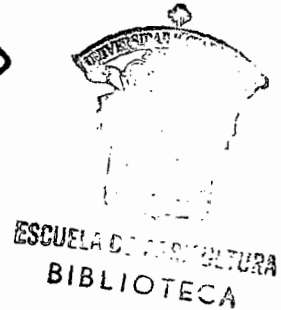


# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

ESCUELA DE AGRICULTURA



**"CONTROL DEL AGUA DE RIEGO EN EL CULTIVO DE LA  
CAÑA DE AZUCAR"**

## **TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO AGRONOMO**

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

**JAVIER LEON VILLA**

**GUADALAJARA, JALISCO, 1978**

## AGRADECIMIENTOS:

Deseo expresar mi más profunda y sincera gratitud a todas las personas que hicieron posible la realización de este modesto trabajo, brindándome facilidades; orientándome y poniendo a mi alcance datos y experiencias de incalculable valor.

Para el Sr. ING. RODOLFO SALDANA  
CASTRUITA. Jefe Regional del Pa-  
cífico de las Comisiones de Pla-  
neación y Operación de Zafra C.-  
N. I. A.

Al Sr. Ing. Pascual Pacheco.  
Jefe del Programa de-  
Riegos del I.M.P.A.

AL SR. ING. SALVADOR LUJAN CORDOBA.

Jefe del Campo Experimental de Ame-

ca Jal. I.M.P.A.

A todas estas personas deseo va-  
ya mi agradecimiento por su ayu-  
da noble y efectiva.

**DEDICATORIA.**

*Con todo cariño y respeto  
dedico este trabajo a to-  
das las personas que cola-  
bor aon para mi formación  
y que son:*

**MI ESPOSA.**

**MI MADRECITA.**

**MIS HERMANOS.**

**MIS MAESTROS Y**

**MI QUERIDA ESCUELA.**



INDICE  
 ESCUELA DE INGENIERIA  
 BIBLIOTECA

CAPITULO:

CONTENIDO

PAGINA:-

	INTRODUCCION.	5
I	GENERALIDADES SOBRE LAS LABORES Y CULTIVOS MANUALES Y MECANICOS QUE SE PROPORCIONAN A LA CANA DE AZUCAR.	14
II	CONSIDERACIONES GENERALES.	23
III	MORFOLOGIA Y ANATOMIA.	33
IV	MONOGRAFIA DEL CULTIVO E HISTORIA.	59
V	ANTECEDENTES. OBJETIVO Y DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.	72
VI	COSTO DEL EXPERIMENTO.	106
VII	RESUMEN DEL ANALISIS DE RESULTADOS	115
VIII	CONCLUSIONES Y RESULTADOS DEL EXPERIMENTO DE RIEGOS.	123
IX	RECOMENDACIONES DEDUCIDAS DEL EXPERIMENTO	

RIMIENTO DE RIEGOS.

129

BIBLIOGRAFIA.

134



ESCUELA DE FOMENTO CULTURAL  
BIBLIOTECA

## I N T R O D U C C I O N

El agua es la vida. Los mayores rendimientos en caña y en azúcar se obtienen cuando se satisfacen las necesidades de agua en la caña.

El agua aprovechable en el cultivo de la caña de azúcar es determinante en los rendimientos de campo y fábrica. El problema de cómo aplicar eficientemente, es el tema principal de este modesto estudio, ya que de una buena aplicación en el riego y con la misma cantidad de agua, podemos aumentar el área de regadíos y por lo tanto, los rendimientos de campo.

La caña puede tener un desarrollo raquítico por falta o exceso de agua.

La aplicación de volúmenes excesivos de agua de riego originan pérdidas por filtración y percolación profunda, agrava los problemas del drenaje y puede incrementar la concentración de sales en los suelos.

La aplicación de volúmenes reducidos de agua pueden no mojar la profundidad del suelo, donde se desarrollan las raíces y esto a su vez, hace necesario aplicar

ESCUELA DE INGENIERIA AGRICOLA  
BIBLIOTECA

mayor número de riegos, a fin de que el cultivo satisfaga sus necesidades normales.

En muchas áreas de riego los métodos que se siguen en la distribución del agua están inadaptados a los suelos y a su topografía.

A menudo no se considera la velocidad de infiltración del agua en el suelo, la capacidad de retención o el volúmen que puede correr en cada surco sin causar erosión, así mismo nunca se considera el espesor del suelo que debe humedecerse según la profundidad de raíces, ni tampoco se determina la longitud máxima de la surcada para lograr una distribución eficiente del agua.

Por otra parte, cuando un método de riego es inadecuado, aparte de originar desperdicios de agua y daños a las tierras, reduce considerablemente las cosechas y se elevan los costos de producción por este concepto, sobre todo cuando el agua de riego es de bombeo.

En zonas agrícolas de temporal, con frecuencia las cosechas se pierden por falta o exceso de agua, según sea la distribución y la intensidad de las lluvias. Esto implica conocer los factores que actúan solos o com-



binados sobre la cantidad de agua que consumen las plantas durante su desarrollo vegetativo; sus efectos no siempre son constantes y pueden diferir de una localidad a otra y también fluctúan de un año a otro.

Algunos factores dependerán de la humedad atmosférica y del poder de retención de los suelos; otros estarán relacionados con las características naturales del medio que afectan especialmente el uso consuntivo del cultivo.

El manejo del agua requiere en la agricultura de una atención especial para lograr mayores rendimientos por hectárea.

¿Qué cantidad de agua necesita la caña de azúcar?

Se ha dicho que se requieren 500 kgs. de agua para producir un kg. de azúcar, en los terrenos de riego; esta cifra es correcta para algunos lugares, ya que varía poco de acuerdo a la temperatura y tipo de suelo (7).

El consumo de agua necesaria para la caña de azúcar determinada por el método de Blaney y Criddle, de acuerdo con las condiciones de la zona cañera de México, varía de 5.48 mm. por día (2,000 mm. por año) a 6.48 mm.

por día (2,500 mm. al año). (7).

Las necesidades de agua del cultivo de la caña - de azúcar, según la región y para un año completo, tie- - nen fluctuaciones de 3.8 a 8.6 mm. por día en climas - templados-cálidos (Subtropical) y de 4.8 a 8.9 mm. por - día en clima cálido, lo que en el primer caso significa una lámina anual de 1,725 mm. a 3,248 mm. los que se a- - bastecen con las lluvias y los riegos aplicados; sin em- - bargo, cabe considerar que de la lluvia sólo se tiene - un aprovechamiento fluctuante entre el 70 y 75 %; sobre todo cuando no son lluvias torrenciales. (7).

Cuando la humedad en el suelo se mantiene adecua- - damente, sobre todo cuando se inicia su desarrollo, el - crecimiento del cultivo de la caña suele ser de 22 mm./ - día.

Los excesos y faltantes de humedad en el suelo, - perjudican a la caña, ocasionando un mal desarrollo y - en ocasiones, la pérdida total del cultivo.

En la mayoría de los Ingenios, donde se dispone - de agua para el riego, no se aplica en forma correcta - al cultivo, de acuerdo a sus necesidades, en el trans- -

curso de su desarrollo en las diferentes épocas del año principalmente en las estaciones de mayor sequía.

Naturalmente que para obtener buenas cosechas de riego, se requiere mantener el cultivo bajo determinadas condiciones de humedad en el suelo y se consideran las siguientes:

a). Mantener la humedad en el suelo en 80 % de la capacidad de campo, desde la siembra hasta que el campo cierre.

b). Desde que el campo cierre hasta el inicio de la madurez, mantener la humedad en el suelo entre 50 y 66 %.

c). Desde la iniciación de la madurez hasta la cosecha, se debe ir disminuyendo la humedad del suelo hasta llegar al 33 %. (8).

Estas normas no se pueden llevar a la práctica si faltan técnicos con estos principios y más aún si no se tienen normas previas sobre el uso del agua.

Las normas sobre la aplicación del agua deben -

considerar en primer término, hacer llegar el agua hasta las plantas y humedecer el suelo hasta la profundidad requerida, sin sobrepasar esos límites.

Es una necesidad en México utilizar eficientemente el agua aprovechable en los meses críticos de sequía.

De no ser posible seguir las normas adecuadas para mantener la humedad del suelo, de acuerdo con las necesidades del cultivo, se deben seguir cuando menos las recomendaciones tendientes a lograr poco a poco la tecnificación sobre el uso del agua a nivel parcelario, logrando con esto, aumentar el número de riegos con el mismo volumen de agua disponible. Esto puede manifestarse en un aumento de los rendimientos de la producción y una baja en los costos por hectárea.

En este trabajo se hace referencia a algunos de los factores más importantes que se consideran estrechamente ligados con el uso del agua de riego. Se menciona el clima refiriéndose en especial a la distribución de las precipitaciones que sirven como base para formular los programas de riego y el cálculo de los usos consumativos del cultivo, con la ayuda de fórmulas experimentales; o bien de la evapotranspiración del lugar. Con es-

tos datos se estiman también las láminas faltantes en aquellos meses de baja o nula precipitación, para cubrir las necesidades del cultivo.

Se indica el papel que desempeñan los suelos en el manejo del agua de riego, que además de funcionar como depósitos, sirven como reguladores para que las plantas la aprovechen de acuerdo con su potencial de absorción y así, cubrir sus necesidades durante el desarrollo vegetativo. El perfil del suelo es importante en el uso racional del agua, ya que además de limitar las láminas de riego, sirven como guía para hacer las recomendaciones sobre el tipo de cultivo que se debe de implantar, tomando en cuenta el sistema radicular de las plantas y el espesor del suelo.

El nivel freático es otro factor que se ha tomado en cuenta, debido a que un mal manejo del agua del riego, puede ocasionar serios problemas; sobre todo cuando su nivel es relativamente superficial y las láminas aplicadas en los riegos son elevados. Este problema se agudiza más aún cuando el drenaje es deficiente.

Se explica también la importancia del sistema de riego que tiene estrecha relación con la topografía del

lugar, ya que al utilizar un método que no sea el adecuado, provoca que el regador no pueda manejar sus gastos parciales de agua y se registren fuertes pérdidas por escurrimientos, superficial o de percolación profunda.

En este trabajo se indican además las necesidades de agua de la planta y desde luego, la distribución de la misma en la parcela; la frecuencia de los riegos, los medios para controlar los gastos de agua en la parcela, los requisitos que debe satisfacer el regador y finalmente, la preparación del terreno para recibir el riego.

El riego tiene por objeto proveer el agua que sirve como vehículo a los nutrientes minerales y orgánicos que las plantas necesitan para su desarrollo vegetativo.

## CAPITULO I

### GENERALIDADES SOBRE LAS LABORES Y CULTIVOS MANUALES Y MECANICOS QUE SE PROPOR- CIONAN A LA CANA DE AZUCAR.

- *Preparación del terreno.*
- *Siembra.*

## PREPARACIÓN DEL TERRENO.

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

Las labores de preparación del terreno son de su ma importancia para el logro de buenas cosechas, con ellas se persiguen los siguientes objetivos inmediatos: Proporcionar una buena cama que favorezca la germinación de las semillas; almacenar mejor la humedad; eliminar las malas hierbas y lograr con ello que las plantas puedan aprovechar efectivamente los fertilizantes y el agua.

La preparación de las tierras se hace totalmente en forma mecánica, mediante el uso de tractores de oruga y de rodada de hule. Las labores se realizan en el orden siguiente:

1). CHAPONEO. En este trabajo, previo a los barbechos, se cortan a machete todas las hierbas que han crecido, después del cultivo anterior, se amontonan dentro o fuera del terreno y luego se queman.

Cuando el cultivo precedente ha sido también caña, la paja que ésta ha dejado después del corte, se allinea en los surcos y se quema. Los desperdicios que no alcanzan a destruirse de esta manera, se sacan de la



parcela y se apilan en los carriles o andadores.

El chaponeo es por lo general una operación manual y sólo en casos muy aislados se hace en forma mecánica la tumba de la hierba.

2). SUBSOLEO. Se recomienda el uso del arado de cinceles para romper las capas de suelo endurecidas que se encuentran de 0 a 40/50 cms. bajo la superficie, como el "piso de arado" que se ha formado con el uso constante de implementos que penetran a poca profundidad. Con esta labor se facilita la penetración de las raíces se tiene mejor aereación en capas más profundas, se conserva la humedad en algunos casos y en otros casos, se mejora el drenaje interno.

3). ARADA. Es la roturación que se hace, ya sea con el tractor de oruga o de llantas y usando como implementos un arado de discos de jalón o de levante hidráulico; arados de subsuelo o bien con cinceles. La arada se efectúa a una profundidad que varía de 25 a 40 cms., y con ella se obtienen las siguientes ventajas: - Aumenta la capa arable, facilitando así buscar fuentes adicionales de sustento; permite al terreno tomar más agua y a las raíces ampliar su área de dispersión; se -

aumenta la aereación.

4). PRIMER RASTREO. Consiste en dar un paso de rastra de jalón, en sentido perpendicular a la arada. Su objeto es desmenuzar los terrones.

5). CRUZA. Es el paso de arado de jalón o levante hidráulico (de discos o cinceles), a una profundidad de 30 a 40 cms., y en sentido perpendicular a la arada que se dio primeramente. Con esto se logra destruir los "arudos" que hayan quedado de la primera arada.

6). SEGUNDO RASTREO. Paso de rastra igual al primero y en sentido perpendicular a la cruzada. Con esto se logra desmenuzar mejor los terrones, destruir las malas hierbas que empiezan a salir y dejar lista la cama de siembra.

7). SURCADA. Con los terrenos ya preparados se inicia el proyecto de siembra. Se da especial atención al trazo de la surcada. Basándose en un previo levantamiento topográfico, diseñar longitud, inclinación y dirección de los surcos (de acuerdo con la textura del terreno), longitud e inclinación de las regaderas, canales, caminos y drenes, según las condiciones naturales-

del terreno. La surcada se realiza de la siguiente manera: En la barra porta-herramientas de un tractor de llantas de hule, de una capacidad de 95 caballos de fuerza, se ponen dos o tres arados de doble vertedera, para trazar los surcos a una profundidad de 30 cms. y separados 1.20 a 1.40 mts. aproximadamente.

