en despojar del mezcal una parte considerable de las pencas laterales, dejando intactas las del cogollo. Se realiza por los meses de junio y julio con el fin de arar el terreno de una forma más completa, beneficiando más a la planta dejando acercar más a los instrumentos de labranza (yuntas) considera que también evita la cría de insectos en las pencas.

Blanco (1906) opina que en ésta labor deben suprimirse las hojas inferiores (de mayor edad), las de menor edad se barbean cortando pedazos más pequeños, ya las centrales sólo se les corta la espina. Explica además que el barbeo tiene por objeto contribuir al desarrollo más rápido de la planta y facilitar sus labores culturales.

El punto más importante del barbeo, es estimular el desarrollo de la planta, pues "la savia localizada en las raíces rinde más al cortar las hojas y tarda menos en aparecer el eje floral.

Existen varios tipos de barbeo:

- a) Barbeo redondo, cuando se le da una forma cilíndrica al mezcal al cortar las hojas de alrededor.
- b) "B.cacheteado" se realiza cuando la planta ha llegado a su mayor tamaño y las hojas de un mismo surco se entrecruzan y dificultan un barbeo total en la periferia de la misma. Por lo que sólo se efectúa en los dos lados opuestos, facilitándose el paso de yuntas. (Blanco, 1906).

Los barbeos de farol suave o castigado se realizan en función del crecimiento y necesidades hídricas del mezcal. El barbeo de escobeta se ejecuta a 5 o 6 meses antes de la gima (Gómez, 1981).

Los diferentes barbeos se utilizan según el tamaño del mezcal y la edad de la mezcalera (Pérez, 1887; Gómez, 1981).

Un barbeo ligero se recomienda cada dos años, para controlar el barrenados (Hleterodera magami-
magamidae y el barbeo más intenso se hace un año antes de la cosecha para lograr un mayor crecimiento de la planta (Gómez, 1984, 1985).

3.1. Material vegetal.

Se utilizaron plantas de Agave tequilana -- Weber (Agavaceae) principalmente de la variedad "azúl" de 7 años de cultivadas, con surcos intercalados de plantas de 3 años, totalmente en monocultivo.

3.2. Sitio de experimentacion.

3.2.1. * Localización.- Se localiza en el rancho El Indio a 2 km. de Tequila, Jalisco por la carretera a Magdalena, a los -- $20^{\circ}53'33''$ latitud Norte y $103^{\circ}50'12''$ Oeste, a 1200 msm en el Mpio. de Tequila, Jalisco (Fig. 17).

3.2.2. * Clima.- Su clima se clasifica como Dd' A'a' según Thornthwaite, seco con pequeña o nula demasía de agua, cálido - con un régimen de calor normal (Fig.18) Según el sistema de Köpen modificado por Garcia; pertenece al Awo el más -- seco del grupo de los cálidos subhúmedos con lluvias de -- verano (Bustamante, 1984) La temperatura media anual es de 26.16° C la máxima media anual de 38.0° C y la mínima media anual de 14.17° C.

La más baja probabilidad de lluvia se tiene en el mes de abril, con un 25% de probabilidad de una precipitación de 5-10 mm. Sin embargo, los meses de febrero y marzo tienen 30% y 29% de probabilidad respectivamente -

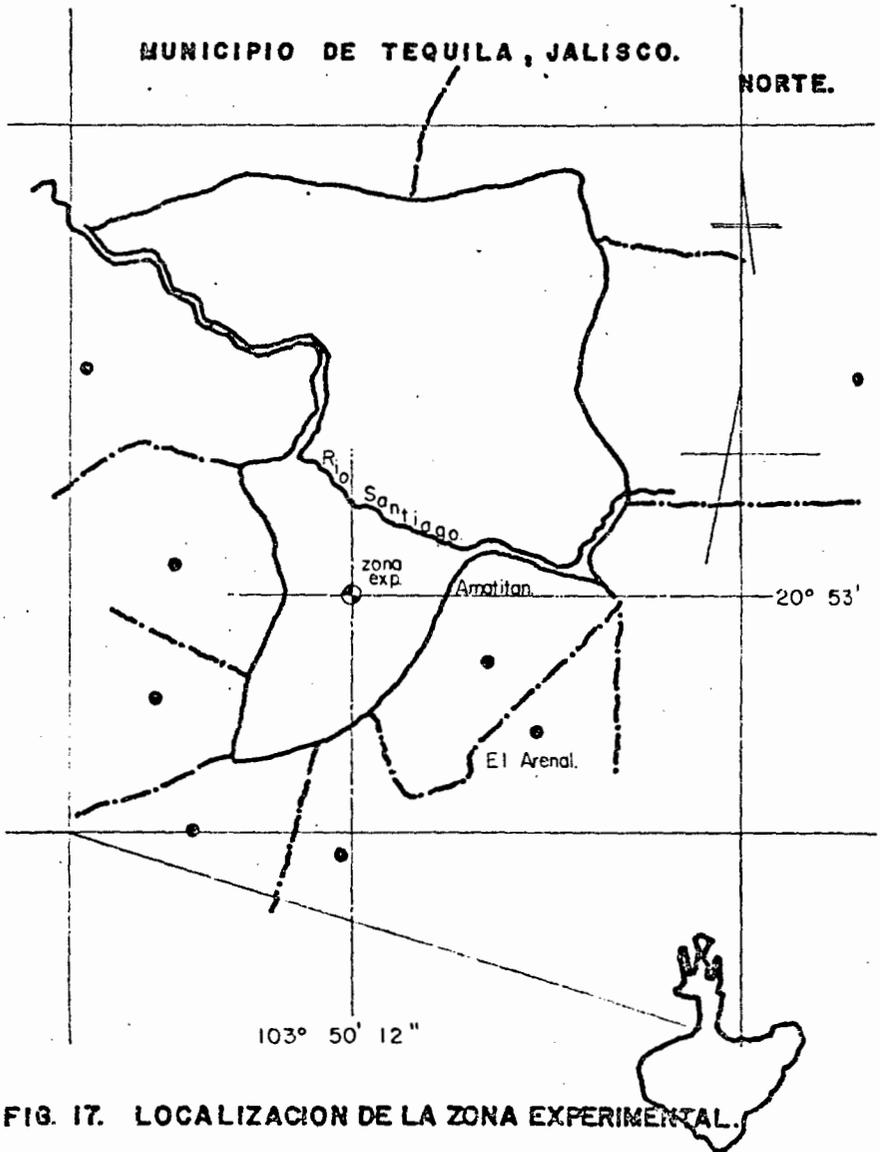


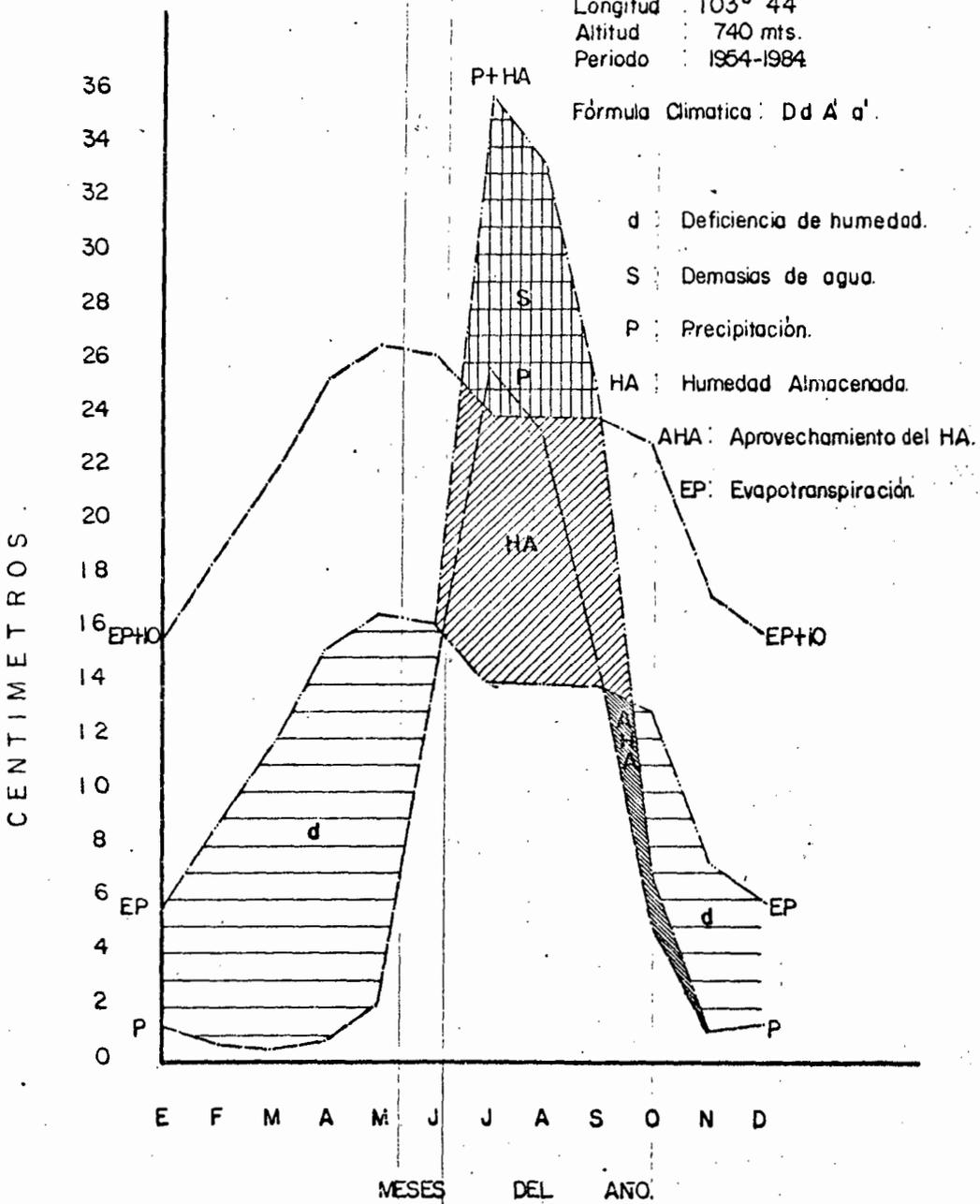
FIG. 17. LOCALIZACION DE LA ZONA EXPERIMENTAL.

FIG. 18. CLIMOGRAMA

Estación STA. ROSA, AMATITAN.

Latitud : 20° 55'
 Longitud : 103° 44'
 Altitud : 740 mts.
 Periodo : 1954-1984

Fórmula Climática : $Dd A' a'$



para una precipitación de menos de 5 mm. El mes de julio es el de mayor probabilidad (49%) para el mayor volumen --- de lluvia en el año (250-300 mm.) Anualmente la precipitación pruvial puede ser de 1000 mm. con 49% de probabilidad, de los los cuales 950 mm. parecen ser distribuidos de mayo a octubre con un 49% de probabvilidad (Garcia y Vidal, 1978).

3.2.3. Geología: Las rocas que dieron origen a sus suelos, -- pertenecen a las denominadas rocas ígneas tobas (CETENAL -- 1981) SARH (1985) menciona que estos suelos se derivan de -- cenizas volcánicas ferromagnesianas en ambiente de clima -- templado subhúmedo (con estación seca bien definida) en topografía plana o ligeramente ondulada.

3.2.4. Suelos: Son suelos casi planos de pendiente imperceptible en la zona experimental con ondulaciones en los alrededores. Caracterizados como cambisoles crómicos y luviso crómicos con estratos de obsidiana. Son de color café rojizo aunque hay casos de suelos café oscuro y gris oscuro. Suelos pobres en materia orgánica, con pH ácido, bajos en nitrógeno, calcio y Magnesio, Fósforo de bajo a medio y --- ricos en potasio (SARH, 1985) (ver a continuación tabla de resultados de pozo agrológico)

3.2.5. Vegetación: Se desarrolla como un monocultivo predominante en la zona con vestigios circundantes hacia la barranca de bosque de latifoliadas y selva baja caducifolia - (CETENAL, 1981).

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
REPRESENTACION JALISCO



COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jalisco, MARZO 19 de 1986.

Nombre SALVADOR AGUAYO LOPEZ. Localidad: RA NCHO J. NDIQ.

1. M-1 1-10

2. M-2 10-20

3. M-3 20-30

4. M-4 30-40

5. M-5 40-50

Estado: JALISCO. Municipio: TEQUILA.

DETERMINACION UNIDADES	METODO	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS				
------------------------	--------	----------------------------	--	--	--	--

TEXTURA

	%	Hidrómetro	1	2	3	4	5
Arena	"	"	47.44	43.44	45.44	43.44	43.44
Arcilla	"	"	22.92	34.92	32.92	30.92	32.92
Limo	"	"	29.64	21.64	21.64	25.64	23.64
Textura		Bouyoucos	F	Fr	Fra	Fr	Fr
Agua Equivalente	%		19.54	24.59	23.54	23.12	23.86

MATERIA ORGANICA

Materia Orgánica	%	Walkley-Black	3.03	1.30	1.03	0.62	0.62
------------------	---	---------------	------	------	------	------	------

SALINIDAD Y SODICIDAD

Cond. Eléctrica	m-mhos/cm	Solu Bridge	0.98	0.31	0.30	0.33	0.33
Cationes Totales	me/l	Cálculo	9.80	3.10	3.00	3.30	3.30
Calcio	"	E.D.T.A.	4.00	1.00	1.00	1.00	4.00
Magnesio	"	"	4.00	0.80	1.00	1.00	1.20
Sodio Soluble	"	Cálculo	1.80	1.30	1.00	1.30	1.00
Sodio Intercambiable	%	Nomograma	0.25	0.25	0.45	0.50	0.50
Clasificación			normal	normal	normal	normal	normal
Bicarbonatos	me/l	Warder	2.00	1.20	1.30	1.20	1.30
Carbonatos	"	"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cloruros	"	Mhor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sulfatos	"	"	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

NUTRIENTES

Calcio	ppm	Morgan	medio	medio	medio	medio	medio
Potasio	"	"	Ex-rico	Ex-Rico	Ex-Rico	Ex-Rico	Ex-Rico
Magnesio	"	"	medio	medio	medio	medio	medio
Manganeso	"	"	medio	medio	medio	medio	medio
Fósforo	"	"	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nitrógeno Nitrico	"	"	medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Nitrógeno Amoniaco	"	"	medio	medio	Bajo	medio	Bajo
PH 1:2		Potenciómetro	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO

EL RESIDENTE

U.F.D. [Signature] S.L.L.U.I.

ING. FLORENTINO SANCHEZ SANTIAGO.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS



SUB-SECRETARIA DE PLANEACION
DIRECCION GENERAL DE PLANEACION
REPRESENTACION JALISCO
COMITE TECNICO ASESOR DE LA CUENCA
DEL LERMA-CHAPALA-SANTIAGO
LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS
Y APOYO TECNICO

Guadalajara, Jalisco, el 12 de 1960

Nombre: SILVESTRE AGUIRRE LOPEZ Localidad: PARICHO, Jalisco
11. 1-11 100-110
12. 1-12 100-120
13. 1-13
 Estado: JALISCO Municipio: TESQUILA

DETERMINACION UNIDADES	METODO	PROFUNDIDAD EN CENTIMETROS		
------------------------	--------	----------------------------	--	--

TEXTURA

		11	12	13		
Arena	%	Hidrómetro	31.41	25.81	27.48	
Arcilla	"	"	12.72	14.92	14.92	
Limo	"	"	53.64	39.64	37.64	
Textura		Fr	Fr	Fr		
Agua Equivalente	%	Bouyoucos	25.46	27.47	27.15	

MATERIA ORGANICA

Materia Orgánica	%	Walkley-Black	0.62	0.62	0.82	
------------------	---	---------------	------	------	------	--

SALINIDAD Y SODICIDAD

Cond. Eléctrica	m-mhos/cm	Solu Bridge	0.47	0.46	0.40	
Capiones Totales	me/l	Cálculo	4.70	4.60	4.00	
Calcio	"	E.D.T.A.	1.40	1.40	1.20	
Magnesio	"	"	1.00	0.80	0.80	
Sodio Soluble	"	Cálculo	2.30	2.40	2.00	
Sodio Intercambiable	%	Nomograma	1.60	2.00	1.50	
Clasificación			Normal	Normal	Normal	
Bicarbonatos	me/l	Warder	1.00	1.00	1.00	
Carbonatos	"	"	0.00	0.00	0.00	
Cloruros	"	Mhor	2.00	0.70	0.50	
Sulfatos	"	"	1.70	2.90	2.50	

NUTRIENTES

Calcio	ppm	Morgan	Medio	Medio	Medio
Polonio	"	"	Ex-rico	Ex-rico	Ex-rico
Magnesio	"	"	Medio	Medio	Medio
Manganeso	"	"	Bajo	Bajo	Bajo
Fósforo	"	"	Bajo	Bajo	Medio
Nitrógeno Nitrico	"	"	Bajo	Bajo	Bajo
Nitrógeno Amónico	"	"	Bajo	Bajo	Bajo
PH 1:2		Potenciómetro	6.2	6.4	6.5

LISTO 224 b.j.p.
EL ENCARGADO DEL LABORATORIO

EL RESIDENTE

G.F.B. JOSE GUADALUPE MEJIA DALWORI. I RG. FLORENTINO SALCHEZ SAMA DIEGO.

3.3. Métodos:

Se utilizó un diseño de parcelas divididas con dos factores en tres niveles para cada uno y cuatro repeticiones. El factor principal de parcelas grandes comprende a tres niveles referentes a la poda, con poda (CP) sin poda (SP) y una poda (UP).

Las plantas CP han sido podadas y barbeadas según se acostumbra en la región y para ésta última poda (mayo-1986) se ejecutó el barbeo de escobeta o banco rebajado, en el que la poda es más intensa, dejando el ápice de la planta casi plano, similar al nombre que se le da regularmente.

El nivel SP incluye plantas que por dos años (1985-1986) no han sido barbeadas. Estas plantas fueron utilizadas a partir de 1985 por Nobel y Valenzuela para predecir productividad. El tercer nivel denominado UP se refiere a que estas plantas no fueron podadas unicamente en 1986.

Los niveles del otro factor son los estratos de hojas; siendo E-1, E-2 y E-3 de parte baja del mezc al hacia arriba, tomándose una sola hoja para cada estrato.

E-1; son las hojas con una altura del suelo a la punta de la hoja de 40-50 cm. Es la parte de hojas más vieja.

E-2; son las hojas situadas de los 50-120-cm del suelo. Se localizan a la mitad del follaje de la roseta.

E-3; es el estrato más joven de hojas, muy cercanas al cogollo, ápice o cono central de la planta, -- son casi erectas, por lo que el número de subparcelas fué: Factor I (3) factor II (3) (4 repeticiones) = 36 subparcelas ú hojas.

La toma de muestra en la hoja fué -- de 20 a 25cm.a partir de la base de la hoja hacia la punta, (Fig.19).

3.3.1. Medición de acumulación nocturna de acidez.

Se utilizó la técnica de Nobel (1984b) que consiste en:

- 1).- Tomar 2.26 cm^2 de superficie del tejido abaxial (del haz de la hoja).



Parcelas Grandes.

CP

SP

UP

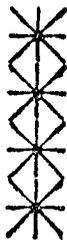
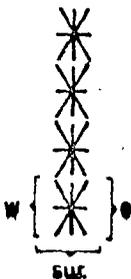
REPETICIONES:

I

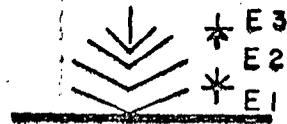
II

III

IV



PARCELAS CHICAS.



Total de subparcelas = 4 rep. (3 parc. grandes) (3 parc. chicas)

Total = 36 subparcelas para cada Orientación.

FIG. 19. Esquema del diseño Experimental.

- 2).- Molerse por 16 2 minutos con arena.
- 3).- Adicionar 30 ml. de agua destilada.
- 4).- Titular a 7.0 con hidróxido de sodio a 5.88 mM de - - concentración.

3.3.2. Material para medición de acidez.

Para la extracción de las muestras, se utilizó un sacabocado de 1.2 cm de diámetro. Dichas muestras fueron molidas en morteros de porcelana con material vítrico esférico y agua destilada. Para la medición del pH se utilizó un potenciómetro electrónico Weizz y un potenciómetro portátil.

A ésta técnica se le hicieron algunas - - modificaciones, con respecto al material que ayuda a moler, que se cambio de arena a material vítrico, ya que la primera es de importación y de costo elevado. Si bien, con el material vítrico no dió la misma rapidez de molienda, tampoco influyó en el pH del material vegetal.

En cuanto a la concentración, se experimentó también con otra más elevada 8×10^{-3} Mol para agilizar el tiempo de titulación.