8). LIMPIA DE CANALES. Se limpian los canales con el fin de dejar estos en condiciones de que el agua corra libremente y se eviten pérdidas por filtración o evaporación debidas a la baja velocidad del agua. Este trabajo se hace al mismo tiempo que el rastreo y la surcada.

9). CONSTRUCCION DE REGADERAS. Las regaderas son canales pequeños de iguales dimensiones que los surcos y generalmente transversales a éstos; que conducen el agua que ha de ser repartida en los surcos. Se construyen habiendo terminado la surcada y con el mismo tractor con que se hizo ésta.

10). CABECEREO DE SURCOS. Con el cabecereo se afinan las entradas de los surcos de manera que el agua no tenga dificultad para comenzar a circular por ellos. Se hace con pala y su ejecución sigue a la terminación-



de la surcada.

### SIEMBRA.

ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

Del cuidado que se tenga en la siembra depende - en gran parte el futuro de la plantación. Naturalmente una buena siembra es más cara que una siembra ordinaria pero es preferible invertir unos cuantos pesos más y - realizarla de buena calidad; pues así se tendrá la seguridad de que si los cultivos se hacen bien y a tiempo, - habrá una cosecha excelente, en plantilla y en las so- - cas y resocas; y también habrá una producción mayor, - sin que sea necesario gastar más que lo necesario.

Las fases que deben considerarse en una buena - siembra, son:

a). Selección de la variedad adecuada. Se hace - de acuerdo con la calidad de los suelos y principalmente según los microclimas; así como en función de la dis- - ponibilidad de agua en virtud de las exigencias caracteri- - sticas de cada variedad.

b). Calidad de la semilla. Este punto es importa- - nte porque en algunas zonas lamentablemente se ha usa

do para semilla, caña con las yemas muy deterioradas, afectadas por la sequía, "floreadas", plagadas o enfermas.

La siembra comprende los aspectos que enseguidase mencionan.

1). CORTE DE LA SEMILLA. Consiste en separar los tallos del suelo; cortándolos con machete lo más bajo - posible; hecho lo cual se le quita el penacho, que es - el conjunto de hojas más verdes y los entrenudos más - cortos que coronan a la planta.

El corte de la semilla varía en su costo de a cuerdo con la cantidad que se use; por lo general es de 8 a 12 toneladas por hectárea.

2). ALCE DE LA SEMILLA. La caña que ha sido cortada se coloca en los camiones o carretas que han de - llevarlas al lugar en que se sembrará.

Es un trabajo manual, pues de otra manera las yemas se lastiman y la caña no puede acomodarse debidamente de modo que en cada vehículo se transporte el mayor-tonelaje.

3). ACARREO DE LA SEMILLA. Para este objeto se emplean camiones o carretas cañeras con las cuales se forman trenes de 4 ó 5 de ellas, que se arrastran con el tractor.

4). PELADO. PICADO Y TIRADO DE LA SEMILLA. Cuando la semilla se encuentra en el campo en que ha de usarse, se le despoja primero de toda la paja que lleva para que al sembrarse puedan brotar las yemas con mayor facilidad y el enraizamiento sea más rápido y profuso. Hecho esto, los tallos se dividen en trozos y contienen cada uno de 4 a 5 yemas; con lo cual quedan de unos 60 cms. de largo. Al efectuar el trabajo de troceo, se tiene la oportunidad de seleccionar, eliminando los trozos que contengan picaduras de barrenador, yemas lastimadas, señales de hongos en su interior, etc. Posteriormente los trozos de semilla se van tirando en el fondo del surco, dándoles un cruce conveniente a doble cordón de acuerdo a cada caso en particular y tratando siempre de tener unas 90,000 a 100,000 yemas por hectárea. Por lo general, la semilla se trocea ya tirada en el surco. La siembra al orden cruzado lleva aproximadamente 70,000 yemas por hectárea.

5). TAPADO DE LA SEMILLA. Cuando la semilla se -

encuentra formando un cordón en el fondo del surco, se procede a taparla con una capa de suelo de 6 a 8 cms, - ya sea con azadón o pala, con un arado pequeño que va - tirado por un animal o con un implemento de disco tira-do por un tractor, dotado de mecanismo de control de - profundidad. El espesor de la tierra debe ser mayor de - 8 cms. en los lugares de temporal, cuando la siembra se haga dentro de la temporada de secas. El objeto de ello es hacer que de inmediato y con el auxilio de buena hu-medad, proporcionada por el riego o las lluvias, la ca-ña pueda comenzar a enraizar y las yemas broten.

6). RIEGO DE ASIENTO. En los terrenos de riego, - si no hay lluvias en el tiempo en que se hace la siem-bra, se da el riego de asiento para proporcionar al sue-lo la humedad necesaria y que la caña comience a germi-nar. Este riego generalmente se da con una lámina de a-gua mayor que las que siguen.

Desde el momento en que la caña se corta hasta - que se da el riego llamado de asiento, debe mediar el - menor tiempo posible; es decir, que las operaciones des-critas se sucedan con rapidez o se hacen dos o tres al-mismo tiempo. La razón es que la caña semilla ya corta-da, debe de estar el menor tiempo posible expuesta al -

sol, pues en caso contrario se deshidrata y las yemas -  
se perjudican a tal grado que puede fallar totalmente -  
su nacencia.

La época en que se hace la siembra varía de a -  
cuuerdo con la disponibilidad de agua. En los terrenos -  
considerados como de temporal se hace al principio de -  
las lluvias, excepto cuando tienen un drenaje interno o  
externo muy deficiente. En las áreas de riego, la siem-  
bra puede iniciarse aún después que haya terminado la -  
estación de lluvias; pero no debe acercarse demasiado -  
al invierno, porque el frío retarda grandemente la ger-  
minación y el desarrollo de las pequeñas plántulas.

7). RETAPADA. La retapada o retapa tiene por ob-  
jeto cubrir con una delgada capa de suelo los trozos de  
caña que han sido descubiertos por el riego o por las -  
lluvias. Se hace unos diez días después de efectuada la  
siembra.



## CAPITULO II

### CONSIDERACIONES GENERALES.

- *Definición general del clima.*
- *Características del clima de la caña de azúcar.*

## CONSIDERACIONES GENERALES (3).

En nuestro país las áreas árida, semiárida, semi-húmeda y húmeda, ocupan:

Arida:	1'024,818 kms <sup>2</sup> .,	el 52.13 %.
Semiárida:	600,776 kms <sup>2</sup> .,	el 30.55 %.
Semihúmeda:	200,818 kms <sup>2</sup> .,	el 10.52 %.
Húmeda:	133,484 kms <sup>2</sup> .,	el 6.80 %.

La superficie árida y semiárida sumadas ocupan: 1'625,594 kms<sup>2</sup>., que representan el 82.68 % de la superficie de México.

En esas superficies los 66 Ingenios que actualmente están en actividad, se distribuyen de acuerdo a las zonas climáticas en las que se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar.

En la zona árida solamente hay un Ingenio, el de Los Mochis, Sín. En la zona semiárida hay 31 Ingenios, - en la zona semihúmeda hay 23 y 11 Ingenios en la Húmeda.

En la zona de las Isoyetas de 400 a 800 mm. se localizan 8 Ingenios; en la de 800 a 1,600 mm., se en -

cuentran 46; en la zona de 1,600 a 3,200 hay 20 y la de 3,200 a 6,400 que es la región de Tabasco, solamente hay 2 Ingenios.

De acuerdo con lo consignado anteriormente, el 69 % de los Ingenios se localizan entre las Isoyetas de 800 a 1,600 mm., el 15 % entre las Isoyetas de 1,600 a 3,200; el 12 % entre las Isoyetas de 400 a 800 mm y solamente el 4 % en la zona más lluviosa, entre las Isoyetas de 3,200 a 6,400 mm.

El análisis de la carta de Isoyetas confirma en buena proporción, la ubicación de la mayoría de los Ingenios, entre las zonas semárida y semihúmeda, que más o menos tienen la amplitud de precipitación pluvial que se ha señalado anteriormente.

De la observación de esta carta de Isotermas se comprueba que entre las Isotermas de 15° a 20°, se localizan 12 Ingenios, que representan el 18 % de los que actualmente están en operación; entre las Isotermas de 20° a 25° se encuentran 41 Ingenios, o sea el 62 % y entre las Isotermas de 25° a 30° hay 13 Ingenios, que son el 20 % restante para completar el total.

El examen de la carta de Isotermas nos comprueba una de las características más destacadas del clima para la caña de azúcar, que es la relativamente poca amplitud de variación termométrica, comparada con la gran amplitud de variación higrométrica, siendo así que las temperaturas medias anuales oscilan de 15° a 30° C; en cambio, las precipitaciones anuales oscilan de 800 mm. a poco más de 3,200 mm.

Resumiendo, por lo que se refiere a la precipitación total anual y a la temperatura media, el clima de la caña de azúcar en México se caracteriza por tener poca amplitud de variación anual termométrica y gran amplitud de variación anual Higrométrica.

#### DEFINICION GENERAL DEL CLIMA. (3).

El criterio sustentado para definir un clima, es el que considera que la importancia de las diferencias climáticas, implica una cierta escala de preferencias entre los distintos elementos que constituyen un clima.

En este criterio se sustenta el sistema del Dr. Thornthwaite, ya que en él se encuentran mejor que en ningún otro, bien señalados los cuatro indicadores más-

importantes de un clima, a saber:

1. Categoría de humedad.
2. Tipo de distribución de la precipitación pluvial a través del año.
3. Categoría en cuanto a temperatura y
4. Tipo de variación de la temperatura a través del año.

Las categorías de humedad y de temperatura se determinan mediante el valor numérico que resulte para los índices de efectividad de la precipitación pluvial y de eficiencia de la temperatura, calculados con la aplicación de las muy conocidas fórmulas respectivas.

El cálculo de los índices mencionados, presupone que la efectividad de la precipitación pluvial, por lo que hace a la vida de las plantas, no sólo depende de la cantidad de lluvia sino también de la temperatura del aire, a la que la planta se encuentra sometida y que influye en la evaporación y transpiración.

#### CARACTERISTICAS DEL CLIMA DE LA CANA DE AZUCAR.

Se considera como la mejor descripción general -

del clima de la caña de azúcar en nuestro país, la que considera el Maestro Ingeniero Alfonso Contreras Arias, en el capítulo de "Principales Características Climatológicas", incluido en el estudio "La Industria Azucarera en México", publicado por el Banco de México, S.A., - en el año de 1953 y que en la parte respectiva dice: -

"La línea que en un mapa enlaza el conjunto de las regiones cañeras de México afectaría la forma de un enorme gancho que, a partir de las planicies bajas de Sinaloa, en la Vertiente al Golfo de California, hacia los 26° de Latitud Norte, se dirijiría al Sureste, bordearía la altiplanicie en las inmediaciones del eje volcánico, entre los Paralelos de 19° y 20°, se prolongaría hacia el Este-Sureste, por los terrenos bajos del Istmo de Tehuantepec, Chiapas, Campeche y Yucatán y avanzaría en su segunda rama, hacia el Norte, por tierras de Tabasco y Veracruz, para terminar hacia la Latitud de 23° Norte, en la vertiente del Golfo de México, en las inmediaciones de la región llamada "De las Huastecas".

A lo largo de este eje imaginario están situadas las regiones cañeras típicas, separadas entre sí por diversas distancias, algunas cortas entre las regiones centrales y otras relativamente grandes entre las de los extremos.

Por su extensa distribución y la accidentada topografía del país, se comprenderá que las características climatológicas y en general, fisiográficas, son muy variadas dentro del conjunto de estas regiones. Introducido el cultivo de la caña de azúcar desde los primeros años de la Conquista, en las costas de Veracruz, se fue extendiendo hasta llegar a las porciones territoriales de tan diferente latitud, altitud y longitud geográfica en que actualmente lo encontramos. Los límites que en materia de Latitud, Altitud y Longitud, encierran hoy toda la parte del país en que quedan comprendidas las áreas dedicadas al cultivo comercial de la caña destinada a la fabricación de azúcar, son los siguientes: En Latitud desde los  $14^{\circ}30'$ , en el extremo Sur del Estado de Chiapas, en que se encuentra la región cañera del Soconusco; hasta los  $26^{\circ}$  de latitud Norte, en el Estado de Sinaloa; tiene por consiguiente una amplitud de unos  $12^{\circ}$ ; en Altitud, desde unos cuantos metros sobre el nivel del mar, a que se encuentran los terrenos cañeros de la costa de Veracruz, de Tabasco, Campeche y Yucatán hasta 1,350 m. en que puede estimarse la mayor altura de las porciones cultivadas con caña en los Estados de Jalisco y Michoacán, o sea una diferencia de unos 1,300 m. en altura y, en cuanto a Longitudes, las extremas se encuentran en Yucatán hacia los  $89^{\circ}$  W. Greenwich y Sina

loa hacia los  $109^{\circ}30'$  W. Greenwich. Queda así demarcada una amplitud de Este a Oeste de  $20^{\circ}$  aproximadamente. La separación en Longitud geográfica tiene importancia en este caso, debido a la peculiar distribución de las lluvias en el territorio mexicano. La característica general de esta distribución es que a partir del Estado de Tabasco y la parte Sur de Veracruz, en que se encuentra el núcleo de la mayor precipitación; ésta disminuye hacía todos los rumbos, pero marcadamente más hacia el Noroeste de la república, determinando así condiciones de humedad muy distintas en las regiones cañeras, conforme su situación va alejándose hacia este rumbo. Esta tendencia, sin embargo, aunque muy marcada no indica que toda porción del territorio reciba menos lluvia cuanto más alejada se encuentre del centro que hemos considerado como de máxima precipitación, pues el relieve topográfico y otros factores locales determinan en varios casos, modificaciones importantes en esta distribución general; y aun llegan a encontrarse algunas áreas, especialmente en las partes montañosas, en las que la precipitación pluvial es todavía mayor que la registrada en Tabasco.

En materia de Temperatura, la Altitud es el factor predominante en la distinción de las regiones; a pe



sar de que la diferencia señalada en latitud podría juzgarse ya de alguna consideración entre las regiones cañeras extremas. En cuanto a los enfriamientos advectivos, o sean los provocados por invasiones de masas de aire frío, la posibilidad de su ocurrencia está determinada en nuestro país, más que por la latitud, por los baluartes montañosos, según que permitan o no la llegada de corrientes de determinada dirección. En la región de mayor latitud, que es la de Sinaloa, la Sierra Madre Occidental representa una defensa formidable contra las invasiones de aire "Polar Continental", que es el más temible, resultando que esta región queda en realidad al Sur del Trópico Climatológico, si bien se encuentra al Norte del Trópico de Cáncer. Por lo que respecta a los enfriamientos causados por la irradiación nocturna del calor del suelo (enfriamientos que llegan a ser muy acentuados y peligrosos aun a estas bajas latitudes), la sequedad atmosférica viene a ser la determinante de su intensidad.

Las diferentes alturas sobre el nivel del mar a que se encuentran las regiones cañeras producen tipos climatológicos distintos en temperatura, entre el cálido y el templado; como se verá en la descripción particular de las regiones. De todas maneras, las mayores va

riantes climatológicas en estas regiones se encuentran tanto en temperatura cuanto en la precipitación pluvial, por lo que las necesidades en materia de riego son muy diversas entre unas y otras regiones. Desde las muy húmedas de Tabasco, Chiapas y Algunas partes de Veracruz, en donde el cultivo sin riego es posible, hasta la región árida de Sinaloa y alguna otra del interior del país, se observa en las regiones cañeras una variada escala de tipos climatológicos de distinta humedad.

**CAPITULO III**

**MORFOLOGIA Y ANATOMIA.**

## MORFOLOGIA Y ANATOMIA DE LA CAÑA. (11).

Para estudiar la estructura y anatomía de una planta de caña, es necesario hacer la descripción general de los caracteres morfológicos del tallo, hoja y raíz por separado. Respecto al estudio de la flor y características de la inflorescencia, rara vez encontramos reseñas sobre las variedades comerciales, pues estas se propagan exclusivamente en forma asexual o vegetativa, con la finalidad de conservar o perpetuar los caracteres propios, mencionándose únicamente cuando se trata del material utilizado para su mejoramiento genético. Y entonces, es necesario describir la inflorescencia así como los órganos y mecanismos florales presentes en la flor, emitida por los progenitores seleccionados.

## TALLO.

Como sucede con numerosas gramíneas, la caña de azúcar forma cepas, matas o macollos, constituidos por la aglomeración de tallos que se originan, primero, de las yemas u ojos de la semilla y posteriormente de los brotes laterales que se originan de las yemas del rizoma o tallo subterráneo de la cepa formada.

Individualmente, los tallos son más o menos erectos, de longitud variable, formados por porciones o unidades sucesivas de tallo llamados entrenudos o canutos, separados uno de otro por zonas prominentes notables de nominadas nudos. Con forma de huso, el número y tamaño de los canutos es variable, encontrándose los de mayor longitud en la parte media y los menores en sus extremos.

La clasificación de los tallos en cortos, medianos y largos, obedece a su longitud, correspondiendo hasta dos metros a los primeros; entre 2 y 3 mts. a los segundos y más de 3 metros a los últimos.

Por sus hábitos de crecimiento, los tallos se clasifican en erguidos, cuando crecen verticalmente; reclinados, cuando lo hacen oblicuamente; postrados, cuando al llegar la planta a cierta edad apoya su tallo sobre una porción de los entrenudos inferiores; y rastreros, cuando los tallos crecen más menos tendidos en el suelo.

Por su grosor, los tallos se clasifican en delgados, cuando el diámetro es menor de 3 cms.; medio delgados cuando el diámetro es de 3 cms.; gruesos, cuando el

diámetro varía entre 4 y 4.5 cms.; y muy gruesos cuando el diámetro es mayor.

De acuerdo con las variedades de que se trate, - los tallos pueden ser de color entero, si el tono es a-marillo claro, amarillo intenso, amarillo verdoso, ver-de claro o de matiz intermedio; de color obscuro entero cuando es rojo, violeta, morado, púrpura o con matices-intermedios; variegados, cuando en los tallos se presen-tan estriás o rayas longitudinales. Como ejemplo se ci-tan: amarillo con verde Bourbon Rayada; morado con ver-de Louisiana Striped; amarillo con rojo POJ. 36 M; amari-llo con morado Caledonia Rayada, etc.

#### MORFOLOGIA DEL TALLO.

Como se ha indicado, el tallo está formado por - una sucesión alterna de nudos y entrenudos. Los prime-ros están limitados por una zona de color más claro y - generalmente poseen un diámetro diferente al del entre-nudo; en el nudo se inserta una sóla hoja y una sóla ye-ma. El arreglo y colocación de las hojas y yemas en ca-da nudo del tallo es alterno y opuesto o de segundo or-den.

Por su conformación, el nudo puede ser liso o e-recto, cuando presenta el mismo diámetro que el entrenudo; constricto o sumido, cuando el diámetro es mayor y propicia que el entrenudo tenga apariencia de barril o huso; hinchado o saliente, cuando el diámetro es sobresaliente al de los entrenudos contiguos.

La región del nudo comprende de arriba a abajo - las partes siguientes:

- a). Anillo de crecimiento.
- b). Banda de las raíces.
- c). Cicatriz foliar o de la vaina.
- d). Nudo propiamente dicho.
- e). Vema u ojo y
- f). Anillo ceroso.

a). ANILLO DE CRECIMIENTO. Presenta una coloración que generalmente difiere a la del entrenudo y típicamente es una zona de transición, constituida por tejido meristemático, en el que se origina el alargamiento o crecimiento del entrenudo.

b). BANDA DE LAS RAICES. Es una zona pequeña que se presenta inmediatamente arriba del nudo y en la cual

se localiza una serie de manchas con aureola, colocadas en hileras y en número que varía de 1 a 3; cubierta con tejido cortical muy delgado; corresponden a cada mancha núcleos de tejido meristemático que bajo condiciones adecuadas del medio originan las primeras raíces de la semilla o raíces primordiales. Las raíces primarias emitidas por la caña tienen también su origen en esta zona.

c). CICATRIZ FOLIAR O DE LA VAINA. Ordinariamente rodea al nudo después de que la hoja se ha secado y separado del tallo. De manera general, se pueden observar sobre esta cicatriz, restos o trazas de tejido así como haces fibrovasculares rotos, pertenecientes a la vaina.

d). NUDO. Es la porción dura de la caña y está constituido por tejido fibroso que en forma de disco se para a dos entrenudos vecinos en el tallo.

e). YEMA U OJO. Es el órgano más importante de la semilla, por su capacidad de generar por crecimiento vegetativo una planta semejante a la original.

Por su posición en el tallo, la yema puede estar sobre, en medio o abajo de la cicatriz de la vaina; pue-



de ser corta o larga, ancha o angosta, aplanada, prominente o hundida. Por su forma puede ser alargada, triangular, abovedada, pentagonal, redonda, rectangular, romboide, ovoide y picuda o en espolón. La gran variedad en sus características y tamaño se utiliza en la descripción taxonómica de las variedades.

f). ANILLO CEROSO. Se localiza abajo del nudo y su presencia puede ser notoria o imperceptible. Esta capa de cera varía en las distintas variedades de caña, aun cuando toda la superficie del entrenudo se encuentra cubierta con este material. La cera se acumula en la región superior del entrenudo y forma un anillo.

El tejido epidérmico del entrenudo es generalmente glabro o lampiño, puede o no presentar grietas corchosas que al ocurrir, pueden ser pequeñas o profundas, originadas por el crecimiento exterior del tallo. En el caso de la caña, el aumento en diámetro es de adentro hacia afuera, ya que no existe zona del cambium, las grietas pueden tener la longitud del entrenudo y su presencia es favorecida por condiciones ecológicas especiales que afectan el crecimiento de la planta.

ANATOMIA DEL TALLO. Cuando se corta un tallo -

transversalmente en un entrenudo, se observa que la co-loración de los tejidos interiores es variable, sobre todo en la zona meristemática. De afuera hacia adentro se encuentran las siguientes regiones: epidermis, corteza y parénquima, asociado con haces fibrovasculares; o-casionalmente y bajo ciertas condiciones de desarrollo, se observa la formación de corcho o médula en la región central de la caña.

El tejido epidérmico está constituido por dos tipos de células: cortas y largas; las primeras son cél-ulas de corcho con paredes delgadas, frecuentemente pun-tiagudas, que se encuentran en pares o grupos de tres, - asociadas con células impares de sílice. El estudio de los grupos o patrones de tejido epidérmico en el tallo, es utilizado en la taxonomía y descripción de las varie-dades de caña. La corteza está constituida por un núme-ro variable de capas de tejido esclerenquimatoso, formado por células de pared dura.

La región interna del tallo está constituida por tejido parenquimatoso, con células de gran tamaño y pa-red delgada, adaptadas para almacenar azúcar; su asocia-ción con haces fibrovasculares de diferente tamaño y - distribución es notable en el área periférica; y por su

número constituye una especie de esqueleto externo que permite a un tallo tan delgado, sostener el peso del folllaje de la caña y soportar la presión del viento. A medida que nos acercamos a la región central del tallo, - el número de haces disminuye, aumentando su tamaño. En la zona central se puede observar que la médula varía - de tamaño según la época, condiciones del medio y desarrollo del tallo, así como en relación con la edad de - la planta.

Al estudiar en sección transversal un haz fibro-vascular, se observan dos elementos que lo constituyen, xilema y floema. En sus extremos se presentan dos se-ries de fibras esclerenquimatosas fuertemente desar-lladas.

Todos los elementos que forman el haz, se encuentran circunscritos por parénquima y células acompañan - tes. El xilema está constituido por protoxilema con una cavidad o laguna de aire adyacente; el metaxilema está - constituido por dos grandes vasos rodeados de células - delgadas y aplastadas. El floema está formado por tubos agujereados en forma de criba y células acompañantes o - de sostén rodeadas por parénquima.

Al estudiar la ontogenia de los haces fibrovasculares de la caña, es indispensable notar la existencia de elementos anulares o espirales presentes en el protoxilema asociados con tubos o vasos cribosos del floema, células acompañantes y espacios vacíos.

Los haces en el entrenudo son paralelos a su eje y al llegar al nudo se ramifican, dirigiéndose a las hojas a través de la vaina; así como a la yema y banda de las raíces. En la zona del nudo, los tejidos se encuentran más lignificados y apelmazados, diferenciándose del entrenudo por su dureza; esta característica queda asociada a la distribución y número de haces fibrovasculares existentes en cada variedad.

Una de las notables diferencias anatómicas que presenta la caña al comparar su tallo con el de una dicotiledónea es la distribución salpicada de sus haces fibrovasculares dentro del parénquima, frente a la existencia de un cilindro central que rodea el meristema o cambium. Esta diferencia ocasiona la formación de grietas de crecimiento, al aumentar el diámetro por un aumento de presión y por la falta de elasticidad de las células de la corteza. En las dicotiledóneas el anillo del cambium promueve el desarrollo armónico de dos ca -

pas opuestas de tejido que amplía su diámetro sin originar la ruptura de tejidos en la periferia del tallo.

**BANDA DE LAS RAICES.** Esta se encuentra colocada sobre la base del entrenudo y en ella se sitúan en hileras las yemas de las raíces primordiales. El número de hileras y primordios radiculares varía de acuerdo con el tipo o variedad de caña.

La forma que presenta la banda de las raíces, puede ser cilíndrica, conoidal u obconoidal, limitada por la parte inferior del nudo y cicatriz de la vaina; así como por el anillo de crecimiento en su parte superior.

**ANILLO DE CRECIMIENTO.** Varía en tamaño y está constituido por tejido meristemático que es responsable de la elongación del entrenudo; como acontece con la caña acamada que presenta un cambio en la dirección del crecimiento del tallo, producto del desarrollo de una parte del anillo de crecimiento que permite curvarse al tallo.

**YEMA.** Las yemas se encuentran sobre la banda de las raíces y ocurre normalmente una sola para cada entrenudo.

trenudo. Sin embargo, en algunas ocasiones faltan o pueden presentarse dos o más en un nudo, como acontece con las yemas cuatas que originan el desarrollo dicotómico del tallo en dos secciones en un sólo tallo basal. La yema está constituida por tejido meristemático y es el órgano capaz de generar por crecimiento vegetativo, una planta similar a la original. Es en realidad un retoño en embrión, dotado en un tallo minúsculo con un paquete de hojas pequeñas que varían en tamaño y estructura, siendo las exteriores, hojas modificadas o escamas que lo protegen. En condiciones ambientales favorables y bajo un estímulo adecuado, germina y da origen a la nueva planta. Otra de sus características es que a través de mutaciones, ocasionalmente dan lugar a nuevos tipos o variedades de caña; las escamas que las protegen son a veces pubescentes o vellosas. Su gran variación en rasgos y tamaños, son tomados en cuenta en el estudio taxonómico y descripción de variedades.

**HOJAS.** Las hojas en la caña son alternadas, colocadas más o menos en el mismo plano de adherencia al nudo; ocasionalmente difiere esta colocación, pues se han observado casos con un arreglo foliar en espiral. La hoja está constituida por el limbo y la vaina. La vaina semeja la forma de un tubo, más ancha en su zona de in-

serción, reduciendo gradualmente su tamaño hacia la zona de unión con el limbo. El lado externo de la vaina es de color verde, frecuentemente cubierto de pelos o ahuates, mientras el interno es liso y glabro, con haces fibrovasculares espaciados y sin nervadura central. La superficie externa de la vaina se tiñe ocasionalmente de color rojo púrpura, cuando la hoja alcanza su completo desarrollo.