3.3.3. Tiempo de mediciones. Los meses de julio y agosto se eligieron para mediciones de acidez con el criterio de que otros factores de mayor influencia, como la humedad y temperatura, no estarían afectando el contenido de -

acidez a la actividad fotosintética. De ésta manera se --
eligió el período anterior y en las noches del mismo, ya -
que solo se reporta la acidez de la oscuridad La toma de mues
tras se hizo de 8 a 10 p.m. y el trabajo de laboratorio de
10.00 p.m. en adelante, terminando frecuentemente a las --
2.00 a.m. Las muestras se colocaban en bolsas de plásti-
co separadamente y se transportaban al laboratorio.

3.3.4. Orden de eventos del experimento.

Si bien, lo más importante para el presen-
te trabajo fué la obtención de datos sobre la titulación -
de acidez para las plantas bajo el diseño, se hicieron - -
otras mediciones auxiliares y complementarias que no esta-
ban planeadas, pero que ayudaron a un mejor funcionamiento
de la técnica y datos complementarios a la variación del -
factor que aquí se investiga.

Datos bajo diseño de parcelas divididas.

Fecha:	Orientación:	Resultados en mililitros:
21 Jul.	Oeste	de NaOH a una concentración
23 Jul.	Este	de 8×10^{-3} MOL.
1° Agosto.	Sur	
2° Agosto	Norte	

Eventos auxiliares bajo diseño:

Fecha:	Orientación:	Modificación:	Resultados:
4 Jul	Oeste	Marmolina para moler	pH
14 Jul	Este	Material vítrico	pH
18 Jul	Oeste	en la molienda	

Datos complementarios fuera del diseño:

Fecha: Observaciones:

30 Jul. Se midió una planta con poda (CP) en sus tres - niveles de estratos de los 4 puntos cardinales. Los resultados fueron en Ml. de NaOH.

3 Agosto Se tomaron 3 plantas.cada una con un tratamien- to de poda cada una (CP,SP,UP) en las que se -- midieron los 3 estratos y los 4 puntos cardina- les.

3.3.5. Rangos de orientación o dirección de las hojas.

En una planta era imposible encontrar en - los tres estratos de hojas un apunte a una orientación -- exacta. Por lo tanto, la nominación de cada punto cardinal es aproximada, variando como máximo 15° del punto cardi- nal original.

3.3.6 Labores del cultivo durante el período de experimentacion.

Se acostumbra dar una fertilización nitro- genada dos veces al año en la época húmeda, a estas plan--

tas, una en junio y otra a fines de agosto. Se agregan ---
300 g. en total de sulfato de amonio. Por lo que apenas --
habian recibido una. Al momento del barbeo, se limpiaron-
las áreas cercanas a los surcos y se quitaron los hijuelos
circundantes.

3.3.7 Actividades después de la experimentación.

Se cosecharon las piñas y se pesaron, tomán-
dose duplicados de muestras de la base de las hojas y tallo
para azúcares reductores.

Características en la productividad de biomasa.

Las características de productividad de -- -
hojas en las plantas de este estudio, fueron evaluadas --
de marzo del 85 a febrero del 86. Sus hojas iniciales pro
medio fueron 137 y al año 88 (hojas finales). En este pe-
riódó se produjeron 47 y murieron 96 hojas (ver tabla 1,-
apéndice de resultados).

Esto demuestra una disminución de los teji--
dos foliares. Es probable que a esa edad la planta dismi
nuya su biomasa foliar, resultando una etapa de almacena-
miento de carbohidratos en la piña.

Se encontró en este período de evaluación, -
una estrecha relación directa de la productividad con 2 -
factores ambientales, precipitación y temperatura (fig.1)

Resultados de los tratamientos de los factores poda y
estratos en:

Hojas de orientación Oeste.: Conociendo que la fijación-
nocturna de bióxido de carbono está ligada a otros facto-
res ambientales que varían de día a día se reportan los -
valores de pricipitación pluvial, temperaturas y estado -
del tiempo, así mismo, sus cardioides solares correspon-
dientes (ver análisis de varianza del 1 al 4).

Las variables de hojas de apunte al Oeste tuvieron significancia entre valores, para la poda ($\alpha=0.01$) y para la interacción ($\alpha = 0.01$) (Ver Anva No.1)

Haciendo la prueba de medias (DMS) el tratamiento de una poda (UP) obtuvo la mayor acidez ($87.57 \text{ mMol m}^{-2}$) siendo menores en un 55.42% con poda (CP) y con un 75.77% sin poda (SP) con respecto al primero (Tabla 2).

Es importante señalar que en estos resultados hubo un efecto notorio de orilla, las hojas del tratamiento CP obtuvieron sombreado por parte del sucro colindante SP, cuyo tamaño no dejó iluminación. Esto pudo eliminarse tomando más surcos para cada tratamiento, homogeneizando el sombreado para cada barbeo. Como solo se contaba con un surco que por dos años no se barbeó (SP) el acomodo fué de un surco por tratamiento.

No fue del todo erróneo este efecto ya que se mostró la influencia de la PAR en las plantas de UP que más la recibieron. (fig. 2) La eficiencia de estas fue 2.4 veces mayor a las de CP y 4 más a las de SP.

La funcionalidad de estratos pudo observarse altamente significativa siendo el E2 el más activo que el E3 (13.19%) y que E1 (30.61%)

La interacción de los factores dió como resultado a la subparcela, UP-E2 como la más activa ($114.69 \text{ mMol m}^{-2}$) seguida de la UP-E3 ($99.52 \text{ mMol m}^{-2}$) y de la

CP=E2 ($60.27 \text{ mMol m}^{-2}$). Los menos activos fueron los estratos sin poda y el con poda sombreado por el surco vecino SP. (ver figura 3).

Hojas de orientación Este:

Hay diferencia significativa para poda y estratos los factores ($\alpha = 0.05$) y E ($\alpha = 0.01$) siendo no significativa la interacción de ambos (ANVA no. 2)

Las plantas CP fijaron un 44% mas de CO_2 que las de SP, y un 16% mas que las de UP (tabla No. 2)

El E2 fué el mas activo con un promedio de $135.36 \text{ mMol m}^{-2}$ de acidez, siguiéndole los tratos E3 y E1 respectivamente.

No hubo significancia en la interacción (fig. No. 4) pero se encontraron diferencias significativas, -- siendo la subparcela (CP-E2 la mas productiva, los valores mas bajos fueron respectiyamente para los subparcelas SP-E3 SPE2 y SPE1 (fig. 4A)

Hojas de orientacion Sur.:

Los resultados del ANVA señalan No significancia para el factor poda y para la interacción (PXE). Siendo solo el factor estratos ($\alpha = 0.01$) altamente significativo (ANVA No. 3)

En estas hojas como en las de orientación --- Norte no se presentaron diferencias significativas entre los niveles de poda.

Esto fue debido a que el barbeo que se realizó en este experimento no se cortaron las hojas de estas orientaciones, es decir, se cortaron hojas de orientación E y W y del Cogollo, pero no las encontradas entre planta y planta(N-S).

Antiguamente se realizaba un barbeo en todas las hojas incluyendo las encontradas entre planta y planta por razones económicas es ahora poco común. Siendo mas barato el barbeo de escobeta sin poda entre planta y planta.

No hubo diferencia estadística, pero el valor numérico de las CPTuvieron mayor cantidad de acidez (23.76 mMol m⁻²); que de las SP (23.44 mMol m⁻²) y UP (21.67 mMol⁻²)

Los estratos se mostraron activos en el siguiente orden E2 (107.88 mMol m⁻²) y E3 (105.43 mMol⁻²). E1. El trabajó al 50% de la eficiencia del E2.

Las subparcelas con diferencia numérica de mas actividad fueron las CPE2 y CPE3.

Hojas de orientación Norte.:

Los resultados del ANVA (no.4) señalan No ---

significancia para ambos factores y su interacción.

Posiblemente este resultado tenga una estrecha relación a la baja insolación recibida por el Sur, ya que - las pencas reciben iluminación de este punto aunque apunten hacia el Norte. La insolación recibida por el Sur es baja en este período del año, (ver cardiodes Solares)

Sin embargo, en cuanto a valores numéricos el tratamiento CP fué el de mayor magnitud, los estratos tuvieron mucha semejanza numérica al igual que las interacciones, (ver fig. 6a).

Efecto de las orientaciones.;

Para conocer el efecto de las diferentes orientaciones, se trabajaron los datos en un diseño de parcelas-subdivididas (ANVA 6 y fig.7)

Dando como resultado significancia ($\alpha=0.01$) - a los factores poda, estratos, orientaciones y a la interacción poda por orientación, esta última en relación a la época del año, ya que la orientación Norte es mas soleada que la Sur.

En la prueba de medias de orientaciones, se -- presentó una mayor actividad fotosintética, en los puntos - de recepción, Este, Norte y Oeste, siendo iguales estadis-- ticamente. Las hojas Este-Oeste, reciben casi lo mismo de insolación, el Norte un poco mas y el Sur muy poco, siendo-

estadísticamente el más bajo.

Efecto de las orientaciones y de los estratos.:

Se ejecutaron otras mediciones auxiliares en plantas CP en sus 3 niveles de estratos y 4 orientaciones.

Los resultados vuelven a señalar al E2 como el más activo y a las orientaciones de recepción solar - Oeste, Este y Norte como las más iluminadas, esto demuestra la respuesta de la planta a una mayor PAR recibida (fig. - 10 a 13)

Cosecha:

Las Variables Cantidad de azúcares reductores y peso de piñas no reportaron diferencias a los factores estudiados.

Esto pudo ser debido a la gran heterogeneidad del material ya que la maduración es muy irregular en las plantaciones. Igualmente es muy variable la cantidad de azúcares en las diferentes partes de la "Piña", por lo que se considera que no fué un muestreo acertado.

Por comentarios posteriores se conoció que la mayor cantidad encontrada de azúcares reductores es en la parte media de la piña. Misma que incluye a los estratos - medios (E2) que en este estudio resultaron los más productivos.

Sin embargo esto queda como experiencia para-
que estudios posteriores puedan encontrar la influencia --
del barbeo en el contenido de azúcares reductores.

- 1.- Se identificó plenamente el efecto de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en agaves con los diferentes niveles de podas, encontrado una mayor actividad fotosintética en las hojas que pudieron captar mas PAR con la poda.
- 2.- Resultó diferente la actividad fotosintética de los 3-estratos de hojas, siendo mas eficientes aquellas que se encuentran en un ángulo medio en el follaje (E2), las cuales reciben mayor cantidad de PAR. Las hojas viejas fueron las menos eficientes en la mayoría de los casos.
- 3.- Se obtuvo una mayor y más uniforme PAR en los diferentes estratos de hojas de plantas con poda (CP), de acuerdo a los resultados de acidez.
- 4.- Las plantas maduras con poda reciben mas PAR que interviene directamente en un mejor funcionamiento de la fotosíntesis y por lo tanto en la productividad.
- 5.- No se encontraron diferencias en peso y azúcares reductores en el análisis de los tres tratamientos de Poda.
- 6.- En las representaciones solares (cardiodes y gráficas)-se muestra la iluminación que se acentúa al Norte para esas fechas cercanas al solsticio de Verano.

La respuesta de las plantas a esa insolación-
así orientada, se expresó con una mayor cantidad de acidez -
para las hojas de recepción Norte.

Con el presente trabajo se concluye que el --
barbeo es una labor plenamente justificada por los benefi- -
cios que ofrece al facilitar las labores agrícolas, eliminando
plagas pero sobre todo por su influencia directa en el --
aumento de la fotosíntesis y como consecuencia en la produc-
tividad.

Sin embargo el barbeo debe efectuarse en di--
ferentes formas de acuerdo a la edad de la mezcalera cuando-
la planta es joven (1-3 años) no debe tener barbeos intensos.
Es recomendable para ejecutar las labores de cultivo un bar-
beo ligero. Evitando los inconvenientes de la armadura del-
mezcal para los trabajadores y para los animales de yunta.

Si las labores son mecanizadas y las espinas-
no perjudican no es necesario barbear a esta edad. Además --
de que la herida del corte es una superficie evapqrante, también
es una puerta de entrada a patógenos e insectos y se --
reduce el área fotosintética.

Cuando se combina trabajo mecanizado y manual
se puede dar un barbeo tan ligero que solo elimine la pua y
favorezca al manejo.

Si las densidades son elevadas y la planta -- adulta (4-5 años) comienza a tener competencia por luz debe realizarse también un barbeo con la finalidad de proveer a la planta de mas insolación.

Los tipos de barbeos mas apropiados en esta - etapa son el de "arbolito" y el "farol suave) normalmente en plantas maduras (6 años en adelante) próximas a la cosecha, cuya competencia por luz es mayor, es aconsejable -- eliminar mas area foliar.

Conforme se acerca el punto de cosecha (jima) debe barbearse mas intensamente, usando en primer lugar el tipo de "farol castigado" y después el de banco rebajado - o "escobeta" con los que se elimina poco a poco alrededor de la mitad de la biomasa foliar.

Un barbeo es benéfico también cuando las plagas comienzan a barrenar las hojas, protegiendo a la "pi--ña" de un daño severo.

La época mas favorable para realizar el barbeo es la del estiaje, generalmente antes del inicio de lluvias Aunque es recomendable en Otoño e invierno cuando se presenta el barrenador. Este punto habrá que estudiarse específicamente.

Cabe mencionar que los instrumentos para el - barbeo deben estar bien afilados pues un descuido de este tipo resulta muy perjudicial.

Esta práctica como muchas otras que se han venido realizando tradicionalmente, deben ser estudiadas a fondo pues aportan buenos resultados cuando no son degeneradas. Algo que ocurre con barbeos excesivos, a destiempo o con herramientas en malas condiciones.

Debido a la heterogeneidad en la madurez de los mezcales en experimentación, no se pudo comprobar la influencia del barbeo en la cantidad de azúcares reductores, punto importante para la productividad tequilera.

Puede concluirse que el factor luz y específicamente la PAR es una de las variables que se modifican con el barbeo y que influye en la actividad fotosintética y productividad de Agave tequilana. Probablemente no solo el incremento de la PAR actúe sobre una mayor tasa fotosintética, sino también en el aumento de temperatura -- en la piña o en la actividad hormonal de la planta, aspectos quizás muy ligados a la precocidad en la maduración, que pudieran acortar el ciclo vegetativo.

A P E N D I C E

Apéndice

Tabla No. 1. Productividad de hojas y distribución de biomasa en plantas de 6 años de edad de Agave -- tequilana W.

Fig. No. 1. Relación entre la productividad de hojas en plantas de 6 años (Agave tequilana), la precipitación pluvial media y las temperaturas medias máximas y mínimas Tequila, Jal.

Análisis de Varianza No. 1. Hojas de orientación Oeste

Fig. No. 2. Acomodo del experimento en campo.

Fig. No. 3. Prueba de medias ($DMS = 0.01$) de las subparcelas Oeste

Análisis de Varianza No. 2. Hojas de orientación Este

Fig. No. 4. Prueba de Medias ($DMS = 0.01$) de las subparcelas Este.

Fig. No. 4A. Relación de la Acumulación de Acidez Nocturna entre los niveles de los factores estudiados en las hojas de orientación Oeste y Este.

Análisis de Varianza No. 3. Hojas de Apunte Sur.

Fig. No. 5. Prueba de medias de las subparcelas Sur.

Análisis de Varianza No. 4. Hojas de apunte Norte

Fig. No. 6. Prueba de medias ($DMS\alpha = 0.01$) de las subparcelas Norte.

Fig. No. 6A. Relación entre la Acumulación de Acidez Nocturna y los niveles de los factores estudiados en las hojas Norte y Sur.

Análisis de Varianza No. 5. Diseño de Parcelas Subdivididas

Fig. No. 7. Resultados del acomodo de parcelas subdivididas

Fig. No. 8. Cardioides Solares del 21 y 23 de Julio

Fig. No. 9. Cardioides Solares del 1º y 2 de Agosto

Fig. No. 10. Porcentaje de la acumulación de Acidez Nocturna y su relación con los estratos y orientaciones del follaje en una planta CP .

- Fig. No. 11. Relación entre la acumulación de Acidez Nocturna y los diferentes estratos de hojas y orientaciones en una planta CP
- Fig. No. 12. Efecto de los estratos de hojas y su orientación sobre el porcentaje de acumulación Nocturna.
- Fig. No. 13. Relación entre la AAN y los diferentes estratos de hojas y orientaciones en 3 plantas -- CP.

A) <u>Productividad total de hojas</u> (n=20)			
H O J A S	No.	C.V. %	Long. promedio cms.
Iniciales (marzo - 85)	137	11.26	131.32
Producidas en 11 meses	47	8.55	
Secas o marchitas en 11 meses	96	16.84	
Finales (marzo-86)	88	10.84	125.45

B) Peso neto y materia seca (n=2)

Parte	Peso Neto (Kg)	Materia Seca (Kg)	Piña Peso Neto Kg	Kg. M.Seca.
Raices y rizomas	5.42	1.92		
Tallo	7.33	1.66-----	(100%) 7.33	1.66
Hojas envueltas	6.1725	1.30	(porcentaje despreciable)	
Hojas desenvueltas	46.50	8.137----	(35%) 16.27	2.85
Base de las Hojas secas	10.89	2.03-----	(100%) <u>10.89</u>	<u>2.03</u>
			34.49	6.54

Tabla 1
Productividad de hojas y distribución de biomasa en plantas de 6 años de Agave tequilana W.

A Productividad total de hojas
Marzo de 1985 a febrero de 1986

B Peso neto y materia seca
julio de 1985.

Fecha	Orientacion	Parcela Principal (Poda)	mMol m ⁻² Acidez	% menor a la max.
21 Julio	Oeste	UP	87.57	
		CP	39.04	55.42
		SP	21.22	75.77
23 Julio	Este	CP	133.87	
		UP	112.37	16.07
		SP	74.81	44.12
* 1° Agosto	Sur	CP	36.41	
		SP	29.88	17.94
		UP	22.89	37.14
** 2 Agosto	Norte	CP	23.76	
		SP	23.44	1.34
		UP	21.67	8.79

Tabla No. 2

Prueba de medias de parcelas principales (DMS $\alpha = 0.01$)

Diseño: Parcelas Divididas

* En el ANVA el factor Poda resultó No Significativo, mas hubo DMS

** En el ANVA el factor Poda resultó NS y en la DMS también Los tratamientos son estadísticamente iguales.

total de hojas producidas por 20 plantas de 6 años.

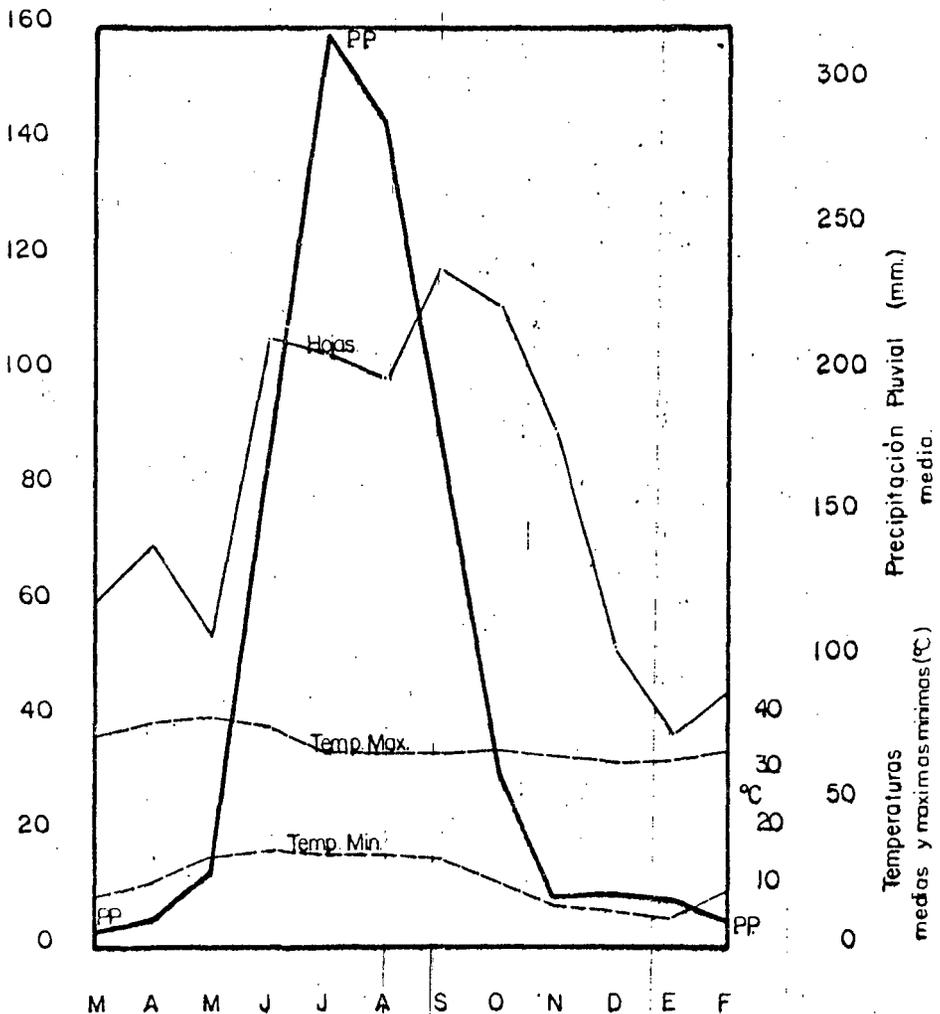


FIG. 1.