La zona de unión entre el limbo y la vaina se denomina cuello, está provisto de dos lenguetas, papadas o solapas, con una membrana que crece en la cara interna de la vaina y que puede o no ser pubescente; es transparente cuando tierna y descolorida o rasgada cuando madura y seca; y recibe el nombre de llgula. En el extremo de la llgula pueden existir una o dos aurículas. Las lenguetas o triángulos de unión proporcionan movilidad al limbo e impide su desgarramiento cuando la hoja es agitada por el viento.

La zona de unión entre la vaina y el nudo está constituida por el anillo basal, que rodea, traslapa y cubre estrechamente el tallo hasta que en forma gradual se separa del cuello; este anillo es capaz de resumir el crecimiento de la vaina en forma semejante al anillo.

de crecimiento en el tallo, pues ambos están constituidos por tejidos meristemático.

La adherencia de las vainas al tallo difiere en las diferentes cañas cultivadas; en algunas, a medida que las hojas mueren y se secan, la vaina se separa o suelta del tallo desprendiéndose posteriormente del nudo. Se dice entonces que la caña despaja bien. Esta característica es muy apreciada por los cortadores de caña, especialmente si las vainas y el limbo presentan áreas cubiertas de ahuate que les producen irritaciones en la piel durante la operación de corte. En otras, la vaina permanece fuertemente adherida al tallo, constituyendo serio problema para las variedades que se cultivan en las regiones húmedas o con alta precipitación, pues el agua que se acumula en las vainas propicia la germinación de la yema y raíces adventicias. Además, durante la cosecha, la vaina no puede ser completamente separada del tallo y causa problemas de tipo industrial, al limitar la recuperación del azúcar.

Parece ser que las variedades que retienen el tlazole o basura, son más vigorosas y presentan mejor rendimiento que las de fácil despaje.



A partir del cuello, el limbo, que se encuentra limitado por bordes o márgenes finalmente aserrados, se ensancha y afila hasta terminar en punta; su longitud y anchura varían entre 0.60 y 1.20 m. y entre 4 y 10 cm.; respectivamente. El limbo se encuentra dividido por la nervadura central que lo recorre en toda su longitud; - paralelas a la nervadura central, se encuentran las nervaduras secundarias, que parten de la región basal del limbo donde ocurre la anastomosis o rameado de los ha-ces provenientes de la vaina. En el limbo de las hojas, la epidermis superior difiere de la interior en el diseño y distribución de las células y estomas. En las ho-jas jóvenes, este arreglo presenta una gran uniformidad por el tamaño de las células a medida que ellas crecen; ciertas células cercanas a la epidermis superior, aumentan rápidamente de tamaño y forzan el desdoblamiento del limbo hasta que adquiere su posición normal en la hoja.

El diseño de las hojas epidérmicas del limbo es-tá dividido en tres zonas:

1). La central, formada por células largas, al-ternadas con grupo de células cortas de corcho o sili-ce. Hay ocasiones en que espinas o pelos largos reemplazan a las células de sílice como acontece en los tipos-

*silvestres de caña.*

2). La zona de los estomas que bordea el área central y comúnmente se encuentra distribuida en surcos.

3). La zona marginal, que limita a los surcos de los estomas, formada por hileras alternas de células largas y cortas; constituidas por pelos bisegmentados y espinas que ocupan el lugar de las células de sílice.

La distribución del patrón celular en la epidermis superior, se presenta en bandas constituidas por una zona central, dos surcos adyacentes y dos áreas marginales, formando en el limbo unidades de tejido separadas por surcos de células buliformes, cuyo espaciamiento depende del tamaño relativo de las nervaduras que las limitan. En la epidermis inferior se encuentran dos tipos de bandas, con patrones celulares, cuya colocación queda circunscrita al área limitada por dos o tres haces fibrovasculares. La primera se ha denominado zona costal y la segunda, intercostal; formada esta última por surcos de estomas y células de corcho en las que ocasionalmente se encuentran células de sílice y células de tamaño intermedio. La zona costal presenta un patrón constituido por bandas de células largas o de tamaño in

termidio, asociadas con espinas o ahuates, así como con células de sílice cuya colocación es variable. Esta última condición es de gran importancia en los estudios taxonómicos que permite separar a las especies de *Saccharum* y géneros afines.

Las células buliformes se encuentran rodeadas por el mesófilo de la hoja, son de mayor tamaño con la membrana celular delgada, más o menos elástica y de forma lenticular o reniforme. La colocación sumergida de estas células dentro del parénquima y la rigidez de las hojas, propicia la expansión o enrollamiento del limbo en función de la presión que las células buliformes ejercen sobre los tejidos adyacentes, como producto de su turgencia al estar llenas de agua; la concentración de solutos en su protoplasma genera una mayor actividad en el contenido del agua que se pierde rápidamente, ocasionando una pérdida de turgor y consecuentemente de presión, dando como resultado el enrollamiento y disminución de la superficie del limbo a la exposición de la radiación solar y transpiración bajo las condiciones del ambiente, limitando su deshidratación y plasmólisis del citoplasma que normalmente ocasiona la muerte de las hojas. Un ejemplo de lo anterior acontece con la "quemadura de las hojas" motivada por la combinación de

altas temperaturas y vientos calientes que marchitan y secan los tejidos tiernos del follaje; la deshidratación acontece al aumentar el contenido de solutos y presentarse una mayor actividad fotosintética.

FLORACION. En la parte superior del tallo, los entrenudos son cortos y de diámetro reducido, finalizando en la yema terminal. El desarrollo de esta parte del tallo alcanza una longitud de 25 mm. y está compuesta por entrenudos inmaduros con un contenido muy bajo de sacarosa, pero ricos en azúcares simples y sustancias no azúcares, incluyendo almidón. Los entrenudos de la región apical de la caña están caracterizados por presentar un gran número de hojas aglomeradas que forman un penacho o cogollo.

Al presentarse los períodos críticos de luz y temperatura por un cambio de la insolación y la longitud del día, lo que ocurre normalmente después del solsticio de verano, -de la mitad al final del mes de septiembre en el Hemisferio Norte y de la mitad de abril a fines del mismo en el Hemisferio Sur-, se ocasionan cambios bruscos en el metabolismo de la planta que limitan su desarrollo vegetativo y promueven la actividad reproductiva en el meristema apical de la caña.

Cuando se practica en la época señalada un corte longitudinal de la yema terminal en una variedad floreadora, se puede observar el crecimiento inicial de la inflorescencia a principios de octubre, la que posteriormente se exhibe a través de la rápida elongación del eje floral que termina con la emergencia de la panícula o flecha, sucediendo esto generalmente a fines de noviembre o a principios de diciembre.

Poco antes de la cosecha, también se puede observar que algunas yemas en el rizoma inician un rápido desarrollo formando brotes o tallos de diámetro mayor; este fenómeno, lo mismo que la floración, reducen el rendimiento de campo, afectando el peso y contenido de azúcar en los tallos por moler al tiempo de la cosecha.

Los tallos que forman una cepa de caña actúan individualmente respecto a su crecimiento, pues cada uno posee un sistema radicular independiente, no obstante que existen conexiones con el rizoma. Sin embargo, lo anterior no origina traslocación de nutrientes, auxinas u hormonas que promueven estímulo fisiológico en la formación de la flor, por lo que es fácil encontrar dentro de la plantación, cepas de una variedad floreadora que exhiben tallos aparentemente de la misma edad floreados

o sin flor; y estos últimos pueden no mostrar síntomas externos que señalen cambios en la actividad fisiológica que gobierna la floración de la caña.

#### SISTEMA RADICULAR DE LA CAÑA.

Diferentes investigadores han estudiado y evaluado las características generales del sistema radicular de la caña. La forma e intensidad de su desarrollo han sido determinadas principalmente por los dos métodos siguientes:

- 1). A través de excavación a intervalos variables de tiempo y
- 2). Mediante observación directa por medio de cajas con paredes de cristal.

Se ha encontrado que su distribución en espacio y tiempo está influida por las características propias de la variedad, factores ambientales y del suelo, ataques de plagas, enfermedades, etc.

La caña tiene dos tipos de raíces que proceden de la manera siguiente: Las primordiales se originan en

Los meristemas radiculares de la banda de las raíces de los entrenudos del trozo de semilla, son delgadas no manifiestan polaridad y sin dominancia. Funcionan durante un período que termina con la germinación, desarrollo y distribución de las raíces permanentes emitidas por el macollo, que son gruesas, menos fibrosas, con rápido crecimiento y protegidas por la cofia, que las capacita para penetrar entre las partículas del suelo. Cuando este sistema de raíces permanentes es suficiente para alimentar a la nueva planta, las funciones de las raíces primordiales de la semilla cesan y se inicia su deterioro.

La germinación de los primordiales radiculares es esencial para que en la yema se inicie un proceso de elongación por acción de hormonas y se forma un tallo o macollo. Este proceso de elongación termina cuando por acción enzimática cambian sus funciones vegetativas a reproductivas y se forma la flor.

La formación de raíces adventicias es considerada como una característica desfavorable en una variedad; sin embargo, se induce en forma artificial su germinación con Agallol, para conservar los acodos aéreos que se usan en los programas de hibridación. Generalmente,-

las variedades hindúes presentan la peculiaridad de producir raíces adventicias, cuando la planta se siembra y cultiva en áreas con abundante humedad.

Las raíces del macollo se desarrollan con vigor, ramificándose raramente en su fase inicial y sólo cuando la elongación termina, se inicia la ramificación que es de segundo y tercer grado. Estas raicecillas se cubren profusamente de pelos absorbentes que aumentan la superficie y capacidad de tomar agua y nutrientes en beneficio de la planta.

El crecimiento de las raíces es heterogéneo, en relación con el de otras partes de la planta, siendo mucho más rápido que el del tallo, cuando existe adecuada humedad en el suelo. Cuando los tallos inician su crecimiento disminuye el de las raíces, equilibrando las funciones de absorción, transpiración y almacenaje de la planta, cesando prácticamente su crecimiento durante los periodos de sequía. Cuando una plantación padece por falta de agua y repentinamente cambian las condiciones de humedad en el suelo por lluvia o aplicación del riego, la parte aérea de la planta requiere algún tiempo para manifestar este cambio, mientras que el desarrollo del sistema radicular responde casi de inmediato a



la presencia del agua en el suelo.

El número de primordios radiculares es diferente en las distintas variedades y el número que de ellos germina durante un ciclo normal, es factor de gran importancia; sobre todo cuando el rizoma del tallo se ve atacado por insectos o enfermedades, pues si todos los primordios radiculares brotan antes de que inicie el año, no existen reservas para su rehabilitación cuando varias de las raíces son destruidas. En algunas variedades, la recuperación se realiza a través de la germinación de raíces primordiales que permanecen latentes en la banda de raíces de los entrenudos inferiores de la cepa.

El sistema radicular fibroso de la caña sostiene el tallo y asegura una toma adecuada de humedad y nutrientes del suelo, abasteciendo a los tallos o macollos de agua y elementos, mediante la exploración que efectúan raíces y pelos absorbentes dentro de una gran masa del suelo. Los pelos absorbentes constituyen prolongaciones largas de células simples de la epidermis y están situados en la zona de crecimiento de la raíz, inmediatamente después de la cofia que protege al meristema. Su actividad está circunscrita al proceso de suberi

zación y deterioro de la corteza; cuando estas cesan, esa región pierde sus funciones de absorción y almacenamiento, conservando únicamente las de condición y soporte o anclaje. La ramificación y producción de raíces es función de la edad, variedad y ambiente.

Una raíz funciona mientras continúa produciendo tejido radicular por medio de su elongación apical o de la ramificación y producción de raíces secundarias; esta función es completa cuando la absorción de la zona pilifera es óptima, por la presencia de pelos absorbentes jóvenes; y posteriormente, declina por plasmolización del protoplasma o deterioro del tejido cortical.

La zona de absorción en las raíces primarias se desplaza a medida que prospera su crecimiento. Después de un período prolongado de sequía y cuando la caña ha cerrado y se presentan lluvias abundantes, brotan las raíces primordiales en los entrenudos, arriba de la superficie del suelo; una situación semejante se observa después de ocurrir inundaciones o estancamientos del agua, revirtiendo su geotropismo al crecer en el aire como nematóforos. Estas raíces son semejantes a las producidas por el trozo de semilla y constituyen un medio eficaz en el proceso de alimentación de la planta.

En las socas, el desarrollo de las raíces está condicionado por la presencia de un macollo sano, bien alimentado y ocurre en una fase temprana; lo afectan las condiciones imperantes del ambiente y semeja una repetición del desarrollo radicular formado en el ciclo anterior. Si las cosechas se efectúan sin maltratar la cepa o su sistema radicular y no ocurren cambios en la temperatura y humedad ambiente, las raíces siguen su función y absorben agua en grandes cantidades durante dos o tres semanas, dependiendo de la cantidad de carbohidratos almacenados que sostienen temporalmente el rizoma, mientras los nuevos brotes producen su propio sistema.

En un campo cosechado bajo condiciones severas de sequía, los nuevos brotes emergen sin que por algún tiempo se observen síntomas de escasez de humedad. Sin embargo, después de algunas semanas, la planta muestra un súbito y severo marchitamiento, que se cree coincide con el momento en que el sistema radicular anterior cesa de funcionar completamente. El beneficio del lapso transitorio ocurrido entre cesación y normalización de actividades en las socas, por la formación de un nuevo sistema radicular, es responsable del crecimiento temprano de macollos; si esto se compara con lo que acon

tece en la plantilla, sujeta al desarrollo de un sistema temporal de raíces primordiales, provenientes de la semilla cuya función es reemplazada posteriormente por el sistema permanente producido por los nuevos brotes, - en cada ciclo vegetativo.