Relación entre la productividad de hojas, plantas de 6 años (Agave Tequilana), la precipitación media y las temperaturas medias máximas y mínimas para tequila Jalisco. Monitoreadas de Marzo de 1985 a Febrero de 1986.



Parcelas Grandes.

CP

SP

UP

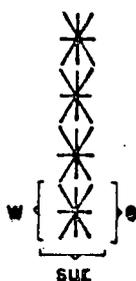
REPETICIONES:

I

II

III

IV



PARCELAS CHICAS.



Total de subparcelas = 4 rep. (3 parc. grandes) (3 parc. chicas)

Total = 36 subparcelas para cada Orientación.

FIG. 2.- Acomodo del experimento en Campo

ANVA 1 Hojas al Este

Fecha 21 de julio de 1986

Orientacion Oeste

Temperatura

Media: 20

Max: 29

Min:17

Precipitación del día: 25 mm.

Estado del tiempo: despejado

Precipitación total del mes: 309 mm.

Viento : NW.

Analisis de varianza (parcelas divididas)

Medias de tratamientos
(acidez en mMol^{-2})

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05Ft	0.01			
sub-parc.	35	314.18							
Par-prin. ^h	11	104.21					E1	E2	E3
Factor P.	2	66.52	33.26	7.93	4.26	8.02 *	CP 21.36	60.27	35.51
Error A.	9	37.69	4.19				UP 48.43	114.69	99.59
Factor E.	2	108.57	54.28	17.91	3.55	6.01 **	SP 9.79	23.40	30.47
PXE	4	46.85	11.71	3.86	2.93	4.58 *			
Error B	18	54.55	3.03						

Orientación : Oeste Fecha : 21 de Julio 1986

Subparcela.	m Mol m ² Acidez.	% menor a a la maxima.
UP - E2	114.69	
UP - E3	99.59	13.17
CP - E2	60.27	47.45
UP - E1	48.43	57.78
CP - E3	35.51	69.04
SP - E3	30.47	73.44
SP - E2	23.40	79.60
CP - E1	21.36	81.38
SP - E1	9.79	91.47

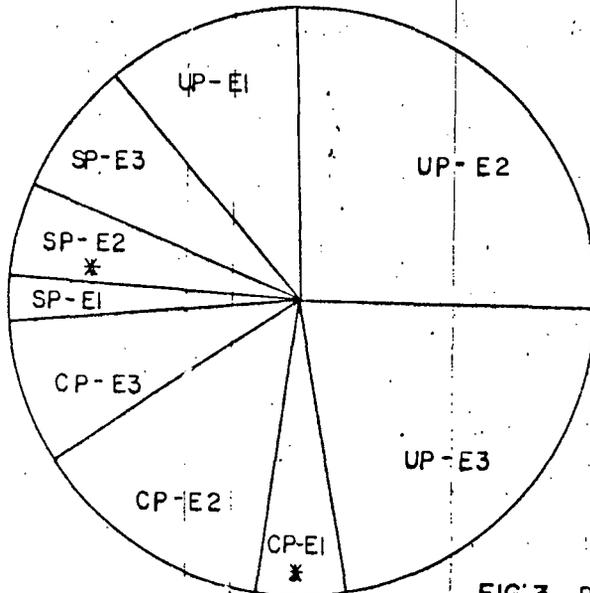


FIG. 3. Prueba de Medias de (DMS = 0.01) subparcela Oeste.

* Estadísticamente iguales.

ANVA No. 2 Hojas de apunte de Oeste

Fecha : 23 de julio de 1986

Orientación Oeste

Temperaturas Media: 19°C Max: 28°C Min: 17°C

Precipitación del día: 6 mm Estados del tiempo: Desjedaado

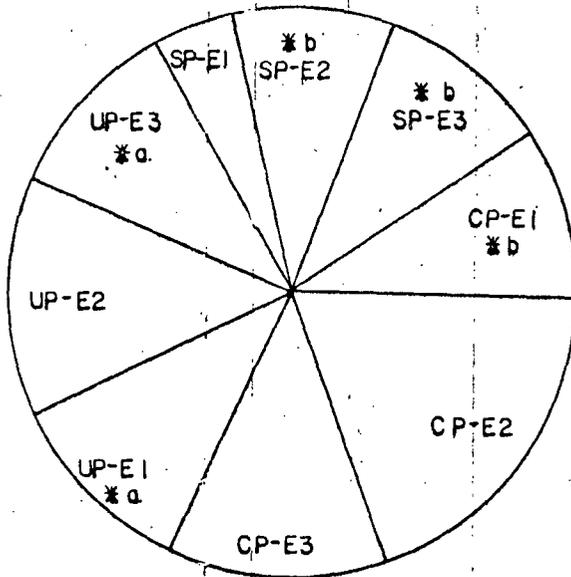
Precipitación total del mes: 309 Vientos: W

F.V.	ANVA (parcelas divididas) Ft						Medias de tratamientos (Acidez en mMol m ⁻²)				
	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	0.05	0.01					
Sub-parc.	35	323.51									
Par-prim.	11	161.32									
Factor P	2	80.42	40.21	4.47	4.26	8.02 *	CP	E1 31.29	E2 62.31	E3 40.27	
Error A	9	80.90	8.98								
Factor E	2	68.51	34.25	9.70	3.55	6.01 **	UP	34.42	43.67	34.28	
PXE	4	30.13	7.53	2.13	2.93	4.58 NS	SP	14.55	29.38	30.88	
Error B	18	63.54	3.53								

Prueba de Medias. (DMS $\alpha = 0.01$)

Orientación : Este. Fecha : 23 de Julio de 1986.

Subparcela	mMol m ⁻² Acidez.	% menor a la maxima.	
CP-E2	62.31		
UP-E2	43.67	29.92	
CP-E3	40.27	35.38	
UP-E1	34.42	44.77	* a
UP-E3	34.28	44.99	* a
CP-E1	31.29	49.79	
SP-E3	30.88	50.44	* b
SP-E2	29.38	52.84	
SP-E1	14.55	76.64	



* Estadísticamente iguales.

FIG. 4. Prueba de Medias de subparcelas. Este.

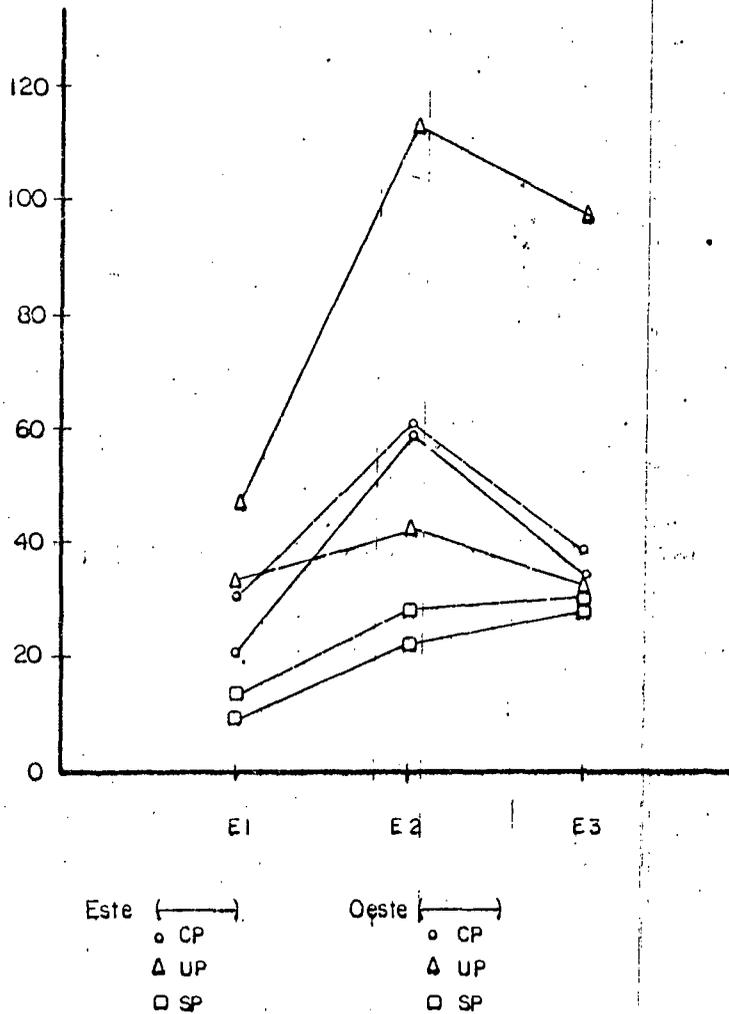


FIG. 4g. En la presente grafica se muestra la AAN en tres estratos de hojas (E1, E2, E3) con diferentes niveles de poda, con poda (○), una poda (△) y sin poda (□) en dos puntos de orientación (————) Oeste y (-----) Este de las hojas muestreadas.

Prueba de Medias (DMS α =0.01)

Orientación : Sur Fecha : 1° de Agosto 1986.

Subparcela	m Mol m ² Acidez.	% menor a la maxima.	
CP - E2	46.80		
CP - E3	41.36	11.63	
SP - E3	34.55	26.18	* a
SP - E2	32.65	30.24	
UP - E3	29.52	36.93	* b
UP - E2	28.43	39.26	
SP - E1	22.44	52.06	
CP - E1	21.08	54.96	
UP - E1	10.74	77.06	

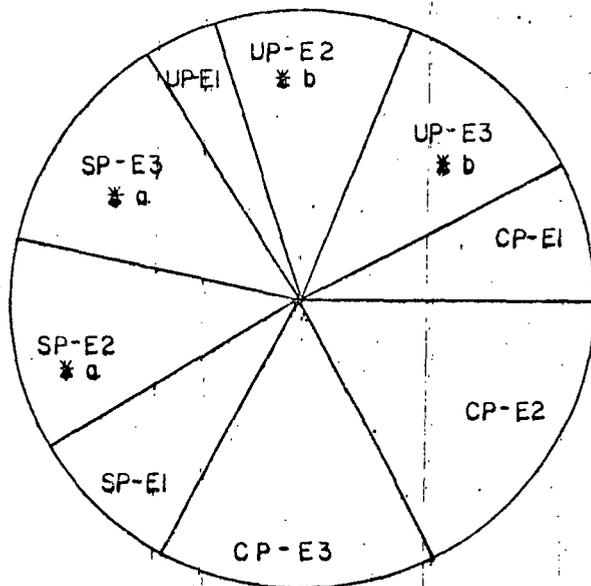


FIG. 5.