En suelos dotados de una buena textura, estructura y drenaje, el desarrollo de las raíces constituye un elemento básico en la producción de cosecha. En áreas donde el sistema radicular es limitado por características físicas adversas en el suelo o cuando éste carece de drenaje natural, su distribución es irregular, superficial, pobre en desarrollo y funciones, disminuyendo el tonelaje de caña y la recuperación de azúcar en la fábrica.

La capacidad de absorción de agua por las raíces disminuye en forma apreciable cuando la humedad en el suelo ha bajado hasta alcanzar la planta un marchitamiento permanente, pues no tienen capacidad para aprovechar el agua higroscópica del suelo. La tolerancia de algunas variedades a la sequía, puede estar relacionada con su habilidad para producir pelos absorbentes en una alta proporción, dentro de la masa de su sistema radicular.

DIRECCION

#### CAPITULO IV

MONOGRAFIA DEL CULTIVO E HISTORIA.

- *Historia del Riego.*

## MONOGRAFIA DEL CULTIVO E HISTORIA.

La caña de azúcar es una de las plantas que han provocado mayores discusiones con motivo de su origen, - pues mientras algunos escritores la hacen originaria de la India, otros afirman que es de las Islas de la Polinesia y por último, los que la designan como originaria de América.

Como no se pretende hacer investigaciones encaminadas a aclarar este punto en controversia, por falta de elementos para ello y porque este tema no es de interés práctico en este trabajo, solamente se hará mención de las razones que cada escritor expone en su teoría.

La teoría más generalmente aceptada es la que afirma que la caña de azúcar es originaria del Asia y - con mayor precisión de la India, de donde pasó al Este, a China, las Islas de la Sonda, etc., al Oeste a la Arabia, Egipto, Malta, Chipre, etc.

Los que firman que es originaria de la Polinesia se fundan en que la caña de azúcar cultivada en todo el mundo es muy probable que proceda de las montañas y de las tierras bajas de las Islas Polinesias, vecinas de -

la zona tropical. El fundamento de esta teoría está tomado de una pequeña Isla, dependencia política de Tahiti, situada en el Archipiélago de Tubuay, la Isla en cuestión es la de Rucutu que recibe su nombre, Maón de una variedad de caña que no existe en los Archipiélagos vecinos y que encontraron en ella los Maoris, cuando habitaron dicha Isla, antes desierta. En esta región la caña se reproduce por medio de semilla, como lo demuestra la colocación de las cañas, que se presentan aisladas y sin ninguna unión con la planta madre.

Por último, los partidarios de la teoría que afirma que la caña de azúcar es una planta nativa de América, se fundan en el testimonio de escritores y navegantes y que por creerse de importancia, se reproducen enseguida, pero haciendo antes una observación, según el Barón de Humboldt, la caña de azúcar no es una planta de América, pues ésta y el trigo eran completamente desconocidos de los habitantes del nuevo continente y de las islas vecinas.

El Padre Labat hace mención en su obra publicada en 1742, del Viajero Tomás Gajes, quien afirma que los indios de la Guadalupe le suministraron durante su viaje abundantes cañas.

El Ministro Calvinista Juan de Lery que salió en 1556 en busca del Comendador de Villegagnon y que fue al fuerte Coligny, situado en una isla del Rio Janeiro, dice que encontró en varios sitios de las riberas de este río gran cantidad de cañas, siendo que aun no hablan penetrado hasta allí los portugueses.

Juan de Leat también afirma haberla visto en estado silvestre en la isla de San Vicente y por último, el Padre Heinepen la vió según dicen sus memorias, a orillas del río Mississippi.

Del conjunto de estos datos se desprende que la caña puede ser originaria de América, aunque también puede suceder que hubiera sido traída de la Isla de Rucutu o de Oceanla, por expediciones precolombianas.

Es por consiguiente muy natural creer que Cristóbal Colón, ignorando que la caña de azúcar existiera en el Nuevo Mundo, la haya colocado en su primer viaje o que fue un tal Aguillón, vecindado de la Concepción de la Viga, en la Isla de Santo Domingo, el que la introdujo en 1506.

Lo cierto es que los españoles introdujeron a A-



mérica el cultivo de la caña de azúcar y los procedimientos para extraer de ella el azúcar.

Concretándose a México, puede decirse que a pesar de que algunos historiadores aseguran que la caña de azúcar no fue introducida en nuestro país sino hasta el siglo XVII es indudable que esta planta fue conocida y explotada desde muchísimo antes; pues su primer introductor fue Hernán Cortés, como lo demuestra don Lucas Alemán en su historia.

Es un hecho bien sabido que Cortés estableció en el pueblo de Coyoacán un Ingenio con semilla traída de la Isla de Cuba y también estableció otro en San Andrés Tuxtla, Veracruz. Debido tal vez a que el clima de Coyoacán no fue propicio para el desarrollo de la caña, se vio Cortés en la necesidad de abandonar el Ingenio y al establecer su residencia en Cuernavaca, fundó otro Ingenio que dio tan buenos resultados que en él se formó el pueblo de Tlaltenango.

Su hijo don Martín lo abandonó porque la situación de los cañaverales en las lomas que formó el descenso del valle, los exponía a frecuentes heladas y fue a establecerlo a la Hacienda de Atlacomulco.

Respecto a las variedades, cabe decir que no todas las que se cultivan en el país fueron introducidas por él, la variedad introducida por Cortés fue la Asiática, llamada hoy Criolla.

Las variedades descubiertas por el Capitán Cook, en 1778 en las Islas de la Polinesia, llamada caña de Otahiti, fue llevada por Bougainville y Blaign a la Antigua, en las pequeñas Antillas, de donde pasó a Jamaica y de aquí a la Habana. De la Isla de Cuba fue traída a México y a esto se debe que los agricultores le llamen caña habanera.

Otra de las variedades que se cultiva en el país es la caña de Bativas o morada; fue descubierta por Humboldt y Bonpland en uno de sus viajes a Batavia, en la Isla de Java.

Esta variedad fue traída a las Islas Antillanas en 1778 y pasó luego al continente.

Por último, la variedad llamada Veteada o Pintada fue traída de Jamaica y se le cultiva mucho en el municipio de Rio Verde, San Luis Potosí.

La caña de azúcar dio tan buenos resultados en los Ingenios de Cuernavaca y Veracruz, que pronto despertó el interés entre los españoles; por su cultivo - que favorecido por la abundancia de mano de obra esclava, prosperó tanto que en pocos años alcanzaron las rentas de azúcar una suma fabulosa. Esto hizo que el Gobierno Colonial fijara su atención en esta industria y favoreció a los que a ella se dedicaron con la donación de terreno y según un autor, de esta época datan los principales cañaverales de Veracruz, Jalisco, Morelos, etc.

CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA-  
CANA DE AZUCAR:

Reino.	Vegetal.
División.	Fanerógamas.
Sub-división.	Angiospermas.
Clase.	Monocotiledoneas.
Orden.	Glumales.
Familia.	Gramíneas.
Sub-familia.	Andropogoneas.
Género.	Saccharum.
Especie.	Officinarum.

## HISTORIA DEL RIEGO. (6).

A una antigua reina de Siria que reinó con anterioridad al año 2,000 a. J.C., se le acredita el impulso de su Gobierno para derivar agua del Nilo y regar las tierras desérticas de Egipto. Los canales de riego, que se supone fueron construidos bajo este reinado, están aún derivando agua. La caña se sigue aún cultivando en Egipto, porque los proyectos de riego y drenaje desarrollados desde hace siglos, fueron construidos sobre principios básicos. La práctica del riego en la India es anterior a la historia escrita.

Los españoles, en su primera entrada a México y al Perú, encontraron obras elaboradas para almacenar y conducir el agua que han sido usadas por muchas generaciones. Una revisión de detalles de la historia del riego de una región productora -el Hawai- servirá para ilustrar los avances en la tecnología del riego en los últimos 100 años.

Los primeros trabajos, en 1856, para el riego en la Pierce Company Plantation, en Lihue, son los primeros esfuerzos para fomentar el riego de la caña de azúcar. Los hawaianos han usado el riego en el cultivo del

"taro" (tubérculo comestible), desde hace siglos y fue sencillamente natural que se aplicara el riego a este nuevo cultivo que es la caña de azúcar.

Wadsworth informó que los derechos al uso de la tierra y el agua, se conservaban firmes en manos del rey y de sus jefes. El título para una gran parte de la tierra y el agua se dió a individuos que hablan cultivado la tierra. La ley conocida como "Mahele" dió título para el uso del agua en la tierra y todavía ahora estos derechos sobre las aguas superficiales, son transferidos con la tierra. Estas leyes enfatizan el gran valor que se dió al agua por los gobernantes de Hawai.

El canal Rice fue terminado en Kauai en 1856 y fomentó otros proyectos de riego. Alexander y Baldwin construyeron un sistema de canales por los años 1880, algunos de ellos se usan todavía. En las primeras ediciones del Planters' Monthly, aparecieron numerosos trabajos desde 1882 y después que se transformó en el Hawaiian Planters' Record, se elogió la visión y la agudeza de observaciones de estos pioneros del riego.

El Dr. Maxwell, primer director de la estación Experimental HSPA, informó en 1896 sobre la capacidad -

de retención de agua de los suelos hawaianos y un año después publicó un estudio sobre las pérdidas por transpiración de la caña. Crawley, en 1909, propuso un pro-grama inicial de muestreo de la humedad del suelo como un medio para el control de los riegos. En el mismo año C.F. Eckart, entonces director de la estación, informó sobre un experimento para determinar las necesidades de agua para la caña, usando un higrómetro del suelo "cu-yos electrodos se colocan a un pie de profundidad de los surcos".

Este período fue continuado con estudios sobre los métodos de distribución del agua de riego y con la determinación de intervalos apropiados entre riegos. Los estudios continúan aún después de 50 años. Alexan-der resume los resultados de estos y de los primeros es-tudios y finalmente, continúa con interés informando so-bre el riego en Ewa donde se ha implantado un control e-fectivo de los intervalos de riego basado en la propor-ción del desarrollo de la caña.

Por los 1930 Shaw y Swezey, Wadsworth y otros, continuaron una serie de estudios completos sobre los métodos de riego, práctica de los intervalos entre rie-gos y control y medida del agua. La renuncia de Shaw de

la Estación Experimental para ir como supervisor a la -  
Waialua Agricultural Co., condujo a adelantos significa-  
tivos en el control de riego en esa plantación. La tota-  
lidad de los suelos de la plantación fueron muestreados  
y se determinaron la máxima cantidad de campo y el pun-  
to de marchitamiento permanente. A cada inspector de -  
sección se le mantenía informado sobre la frecuencia de  
los intervalos y sobre el número de pulgadas -acres de-  
agua disponible para la planta, en cada uno de los cam-  
pos-. El programa resultó muy costoso y no fue adaptado  
por otras plantaciones en aquel tiempo, probablemente -  
debido a los estudios de Das sobre el nuevo concepto de  
"grados-día", para determinar los intervalos de riego.-  
Das define los "grados-día" como el número de grados Fa-  
hrenheit que la temperatura máxima diaria excede de 70.  
El riego siguiente se debía aplazar hasta que la suma -  
de los grados-días alcanzara un valor predeterminado. -  
Se condujeron experimentos para definir el intervalo óp-  
timo de riegos. Aproximadamente 350 grados-día entre ca-  
da dos riegos fue el lapso más común durante el final -  
de la década de 1930 y principios de la década de 1940,  
cuando este medio de control se estuvo practicando. La-  
mayor crítica consiste en que este sistema no cuantifi-  
ca la cantidad de energía solar que llega a la caña.

La plantación Ewa se interesó, en 1940, en los bloques de yeso de Bouyoucos. Los resultados preliminares en Ewa y Waipio no fueron prometedores y se interrumpieron los estudios por la Segunda Guerra Mundial.

En los años de la Post-guerra, los estudios se concentraron sobre la teoría de que la humedad en el suelo es igualmente aprovechable a cualquier contenido de humedad entre la máxima capacidad de campo y el punto de marchitamiento permanente. Los adelantos en la distribución del agua han sido espectaculares, como resultado de la instalación de canalones de aluminio, salidas de los canalones, etc. El interés en el riego por aspersión ha sido mayor a medida que las necesidades de agua continúan aumentando.

Los estudios en los últimos años se han orientado hacia los conceptos de la energía que determina la retención de agua en el suelo y hacia el escurrimiento y distribución del agua en el suelo, según los afectan las fuerzas que intervienen.

Muchas características del perfil del suelo se han encontrado convenientes y prácticas para la medida y el uso del agua. Una de estas, llamada capacidad de -



infiltración o velocidad de penetración, es la máxima - velocidad de la entrada del agua hacia abajo dentro del suelo. Esta cantidad tiene una gran significación para la hidrología, la erosión del suelo y para los riegos. - A medida que el contenido de agua en el suelo cambia - con el tiempo, se debe medir la profundidad de los riegos siguientes si se dispone de un abastecimiento contlnuo de agua para el cultivo de la caña. La capacidad de campo medida 24 horas después del riego, se considera - el límite superior del contenido de humedad. Cuando el perfil del suelo se seca, Richards indica la necesidad de medir la energía que retiene el agua en la escala - completa de humedad que permite el desarrollo o supervivencia de la caña. Las características de los suelos - hawaianos y el estudio de sus relaciones humedad-energía, han conducido a un manejo científico de los riegos en la industria azucarera del Hawai.

## CAPITULO V

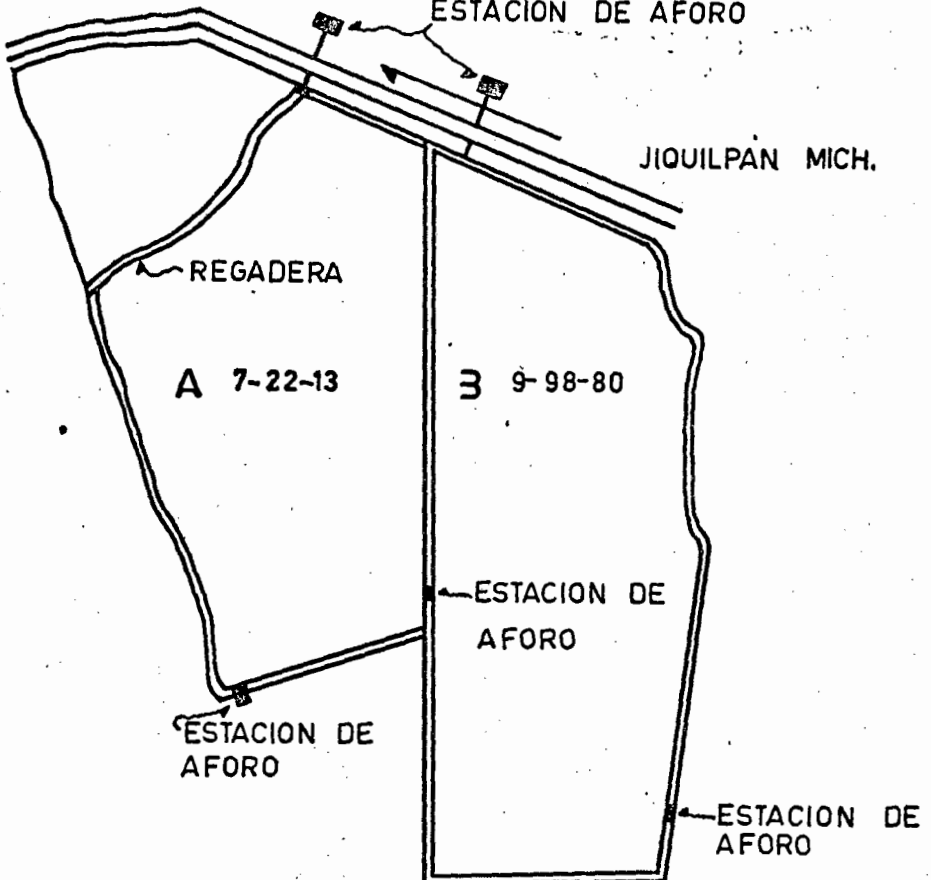
### ANTECEDENTES. OBJETIVO Y DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

- *Volúmen de agua entregado en la parcela.*
- *Datos climatológicos.*
- *Uso consuntivo mensual en el cultivo de la caña.*

TUXPAN JAL.

ESTACION DE AFORO

JIQUILPAN MICH.



A 7-22-13

B 9-98-80

ESTACION DE AFORO

ESTACION DE AFORO

ESTACION DE AFORO

### EXP. DE RIEGO

C1 2-56-00

T 2-56-00

A LAMINA CONTROLADA.

B " " " "

C1 ASPERSION

C2 " " "

T TESTIGO

C2 2-56-00

SUP. TOTAL 24-88-93

## ANTECEDENTES DEL EXPERIMENTO.

En el predio "Los Católicos", con superficie total de 24.89 Hectáreas, localizado en Santa Cruz, zona de abastecimiento del Ingenio Tamazula, se condujo un experimento de riegos, con base en las siguientes modalidades.

Lote A (7.22 Has.) y B (9.99 Has.), con aplicaciones de agua por gravedad, según láminas controladas.

Lote C<sub>1</sub> (2.56 Has.), con riego por aspersión y lámina de 75 mm. por riego.

Lote C<sub>2</sub> (2.56 Has.) con riego por aspersión y lámina de 100 mm. por riego.

Lote T (2.56 Has.), con riego por tandeo ordinario, según normas de esa zona (testigo).

Superficie que se riega con aguas provenientes del sistema del canal media luna.

En estos lotes se desarrolló la variedad N.Co. - 310 en ciclo de plantilla.

Este experimento tuvo una duración de 18 meses - desde la siembra hasta la cosecha (15 de Junio de 1972- a 15 de diciembre de 1973).

Los resultados que se informan están de acuerdo con las observaciones registradas en el período del cultivo de la caña de azúcar, según el volúmen total de - agua que se le proporciona a cada uno de los lotes.

#### OBJETIVO DEL EXPERIMENTO.

Dadas las circunstancias de escasez de agua utilizable para los riegos de auxilio, aplicables a la caña de azúcar, en la zona de aportación cañera para el - Ingenio de Tamazula y al considerar las necesidades de agua que tiene el cultivo para su desarrollo normal, se planearon las modalidades de este experimento de riegos a fin de que se juzgaran estas deficiencias y definir - las láminas de agua que mejor se ajusten a los requerimientos del cultivo de la caña de azúcar.

Para lograr este objetivo se tuvieron que considerar las normas para el control de las láminas de agua aplicadas a nivel parcelario, al proporcionarle al cultivo de la caña lo necesario para satisfacer sus necesi

dades.

Fue preciso determinar las constantes de humedad referidas a la capacidad de campo, punto de marchita - miento permanente y agua aprovechable y con estos datos y los de la configuración topográfica del terreno, se determinó la longitud de la surcada.

Y como norma general en todo programa por modo-to que sea, se deben programar varios puntos importan-tes, como son:

1. Programación del área de riego en función de los gastos disponibles.

2. Se debe conocer la capacidad de las fuentes - de abastecimiento en las épocas más críticas de sequía - o sea en el estiaje.

3. Es necesario preparar en forma adecuada los - terrenos que van a recibir el riego, sobre todo al con-siderar:

a). La longitud de la surcada, sentido y pendien-tes de los mismos, de acuerdo con la estructura del te-

rreno.

b). El trazo eficiente de regaderas parcelarias, más rayas de distribución y compensación.

c). Las regaderas alimentadoras con capacidad suficiente para conducir un gasto de 100 Lts./Seg., a fin de que el regador no manifiesta dificultades en el avance de los riegos.

4. Conviene preparar a los regadores, indicándoles la forma correcta de la entrega del agua a la parcela, a fin de evitar en todo momento las coleadas de - agua o aplicar una cantidad mayor a la indicada.

5. Es necesario practicar el riego en el caso de la caña, inmediatamente después de la siembra o cuando- mucho, al día siguiente, pues las experiencias indican un retraso de 8 días puede ocasionar hasta el 30 % de - pérdidas de germinación.

6. Conviene aplicar hasta donde sea posible, las láminas de agua calculadas con el fin de evitar errores en proyectos de áreas y frecuencias de riego.

7. Se sugiere controlar los gastos mediante afo-  
ros a nivel de parcela e informar los volúmenes realmen-  
te utilizados.

8. Se debe de estudiar y conocer el poder de in-  
filtración; así como la humedad a la capacidad de campo  
y el punto de marchitamiento permanente de los suelos -  
para hacer las recomendaciones que sean pertinentes a -  
los cañeros.

9. Para que el regador tenga idea sobre el núme-  
ro de surcos en que debe distribuir el gasto de agua u-  
tilizable, se debe de considerar los siguientes litros-  
de agua por segundo, de acuerdo con la textura de los -  
suelos y pendientes no mayores de 0.2 a 0.6 %.

Arenas.	4 a 5 Lts./Seg.
Franco arenosos.	4 a 6 " "
Franco arcillosos.	6 a 7 " "
Arcillas.	7 a 8 " "

Estos gastos varían según el poder de infiltra-  
ción del suelo, la profundidad de humedecimiento de la-  
zona radicular del cultivo y la irregularidad topográfi-  
ca.



10. Deben mantenerse limpios los canales de la red de conducción para un mejor control del agua de riego, además se deben localizar sitios o fallas de fugas en la conducción.

11. Se debe de responsabilizar a una persona en la vigilancia de los trabajos de riego.

12. Para el suministro de agua de riego se debe de considerar una lámina bruta aplicada a nivel parcelario de 12 a 15 cms., por riego como máximo.

13. Se aconseja desarrollar las prácticas del riego en campos pilotos como demostración a los cañeros para que sigan mejores normas en el uso del agua.

14. En los campos demostrativos de riegos se llevarán registros de costos de aplicación del agua, derecho de utilización del campo, frecuencia de riegos y también los rendimientos de campo (Ton. de Caña/Ha.), conclusiones, además los datos adicionales pertinentes.

Los sistemas de riego más conocidos en México son los siguientes:

- a). Sistema de riego por surco.
- b). Sistema de riego por inundación.
- c). Sistema de riego por sub-irrigación.
- d). Sistema de riego por aspersion.

Cada uno de los sistemas de riego mencionados no se describen en este trabajo, simplemente se mencionan para no desconocer las formas de aplicar el agua de riego al cultivo de la caña en diferentes ingenios. El procedimiento más generalizado sin embargo, es el de surcos.

El objetivo principal de este experimento es el control eficiente del agua de riego, con el fin de aumentar el área de cultivo con la misma disponibilidad de agua; así como el rendimiento de campo.

#### DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

A fin de obtener conclusiones satisfactorias de este experimento de riegos, se registraron todos los datos posibles que más adelante se comentan.

CONSTANTES DE HUMEDAD DEL SUELO. Para tener idea del agua aprovechable en los suelos, en cada uno de los-

lotes considerados, se procedió a determinar las cons-  
tantes de humedad en muestras representativas, obteni-  
das hasta la profundidad de 60 cms.

Los resultados obtenidos incluyendo textura fue-  
ron los siguientes:

CUADRO No. 1. CONSTANTES DE HUMEDAD DE LOS LOTES  
DEL EXPERIMENTO DE RIEGOS.

LOTES:	C.C. *	P.M.P.**	A.A.***	TEXTURAS:
A	25.40	13.50	11.90	M. a-a+
B	20.50	11.14	9.36	M. a-a
C <sub>1</sub>	27.60	15.00	12.60	M. a ++
C <sub>2</sub>	25.40	13.80	11.60	M. a-a
T	26.40	14.34	12.06	M. a-a

\* CC = Capacidad de Campo.

\*\* P.M.P. = Punto de Marchitamiento Permanente.

\*\*\* A.A. = Agua Aprovechable.

+ M. a-a = Migajón arcillo-arenoso.

++ M. a = Migajón arcilloso.

C.C. CAPACIDAD DE CAMPO, es el contenido de hume-  
dad de un suelo, profundo y bien drenado que después de-

aplicar un riego en exceso ha desalojado todo el agua de gravedad.

La mayor parte del agua de gravedad drena del sue-lo antes de que pueda ser consumida por los vegetales, - lo que sí es factible de suceder es que tanto el agua - que se haya evaporado como la que ha sido tomada por las plantas, sea substituída por otras nuevas aportaciones - de agua.

La importancia que reviste la determinación de la capacidad de campo, es factor decisivo para la determinación de las láminas de agua aplicadas en el riego, ya que el exceso de riego no puede aumentar el poder de reten-ción de un suelo.

La C.C. se determina mediante la fórmula:

$$C.C. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

P.M.P. PUNTO DE MARCHITAMIENTO PERMANENTE. El agua contenida en el suelo cuando las plantas llegan a marchitarse en forma constante, es el punto que se ha definido como marchitamiento peramente.

Para este tipo de estudios se tomó como ideal la planta de girasol, cultivada en un recipiente, el cual se humedeció a la capacidad de campo, sellándolo con parafina; consumiendo el agua disponible las plantas se marchitan; esta planta no recobra vida ni expuestas las caras de sus hojas a la sombra de la noche en una cámara húmeda. Como se obtuviera un primer punto de marchitamiento en el cual la diferencia en porcentos de agua fue insignificante, se optó por tomar como P.M.P. aquel en el que la presión osmótica fue de 15 atmósferas.

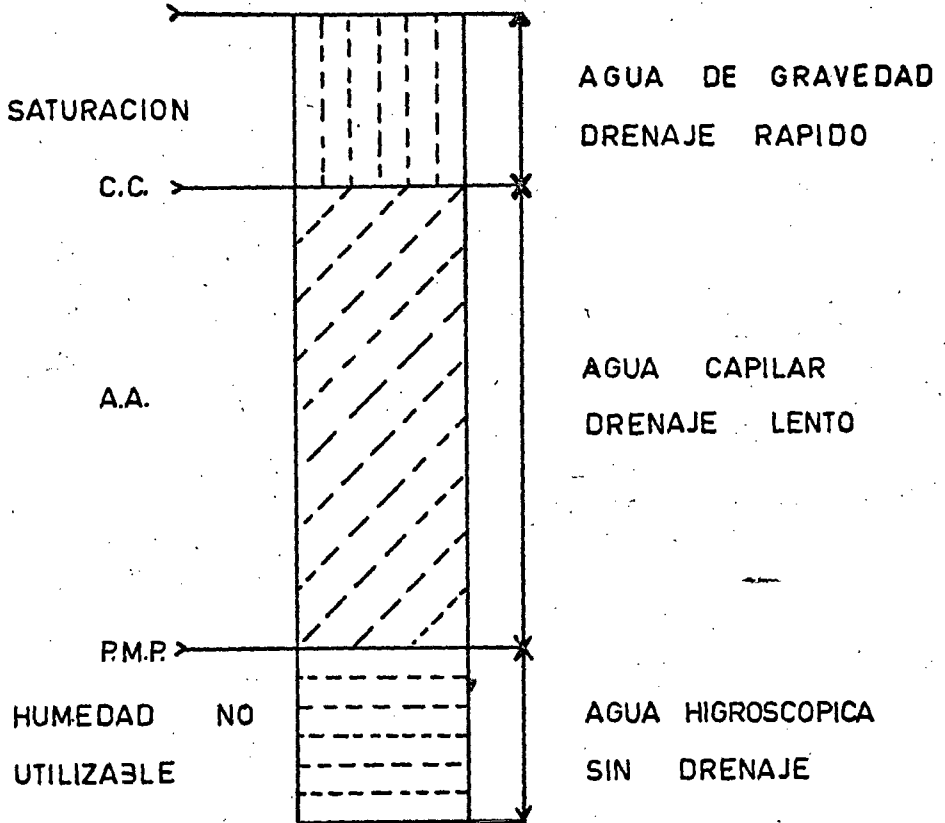
En los laboratorios se determina el P.M.P. por medio de la fórmula empírica siguiente:

$$P.M.P. = \frac{C.C.}{1.64} \% \times \text{Peso.}$$

Se define también como el porcentaje de humedad que ya no puede ser absorbido por las raíces de las plantas.