Prueba de Medias d
Subparcelas Sur.

Prueba de Medias (DMS = 0.01)

Orientación : Norte.

Fecha . 2 Agosto 1986

Subparcela	m Mol m ² Acidez.	% menor a la maxima.	
SP - E1	30.06	8.59	
CP - E3	27.48	0.38	* a
CP - E2	26.94	1.75	
UP - E2	26.53	21.73	
UP - E3	23.53	27.61	* b
SP - E3	21.76	38.56	
SP - E2	18.50	43.88	* c
CP - E1	16.87	50.24	
UP - E1	14.96		

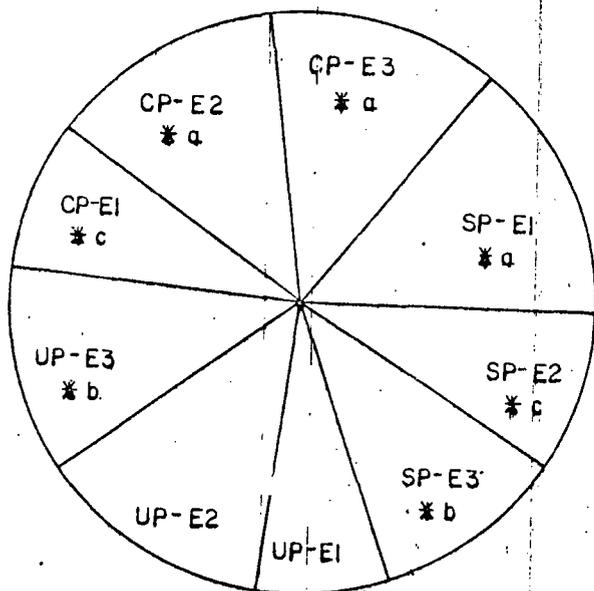


FIG. 6. Pruebas de Medias de subparcelas Norte.

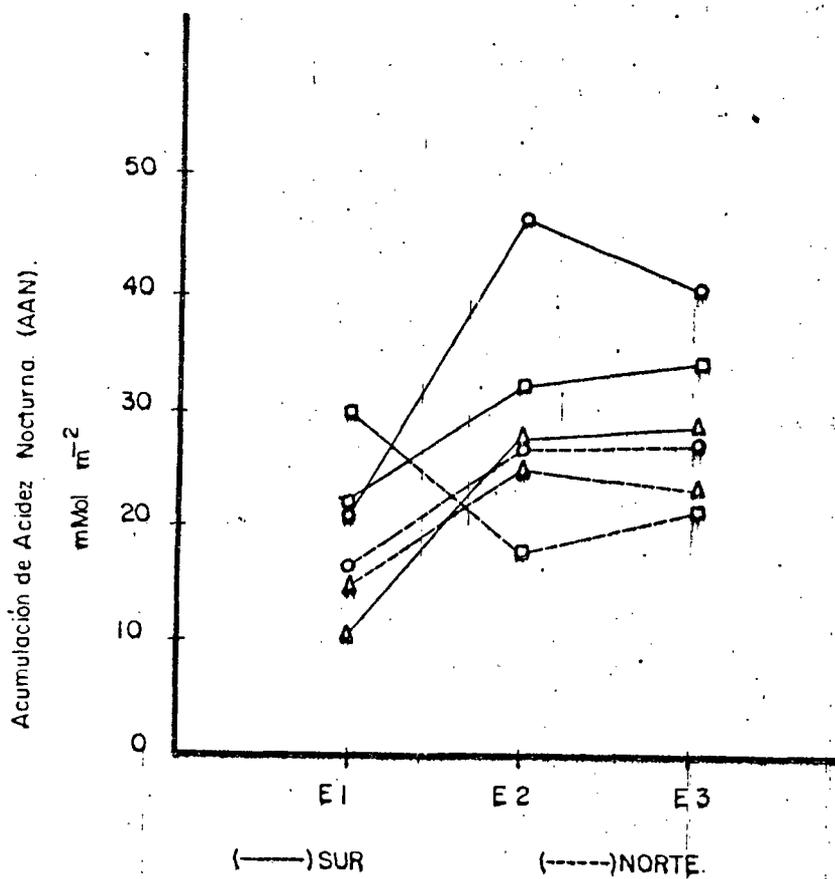


FIG. 6a. La relación de la AAN y la funcionalidad de los estratos de hojas se señalan en la gráfica, para los 3 niveles de Poda (O) CP, (Δ) UP, (□) SP y para dos direcciones cardinales a que apunten las hojas. (—) SUR y (----) NORTE.

ANALISIS DE VARIANZA No. 5

Diseño de parcelas subdivididas.

	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	0.05	0.01
PxExO Subparcelas	143	1106.23				
PxE subparcelas	35	540.23				
P Parcelas principales	11	175.93				
Podas	2	109.91	54.955	7.49	3.01	4.26**
Error a	9	66.02	7.33			
Estratos	2	208.44	104.22	20.08	3.55	6.01
PxE	4	62.286	15.57	3.00	2.93	4.58
Error b	18	93.574	5.19			
Orientaciones	3	98.44	32.81	9.21	2.71	4.03**
PxO	6	75.06	12.51	3.51	2.208	3.035**
ExO	6	54.437	9.07	2.54	2.208	3.035*
PxExO	12	48.94	4.07	1.14	1.877	2.405 NS
Error c	81	289.13	3.56			

Totales para las interacciones en dos sentidos

	E ₁	E ₂	E ₃	E	W	N	S	E	W	N	S	
CP ₁	66.6	144.3	106.3	98.4	86.1	52.4	80.3	E1	59	35.6	45.5	39.9
UP ₂	56.9	95.3	88.9	82.6	60.2	47.8	50.5	E2	99.5	84.3	52.9	79.3
SP ₃	56.5	76.4	86.5	55	46.8	51.7	65.9	E3	77.5	73.2	53.5	77.5

Totales para los efectos principales

Podas			Estratos			orientaciones			
CP	UP	SP	1	2	3	E	W	N	S
317.2	241.1	219.4	180	316	281.7	236	193.1	151.9	196.7

Tipos de Poda	Estratos	Orientaciones				Medias del tipo de Poda
		E	W	N	S	
CP	E1	5.75	3.92	3.10	3.87	6.60
	E2	11.45	11.07	4.95	8.60	
	E3	7.40	6.52	5.05	7.60	
UP	E1	6.32	8.9	2.75	1.97	5.02
	E2	8.02	5.70	4.87	5.22	
	E3	6.3	6.17	4.32	5.42	
SP	E1	2.67	1.8	5.52	4.12	4.57
	E2	5.4	4.3	3.4	6.0	
	E3	5.67	5.6	4.0	6.35	

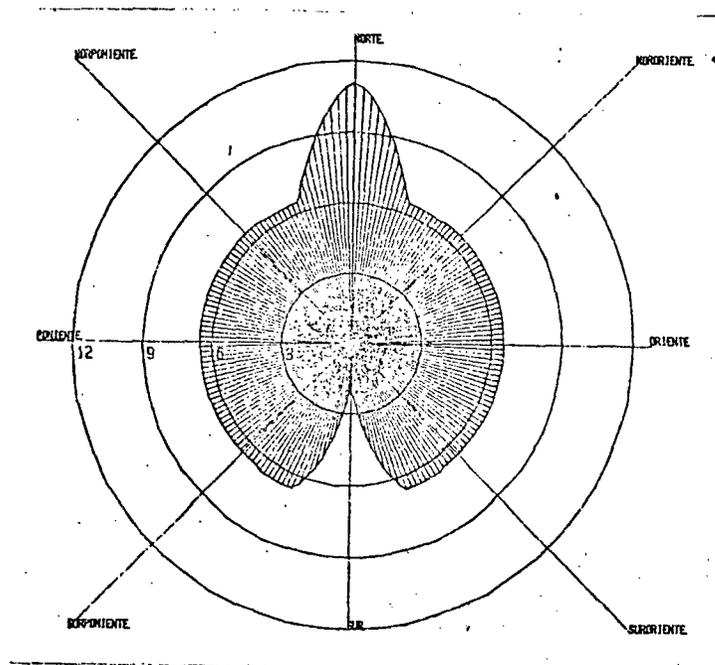
Trat. de estratos por orientaciones

	E	W	N	S
E1	4.91	2.96	3.79	3.32
E2	8.29	7.02	4.40	6.60
E3	6.45	6.10	4.45	6.45

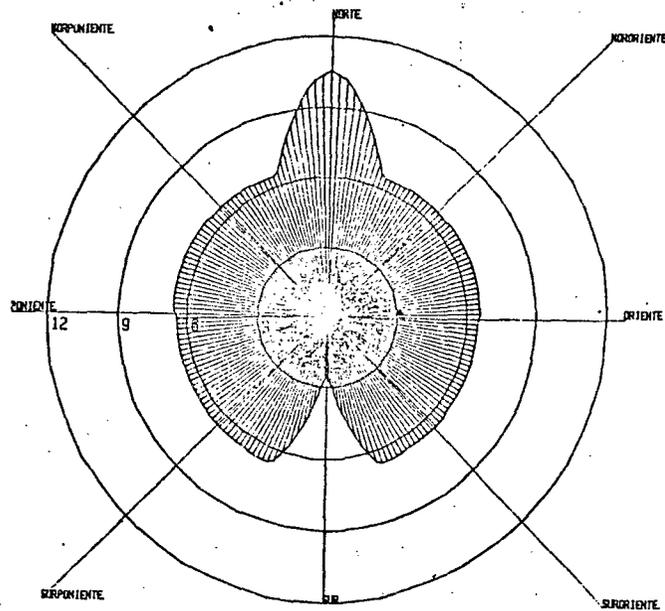
Fig. 7 RESULTADOS DEL ACOMODO DE PARCELAS SUBDIVIDIDAS

FIG. 8 Cardioides solares del
21 y 23 de julio.

Cardioides de insolación
Latitud: $20^{\circ}53'33''$
Localidad: Tequila, Jalisco.