Va se ha dicho que la C.C. es la cantidad máxima de agua que en un suelo bien drenado es retenida y que el P.M.P. está representado por el límite inferior de humedad, así pues el AA (agua aprovechable), queda en estas condiciones comprendida entre estos límites; por lo-

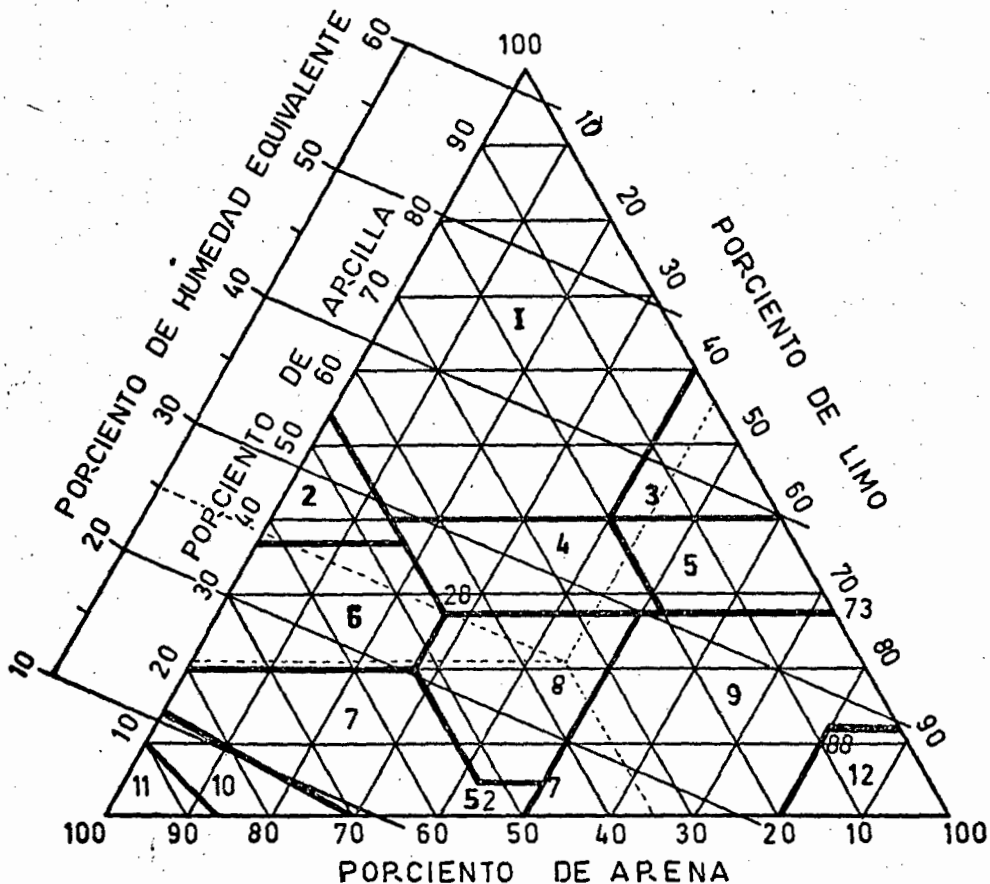
# PERFIL SUELO



CLASES DE AGUA DISPONIBLE  
Y CARACTERISTICAS DEL DRENEJE

Diagrama que relaciona la Humedad Equivalente con la Textura de suelo de acuerdo con la siguiente ecuación

$$HE = (0.023 \times \text{ARENA}) + (0.25 \times \text{LIMO}) + (0.61 \times \text{ARCILLA}) \quad (\text{Bodman y Mahmud})$$



- 1.= arcilla
- 2.= " " arenosa
- 3.= " " limosa
- 4.= migajon arcilloso
- 5.= " " arcillo limoso
- 6.= " " " " arenoso
- 7.= " " arenoso
- 8.= franco
- 9.= migajon limoso
- 10.= arena migajosa
- 11.= " "
- 12.= limo

EJEMPLO

ARENA	34 %
LIMO	44 %
ARCILLA	22 %

100 %

TEXTURA FRANCO

H.E. = 25 %

que se ha optado en determinar el A.A. por la diferencia de estos.

$$A.A. = C.C. - P.M.P. = \% \times \text{Peso.}$$

TEXTURA. Es el resultado de la determinación en  $\%$  de las diferentes partículas componentes de un suelo.

La textura puede ser medida con exactitud considerable por medio del análisis mecánico en un laboratorio. En general, todos los laboratorios están de acuerdo en los principios que deben seguirse, por ejemplo: El análisis mecánico se rige por la Ley de Stock, que se basa en la velocidad de asentamiento de las partículas, pero no en los detalles de trabajo.

#### VOLUMEN DE AGUA ENTREGADO EN LA PARCELA.

Para que el regador fuera eficiente en la aplicación de los riegos, se construyeron vertedores inmediatos a los lotes, para medir en un momento dado, los gastos entregados a cada parcela.

Esta medición del gasto es fácil para el regador, una vez enlistados los gastos tabulados, debido a que no



hay más que concretarse a mantener la lectura en un de-  
terminado nivel de la escala.

Los vertedores construídos fueron del tipo CIPOLLETTI. Ejemplo:

Tipo de vertedor: Cipolletti.

Fórmula usada:  $Q = C. L. H. ^{3/2}$  donde:

Q = Gasto en m<sup>3</sup>/seg.

C = Constante numérica 1.86.

L = Cresta del vertedor en metros.

H = Tirante normal del vertedor en función del gas-  
to conducido.

En este experimento al regador se le asignaron 50-  
lts/seg., o sea que la lectura de la escala debería es-  
tar en 20 cms., para disponer el gasto indicado.

CUADRO No. 2. GASTOS AFORADOS POR MEDIO DEL VERTE-  
DOR CIPOLLETTI CON CRESTA DE L=0.30m.

---

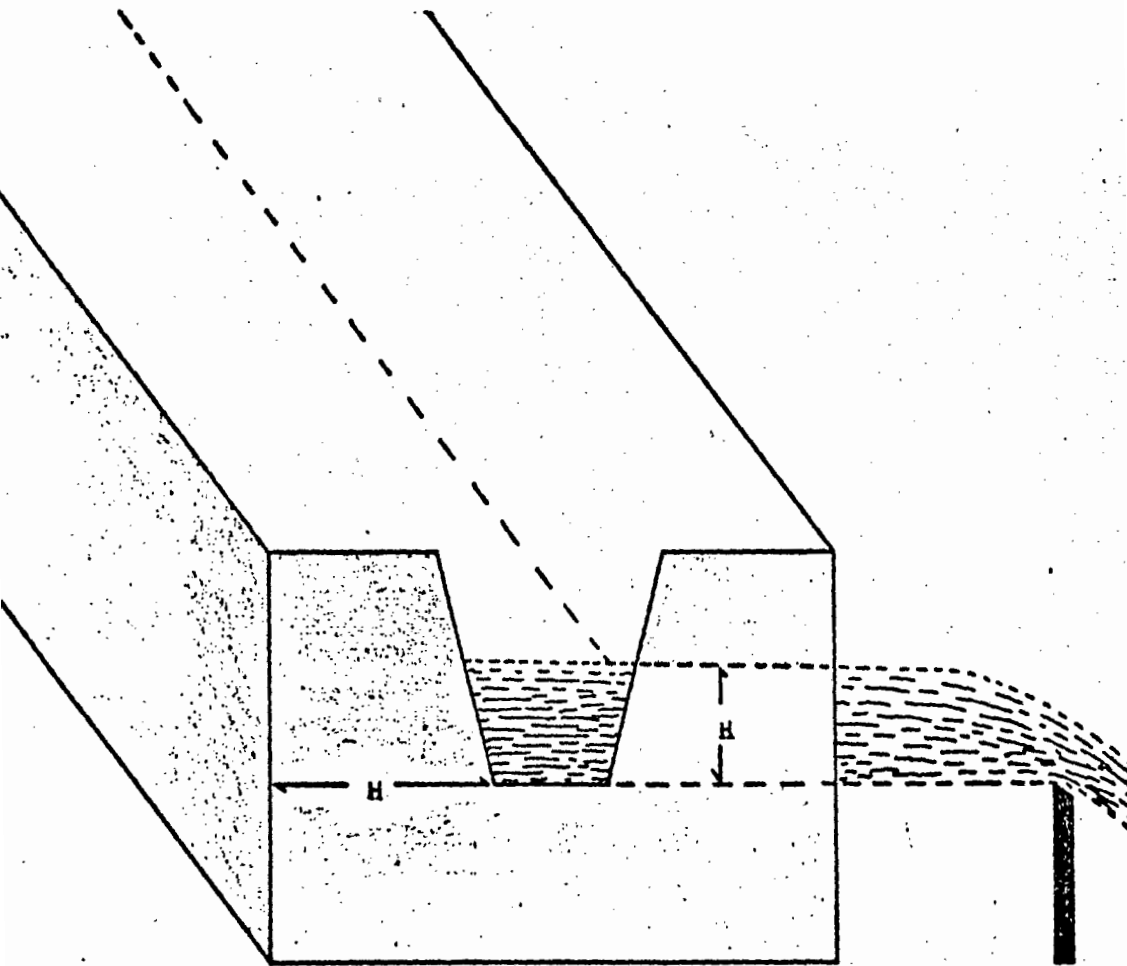
Lectura Escala cm.

(Tirante vertedor, H). Gasto, Lts/Seg.

5	6
10	17
15	31
20	----- 50

25	74
30	92
35	120
40	140

---



VERTEDOR TRAPEZOIDAL O DE CIPOLLETTI.

*Vista frontal mirando aguas arriba. Pendiente uno-  
en horizontal por 4 en vertical.*

El Ingeniero italiano Cipolletti diseñó, hace muchos años, un vertedor trapezoidal, con contracción total, en el que se supone que el gasto es directamente proporcional a la longitud de su cresta; por lo que, es necesario corregir la contracción final.

Este tipo de vertedor tiene algunas ventajas para su empleo en regadíos y se ha utilizado mucho.

La ecuación que da el gasto es la siguiente:

$$Q = C L H^{3/2}$$

#### DATOS CLIMATOLÓGICOS.

Para conocer el régimen de distribución de las lluvias durante el desarrollo del experimento, así como los efectos de temperatura y evaporación, se recopilaron los datos que aparecen en el Cuadro No. 3., los que corresponden al período de la investigación (Siembra-Cosecha).

TEMPERATURAS. La óptima germinación de la caña se obtiene entre los 32 y 38° C (90 - 100° F).

Márgen óptimo para el desarrollo y absorción de nu

tramientos: 27° C.

Márgen de desarrollo normal de la caña, de 21 a 38° C.

Abajo de 21° C (70° F), se retarda el desarrollo - de las raíces, el cual se paraliza a los 10° C (50° F).

Márgen en que la caña se daña: menos de 2° C.

#### PRECIPITACION PLUVIAL.

Las zonas con precipitación pluvial menor de 1,500 mm., anuales y mal distribuidas, requieren riegos de au-  
xilio.

Las necesidades de agua de la caña varían en clima templado cálido (sub-tropical), de 3.8 a 8.6 mm. por día, en un año completo.

En México el promedio general acusó valores de - 5.48 a 6.84 mm. por día, en un año completo.

CUADRO No. 3. DATOS CLIMATOLÓGICOS CORRESPONDIENTES AL -  
EXPERIMENTO DE RIEGOS EN EL PREDIO "LOS CA  
TÓLICOS", ZONA DE SANTA CRUZ, TAMAZULA, JA  
LISCO.

ANO:	MES:	T.M.M. °C	P.P. mm.	EVAPORACION mm
1972	Junio.	25.20	35.5	180.19
1972	Julio.	23.49	140.0	113.51
1972	Agosto.	22.74	226.0	73.75
1972	Sept.	22.74	160.0	53.14
1972	Octubre.	20.92	175.1	95.15
1972	Nov.	17.50	0.0	117.51
1972	Dic.	17.26	5.8	78.23
1973	Enero.	16.47	1.0	89.32
1973	Feb.	16.61	7.5	103.83
1973	Marzo.	15.75	0.0	173.06
1973	Abril.	18.58	0.0	227.75
1973	Mayo.	19.90	0.0	231.05
1973	Junio.	21.80	198.9	114.82
1973	Julio.	19.40	265.0	90.00
1973	Agosto.	19.90	109.1	117.00
1973	Sept.	19.10	139.0	107.87
1973	Octubre	19.20	33.5	103.87
1973	Nov.	17.30	19.8	95.00
1973	Dic.	17.10	0.0	91.75

La siembra se hizo el 15 de junio de 1972, cuando la evaporación acumulada del mes era de 95.92 mm.; - esto indica que al finalizar el mes de junio, la evaporación fue de  $180.19 - 95.92 = 84.27$  mm.

#### USO CONSUNTIVO MENSUAL EN EL CULTIVO DE LA CAÑA

Para precisar las necesidades de agua en el cultivo de la caña, se determinó el uso consuntivo mensual del cultivo de la caña. Estos cálculos se fueron registrando mes a mes, al contar con la información necesaria; se trataba en efecto de checar las láminas de agua suministradas con el uso consuntivo del cultivo y posteriormente, determinar los intervalos de riego con la ayuda del agua aprovechable restante en el suelo y etapa del desarrollo del cultivo. El cálculo de los usos consuntivos se hizo en función de las temperaturas y de la latitud Norte del lugar, al utilizar la fórmula de Blanney y Criddle ( $UC = KF$ ), donde:

$UC$  = Uso Consuntivo o Uso del agua para el desarrollo del cultivo.