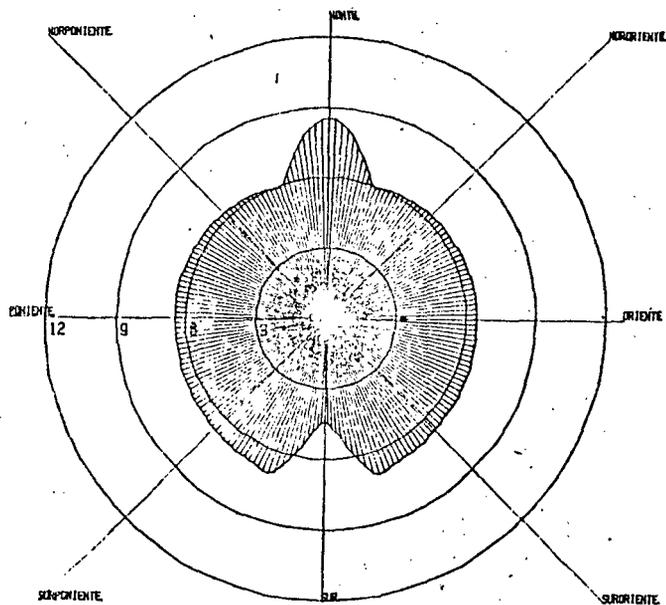


21 de Julio



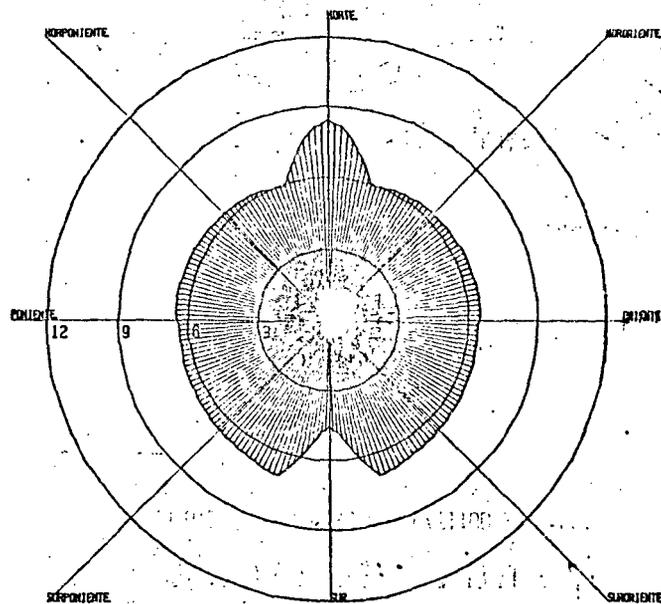
23 de Julio

Cardioides de Insolación
Latitud: 23°53'33"
Localidad: Tequila, Jalisco.



1° de Agosto.

FIG. 9 Cardioides Solares del 1° y
2 de Agosto.



2 de Agosto

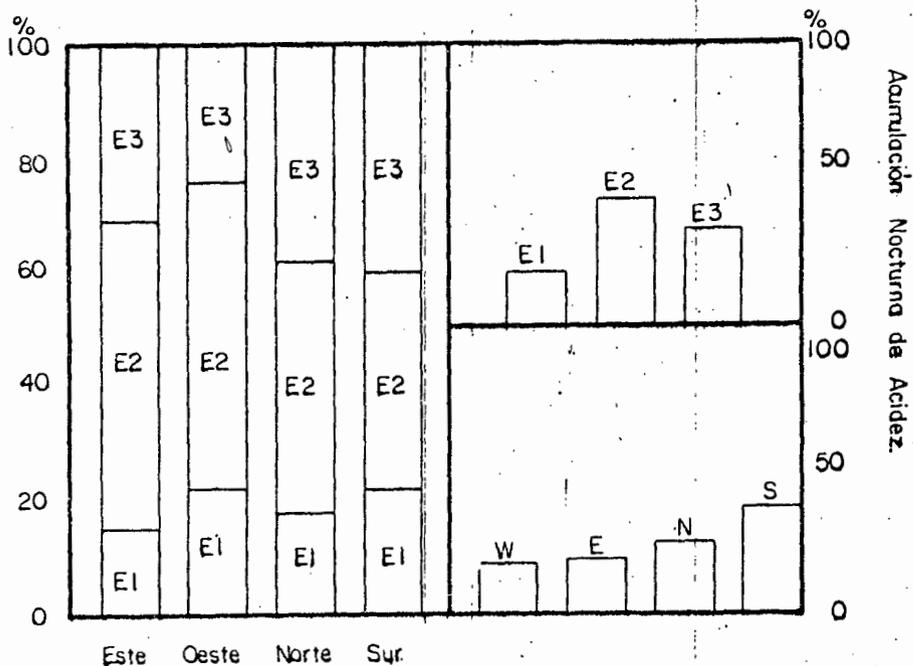


FIG. 10. Porcentaje de AAN y su relación con estratos y orientaciones del follaje para una planta con poda el día 30 de Julio de 1986.

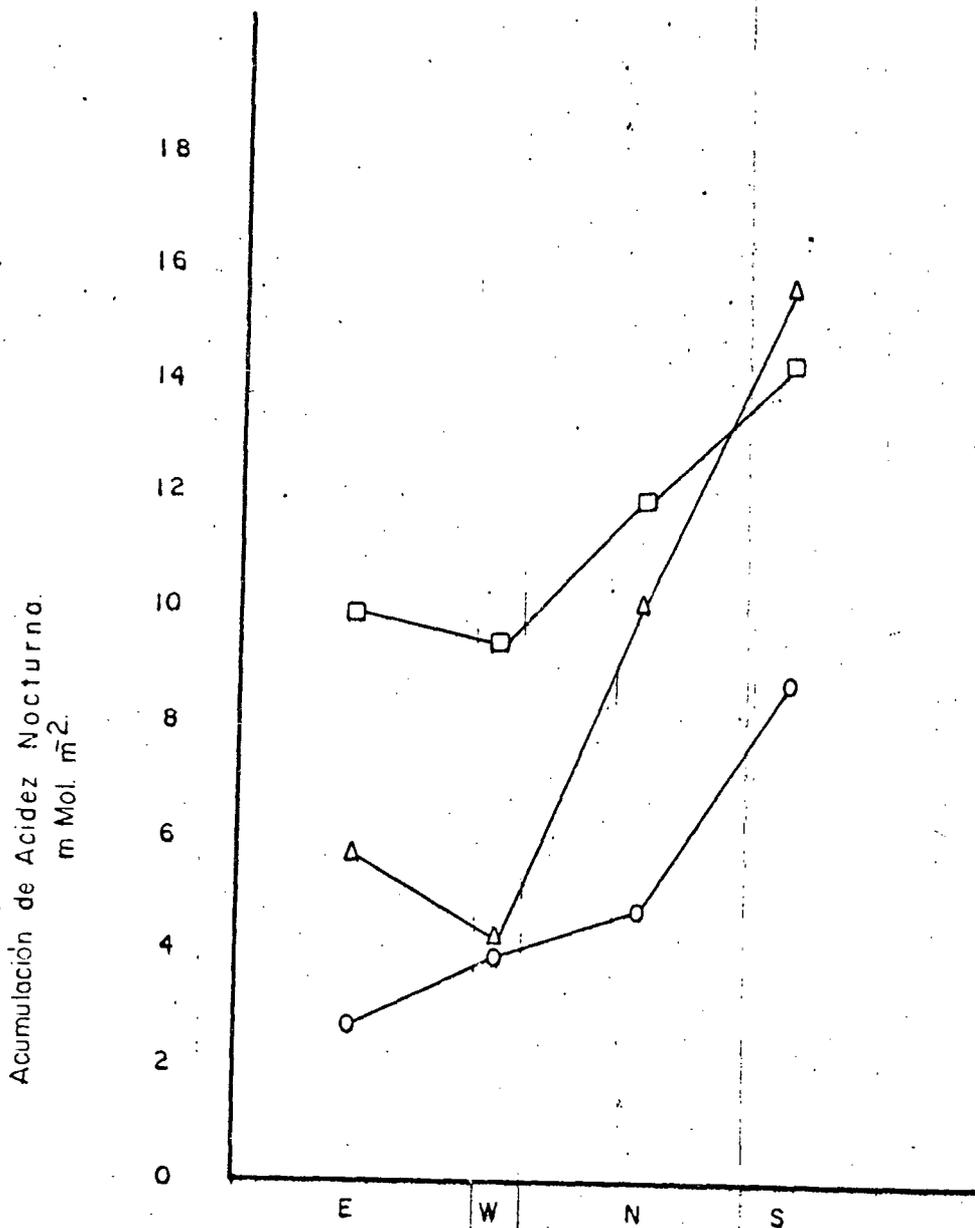


FIG: II. Relación de Acumulación de Acidez Nocturna y las diferentes estratos de hojas [E-1(O), E-2(□), y E-3 (Δ)] y las orientaciones a las que apuntan (E,W,N,S) en una planta con Foda el 30 de Julio de 1986.

Porcentaje de Acumulación de Acidez Nocturna

%
100
80
60
40
20
0

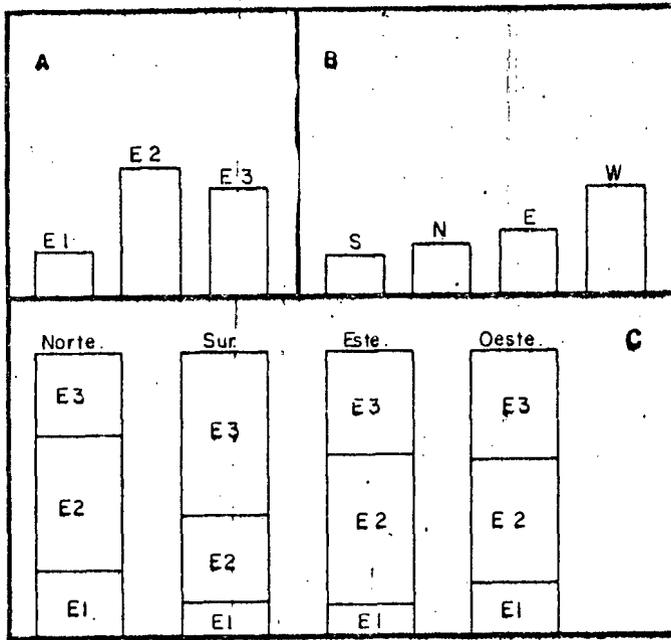


FIG. 12. Efecto de los estratos de hojas (A) y la orientación a la que apuntan (B y C) sobre el porcentaje de Acumulación de Acidez Nocturna en plantas con Poda (3 agosto 1986, ver anexo *Cardiodes Solares* para esta fecha.)

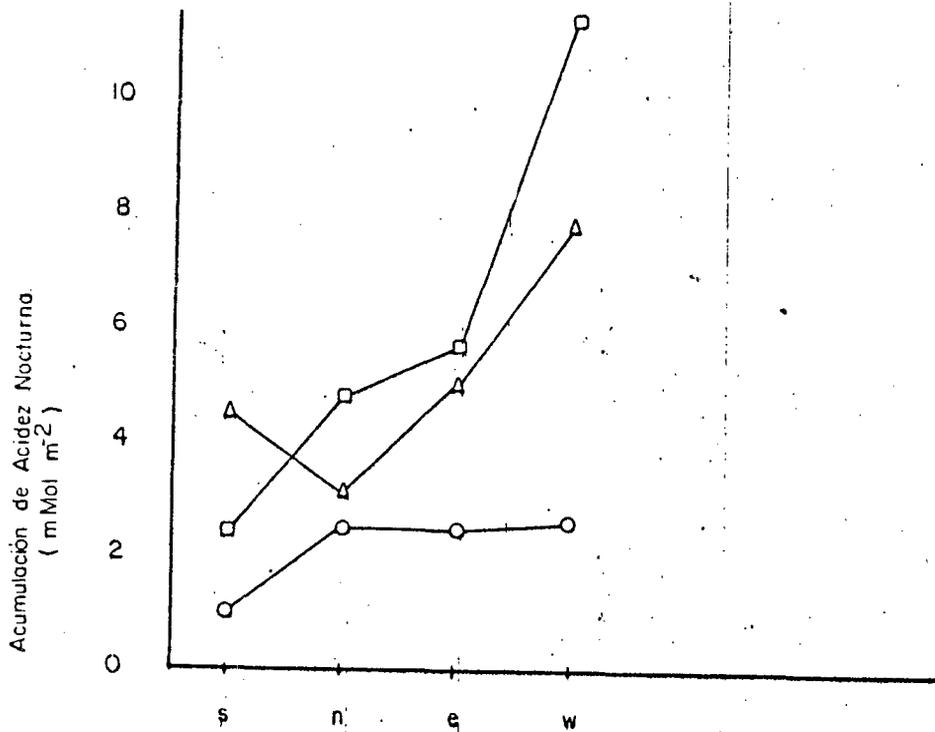


FIG. 13 Se señala la relación entre la AAN y la orientación o la que apuntan las hojas (S,N,E,W) para tres estratos de hojas: Estrato 1 (O), Estrato 2 (□) — y Estrato 3 (△) en promedio de 3 plantas con poda (CP).

BIBLIOGRAFIA

- Acuña E 1984 (Soleamiento) A. Casarez, A ley, M. Macalpin y B Olea. Diseño bioclimático. Universidad de Baja California. 64-68
- Amat Llabrés J. 1971. La Poda de los frutales. Ed. Sintesis Barcelona. España 8-42p.
- Bidwell R.G.S. 1983. Fisiología Vegetal. A.G.T. Editor - México, D.F. 157-205 315-406
- Blanco Gabriel 1906-1907. Estudio sobre el Mezcal, Memorias de la Sociedad científica Antonio Alzate 24:73-116p
- Bolhar-Nordenkamp H.R. 1985. Shoot morphology and leaf anatomy in relation to photosynthesis. Techniques in Bioproductivity and photosynthesis 2nd edition. Pergamon Press (8):107-111p.
- Bustamante Ivonne, 1984. Estudio Agroecología de los Agaves de la zona de influencia de Tequila, Jal., tesis de Licenciatura en Biología ENEP-UNAM 46-53p.
- Calderón E. Alcaraz Esteban 1983 (*sin fecha) La Poda de los árboles frutales, 3a. edición LIMUSA 11-17p. México.
- CETENAL 1981. Cartas de vegetación, geológicas y de suelos, para Tequila, Jalisco

- Consatti Casiano 1981. Flora Taxonómica Mexicana, México
D.F. 2: 93-118p.
- Daniels T.W., Helms J.A. y Buker F.S. 1982
Principios de Silvicultura Mc.Graw Hill
418-418p 2a. edición. México.
- Daubenmire R.F. 1982. Ecología Vegetal. Tratado de Auto--
ecología de plantas. Editorial LIMUSA. México, D.F.
257-292
- Devlin Robert M. 1982. Fisiología Vegetal. Ediciones Omega
Barcelona, España 189-259p.
- Dittrich P. 1979. Enzymes of crassulacean Acid Metabolism
Encyclopedia of Plant physiology.
New Series Volume 6 Photosynthesis II. Photosynthetic, - -
Carbon metabolism and related process. Edited by M.Gibbs y
E. Latzko Spring-Verlag Berlim, Heidelberg, New York, - --
Tokyo 6:261-270
- Garcia Enriqueta y Vidal Rosalia 1980, climas Jalisco. - -
Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República-
Mexicana y su evaluación. Instituto de Geografía de la - -
UNAM. CETENAL. Apéndice de Gráficas.
- Gentry Howard S" 1982. Agaves of continental North America
The university of Arizona Press. Tucson Arizona 61,582-586p

- Gómez Lavenan Tt.J. 1981. Programa de fomento e incrementación del cultivo de agave en el estado de Jalisco, Primer simposium de Agave. Cámara regional de la industria tequilera. Jalisco, México.
- Gómez Levenan Tt.J. 1984 Cultivo de Agave tequilana W. - cámara Regional de la Industria Tequilera, Jal. México.
- Gómez Levenan Tt.J. 1985 Establecimiento y manejo del Agave tequilero. Promotora regional del Agave. 14pp Folleto.
- Jones M.B. 1985. Plant Microclimate. Techniques in bioproductivity and photosynthesis 2n. edición Pergamon Press (3) : 26-29p.
- Kluge M. 1979. The Flow of Carbon in crassulacean acid Metabolism (CAM). Encyclopedia of plant physiology. New series volume 6 Photosynthesis II Photosynthesis, carbon-Metabolism and related process. Edited by m.Gibbs and E.Latzko Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. 6:113-125.
- Matuda Eizi y Piña Luján M. 1980. Las plantas mexicanas del género Yucca. Serie Fernando de Alva Ixtlilxochitl Colección miscelanea estado de México. Toluca, edo. de México 6-32p.

Mc Cree K.J. 1983. Photosynthetically Active Radiation - -
Encyclopedia of plant physiology. New series Volume 16A --
Photomorphogenesis. Edited by W. Shropshire Jr. and H. ---
Mohr Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo --
12A: 42-56p 16: 382-389p.

Nobel Park S. y Hartsock Terry L. 1976. Watering converts-
a CAM plant to daytime CO₂ uptake. Reprinted from Nature,-
Vol. 262 No. 5569pp. 574-576p.

Nobel Park S. t Harsock Terry L. 1978. Resistance Analysis
of Nocturnal Carbon dioxide uptake by a crassulacean acid
metabolism succulent; Agave deserti 61:510-514p.

Nobel Park S. 1980, Intercepción of photosynthetically ac-
tive radiation by cacti of different morphology decologia-
(Berlin) 45:160-166p.

Nobel Park S. 1983 Spine influences on PAR interception, -
stem temperature, and nocturnal acid acumulation by cacti-
Plant, cell and environment 6:153-159p.

Nobel Park S. Hartsock T. 1983. Relationships between pho-
tosynthetically active radiation, nocturnal acid acumula-
tion, and CO₂ uptake for a CAM plant Opuntia ficus-indica.
71:71-75p.

- Nobel Park S. 1984 a. PAR and Temperatures influences on CO_2 uptake by desert CAM plants. Advances in photosynthesis research. Martinus Nijhoff & Dr. W. Junk Publishers-The Hague. The Netherlands IV.3.:193-200p.
- Nobel Park S. 1984b. Productivity of Agave deserti: measurement by dry weight and monthly prediction using physiological responses to environmental parameters. Oecologia (Berlin) 64:1-7p.
- Nobel Park S" y Hartsock T. 1984. Physuological responses of Opuntia fisuc-indica to growth temperature. Copenhagen Physiol.Plant 60:98-105p.
- Nobel Park S. 1985. PAR, water and temperature, limitations on the productivity of cultivated agave fourcroydes (Henequén). Journal of applied ecology 22:157-173.p.
- Nobel P.S. y Long S.P. 1985. Conopy Structure and light-interception. Techniques in bioproductivity and photosynthesis 2n. edition Pergamon Press. (4): 41-49
- Nobel Park S. and Meyer Susan E. 1985. Field productivity of a CAM plant, Agave salmiana estimated using daily-acidity changes under various envorinmental conditions - physiol. Plant copehagen 65:397-404p.
- Nobel Park S. and Hartsock Terry 1986. Temperature, - - water and PAR influences on predicted and measured productivity of Agave deserti at various elevations eocologia -

- Spring Verlag Berlin 7:51-56p.
- Nobel Park S. and Quero Edgar 1986. Environmental productivity indices for a Chihuahuan desert CAM plant, Agave lechugilla, ecological society of América Ecology, 67(1):1-11p.
- Nobel Park S. and Valenzuela Ana Guadalupe (en prensa) Productivity of Agave tequilana
- Odum Eugene P. 1983. Ecología: El Vínculo entre las ciencias naturales y las sociales. Editorial Continental México 99-103p.
- Ojeda Lina. 1984. Estudio palinológico de la familia Agavaceae. Resúmenes del IV congreso Nacional de Botánica. México. Pag. 46
- Pérez Lazaro 1887. Estudio sobre el agave llamado mezcal - Boletín de la sociedad agrícola mexicana. México 11:132p.
- Reinoso Castello D. 1971. Poda de frutales. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 10-45p.
- Richter Gerhard 1982. Fisiología del metabolismo de las plantas CECSA México. 131-132.
- Salisbury Frank B and Ross Cleon W. 1978. Plant Physiology second edition. Wadsworth publishing company Inc. 383-387-395-397.

- Scurlock J.M.O., S.P. Long, D.O. Hall and J. Coombs 1985 -
Second Edition Techniques in bioproductivity and Photosyn-
thesis Pergamon Press Oxford New York Toronto Sydney Fran-
furt XX.i-XXiii p.
- Serrano Francisco J. 1981. Soleamiento, Climas y Edifica--
ciones Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
31-61p.
- Smith Martyn D. 1971. The practice of silviculture 7th edi-
tion ed John Wiley & Sons 128-133
- Sutton B. y Harmon P 1983. Fundamentos de Ecología Edito--
rial LIMUSA, México 51-53 p. 105-107p.
- Valenzuela Zapata Ana Guadalupe, 1985 Tequila Industry In.-
Jalisco, México, Desert, Plant 7 (2) 65-70
- Wright David 1983 (Soleamiento) Arquitectura Solar Natural
ediciones 6 Gili. México, D.F. 56-118.
- Woodhouse Robert M. John G. Williams y Park S. Nobel 1980.-
Leaf orientation, radiation interception, and nocturnal aci-
dity increases by the CAM plant Agave deserti (Agavaceae) -
American Journal of Botany 67(8): 1179-1185p.