$K$  = Coeficiente de uso consuntivo, que varía según la planta cultivada.

F = Factor de temperatura y luminosidad anual.-  
Sin embargo, para cada mes la expresión es:  $f = p (t + 17.8) / 21.8$  donde, p = porcentaje de horas luz en función de latitud Norte del lugar (  $19^{\circ}39'$  ); t = temperatura media en ° C; F = suma de los valores de f.

La secuencia de cálculos y los resultados de los usos consuntivos se anotan en el Cuadro No. 4.



CUADRO No. 4. CALCULO DE LOS USOS CONSUNTIVOS MENSUALES DE LA ZONA CORRESPONDIENTE AL EXPERIMENTO EN EL CAMPO "LOS CATOLICOS", ZONA DE SANTA CRUZ, TAMAZULA, JALISCO.

ANO.	MES:	TEM. MEDIA. ° C	VALORES DE p.	FACTOR DE TEMP. (t + 17.8)/21.8	VALOR DE $\delta = p$ (t + 17.8)/21.8	UC para'- K = 0.671 cms.	UC acum. cms.
1972	Jun.	25.20	8.99	1.972	17.73	11.89	11.89
1972	Jul.	23.49	9.22	1.894	17.46	11.71	23.60
1972	Ago.	22.74	8.94	1.859	16.61	11.14	34.74
1972	Sep.	22.74	8.29	1.859	15.41	10.34	45.08
1972	Oct.	20.92	8.18	1.776	14.52	9.74	54.82
1972	Nov.	17.50	7.60	1.619	12.30	8.25	63.07
1972	Dic.	17.26	7.62	1.608	12.25	8.21	71.28
1973	Ero.	16.47	7.75	1.572	12.18	8.17	79.45
1973	Feb.	16.61	7.27	1.578	11.47	7.69	87.14
1973	Mar.	16.13	8.41	1.556	13.08	8.77	95.91
1973	Abr.	18.58	8.52	1.668	14.21	9.53	105.44
1973	May.	20.20	9.13	1.743	15.91	10.67	116.11
1973	Jun.	21.80	8.99	1.816	16.32	10.95	127.06
1973	Jul.	19.40	9.22	1.706	15.73	10.55	137.61
1973	Ago.	19.90	8.94	1.729	15.46	10.37	147.98
1973	Sept.	19.10	8.29	1.693	14.03	9.41	157.39
1973	Oct.	19.20	8.18	1.697	13.88	9.31	166.70
1973	Nov.	17.30	7.60	1.610	12.23	8.20	174.90
1973	Dic.	17.10	7.62	1.601	12.19	8.17	183.07

INTEVALOS DE RIEGO. Con los usos consuntivos y el agua aprovechable se determinaron los intervalos de riego. Por ejemplo, para el mes de junio de 1972, fecha de iniciación del experimento de riegos, se tiene:

Uso consuntivo = 11.89 cm.

Uso consuntivo diario =  $11.89/30 = 0.3963$

Agua aprovechable (Lote A) = 11.90 %

Intervalo de riego  $11.90/0.3963 = 30.0278$  días.

En los 30 días de intervalo de riego se considera que el agua aprovechable del suelo se agota totalmente; o sea, que se llega al punto de marchitamiento permanente. Esto desde luego, no es aconsejable en la práctica, porque la planta sufre retrasos en su desarrollo.

En este experimento se recomendó seguir los puntos de vista siguientes:

a). En la primera etapa del desarrollo de la caña (desde la siembra hasta que el campo cierra), la humedad en el suelo debe conservarse en el 85 % de la capacidad de campo.

b). En la segunda etapa del desarrollo (desde que

el campo cierra hasta que se inicia la madurez), la humedad en el suelo debe mantenerse entre el 50 y 66 % de la capacidad de campo.

c). En la etapa final del cultivo (desde que se inicia la madurez hasta el corte), se debe bajar la humedad en el suelo al 33 % de la capacidad de campo, para llegar al 73 % de humedad en la sección 8 - 10 de tallos al tiempo de la cosecha.

En el ejemplo anterior, los intervalos de riego consideran al agua aprovechable en el suelo, cuando esta es de una tercera parte; es decir, cuando ya se han consumido las dos terceras partes del agua aprovechable.

Con este criterio y al seguir con la secuencia del cálculo, los intervalos de riego para los lotes A, B, C<sub>2</sub> y T, los usos consuntivos de los meses que requieren riegos de auxilio se informan en el Cuadro No. 5.

Estos intervalos de riego se determinaron mes a mes; sin embargo, en este experimento, los intervalos de riego estuvieron basados en función del contenido de la humedad en los suelos a la capacidad de campo, según consideraciones de proyecto y los resultados se anotan como

sigue, en el Cuadro No. 6.

CUADRO No. 5. INTERVALOS DE RIEGO PARA LOS LOTES A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> Y T. CUANDO SE HAN CONSUMIDO LAS 2/3 PARTES DEL AGUA APROVECHABLE.

LOTES: 2/3 % A.A.		INTERVALOS DE RIEGO EN DIAS DURANTE- LOS MESES DE BAJA PRECIPITACION.											
		1972						1973					
		J	N	D	E	F	M	A	M	O	N	D	
A	8.0	20	29	30	30	32	28	25	23	27	29	30	
B	6.3	16	23	24	24	23	22	20	18	21	23	24	
C <sub>1</sub>	8.4	21	30	32	32	30	30	26	24	28	30	32	
C <sub>2</sub>	7.5	19	27	28	28	27	27	24	22	25	27	28	
T	8.1	20	29	31	31	29	28	25	24	27	29	31	

CUADRO No. 6. INTERVALO DE RIEGO PARA LOS LOTES A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> Y T, QUE RESULTARON EN LA PRACTICA AL CONSIDERAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO.

LOTES:	% DEL A.A. EN EL SUELO AL INICIAR LOS RIEGOS.						INTERVALOS DE RIEGO EN DIAS.							
	1972			1973			1972			1973				
	N	D	E	F	M	A	M	N	D	E	F	M	A	M
A	37	75	75	53	54	54	51	-	32	33	27	22	20	24
B	35	75	75	65	60	55	50	-	33	31	28	25	28	28
C <sub>1</sub>	36	75	75	62	62	65	50	-	28	11	23	23	28	28
C <sub>2</sub>	-	34	75	75	65	68	66	-	-	18	12	23	24	20
T	En este lote no se registró el % del A.A. y sólo se aplicaron 3 riegos. Uno en Dic. de 1972, el segundo en Marzo y el tercero en Mayo de 1973.													

La diferencia que existe entre los intervalos de riego del Cuadro 5, con las cifras del Cuadro 6, se debe a que los primeros se calcularon cuando el agua aprovechable era del 33 %; o sea, cuando se tenía en el suelo únicamente 1/3 del agua aprovechable; en cambio, los intervalos de riego que se anotaron en el Cuadro 6, están basados con los porcentos del agua aprovechable en el suelo.

AGUA SUMINISTRADA EN EL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO DE RIEGOS.

Al iniciarse el experimento de riego no se contaba con agua utilizable, por lo que la caña sembrada el 15 de junio de 1972, se castigó hasta que se iniciaron las lluvias a principios de julio. Esto produjo un retraso inicial en la germinación.

A partir de esta fecha y en los meses siguientes hasta el corte de la caña, las láminas de agua aplicadas por el riego, así como las lluvias, se anotaron detalladamente para los lotes considerados como se observa en el Cuadro 9.

Para comparar las láminas de agua de riego más el 70% de las lluvias aportadas al cultivo, en el Cuadro 7 se anotan estas cantidades, al igual que el uso consuntivo del cultivo y el 80 % de la evaporación registrada en el evaporómetro de tanque tipo A, para deducir conclusiones sobre el suministro de agua al cultivo desde la siembra hasta la cosecha y al considerar los dos meses antes del corte y sobre el 80 % de la evaporación registrada, que se considera como lámina de recuperación para las necesidades del cultivo.

CUADRO 7. LAMINAS APLICADAS DE RIEGO MAS EL 70 % DE LAS-  
LLUVIAS COMPARADAS CON EL USO CONSUNTIVO DEL -  
CULTIVO Y EL 80 % DE LA EVAPORACION.

LOTES:	LAMINAS BRUTAS APLICADAS MAS- EL 70% DE LAS- LLUVIAS.	USOS CONSUNTI- VOS mm (BLAN-- NEV Y CRIDDLE)	80 % DE EVA- PORACION. EVA- POROMETRO TI- PO A.
A	1,613.9	1,664.4	1,657.5
B	1,573.4	1,664.4	1,657.5
C <sub>1</sub>	1,586.5	1,664.4	1,657.5
C <sub>2</sub>	1,661.50	1,664.4	1,657.5
T	2,448.6	1,664.4	1,657.5

El Cuadro 7 muestra que en ningún caso se proporcionó al cultivo de la caña la lámina requerida; sin embargo, las constantes de humedad, que fueron utilizadas para establecer los intervalos de riego, siempre mostraron concordancia con las indicaciones del proyecto. Se concluye entonces que la diferencia de lámina de agua, tiene relación con los riegos faltantes, al iniciarse el experimento, lo cual se debió a la falta de agua, como ya quedó indicado.

## DISTRIBUCION DE LAS LAMINAS APLICADAS POR MESES.

Para comprender mejor los datos del Cuadro 7, sobre láminas brutas aplicadas más el 70 % de lluvias precipitadas, se hace referencia a las cifras del Cuadro 8, también con fines comparativos, ya que se anotan las láminas de agua correspondientes al 80 % de la evaporación en el tanque Tipo A, así como el uso consuntivo del cultivo, según Blanney y Criddle.

Las cifras del Cuadro 8 indican que en el lote A de lámina controlada, al iniciarse el experimento en junio de 1972, el cultivo de la caña dispuso apenas de 24.8 mm. de lámina de agua proveniente de las lluvias, en el campo la germinación se retrasó por esta causa; ya en los meses siguientes hasta octubre del mismo año, las láminas de agua precipitadas fueron suficiente para satisfacer las necesidades de la caña; de noviembre de 1972 a mayo de 1973, el cultivo recibió riegos de auxilio con las láminas que se indican y que se relacionaron con las constantes de humedad de los suelos; en los demás meses y hasta la cosecha, las láminas de agua registradas fueron totalmente de las lluvias.

En el caso del lote B, también de lámina controlada.



da, se siguió la misma secuencia que en el lote A, única mente que en el mes de mayo de 1973 sufrió un castigo - por falta de agua para el riego. (Faltó un riego).

El lote C<sub>1</sub> de riego por aspersión, con la misma-secuencia de los anteriores, sufrió un castigo en el mes de noviembre de 1972, debido a fallas mecánicas del equi-po de bombeo.

El lote C<sub>2</sub> con las mismas normas, pero castigado- de riegos en los meses de noviembre y diciembre de 1972, a causa de fallas de equipo de aspersión, estuvo sujeto- a otro castigo en el mes de mayo de 1973, por falta de - agua disponible.

En el lote T (de tandeo ordinario), se desarro- lló la caña con varios castigos, como se aprecia en el - Cuadro 8, (Meses de castigo fueron noviembre de 1972 y - enero, febrero y abril de 1973, con la diferencia de que se aplicaron riegos con láminas de 642.5 mm. en diciem- bre de 1972 y de 342.7 mm. y 406.1 mm. en los meses de- marzo y mayo, respectivamente. La secuencia sobre la a plicación del agua en cada lote, se ajusta en forma apro- ximada a las tres etapas del desarrollo del cultivo.

CUADRO No. 8. LAMINAS TOTALES DE AGUA APLICADAS QUE SE COMPARAN CON EL 80 % DE LA EVAPORACION Y LOS USOS CONSUNTIVOS DEL CULTIVO.

101

MESES:	LAMINAS APLICADAS INCLUYENDO RIEGOS MAS EL 70 % DE LAS LLUVIAS. mm.					LAMINAS SEGUN EL 80 % DEL EVAP. DE TANQUE A. mm.	U.C. mm.
1972.	A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	T		
Junio.	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	144.2	115.9
Julio.	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	90.8	117.1
Agosto.	158.2	158.2	158.2	158.2	158.2	59.0	111.4
Sept.	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	42.5	103.3
Oct.	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	76.1	97.3
Nov.	145.0	133.0	0.0	0.0	0.0	94.0	82.5
Dic.	64.4	84.0	79.1	4.1	642.5	62.3	82.0
1973.							
Enero.	58.7	69.4	150.7	200.7	0.7	71.5	81.7
Feb.	70.3	65.6	80.3	205.3	5.3	83.1	77.1
Mar.	62.0	91.0	75.0	100.0	342.7	140.1	87.7
Abx.	83.5	79.0	75.0	100.0	0.0	182.2	95.5
Mayo.	78.6	0.0	75.0	0.0	406.1	184.8	106.7
Jun.	139.2	139.2	139.2	139.2	139.2	91.9	109.6
Jul.	185.5	185.5	185.5	185.5	185.5	72.0	105.6
Ago.	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	93.6	103.7
Sept.	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	86.3	94.2
Oct.	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	83.1	93.1
Nov.	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	76.0	82.1
Dic.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.4	81.8
SUMAS:	1,613.9	1,573.4	1,586.5	1,661.5	2,448.6	1,806.9	1,828.3

En el Cuadro 9 se informan las cifras sobre lámi -  
nas de agua realmente aplicadas en los riegos de auxi -  
lio, en cada lote del experimento; así como las precipi -  
taciones registradas en el desarrollo de la investiga -  
ción; las precipitaciones aprovechables en el 70 %, las  
láminas aplicadas más el 70 % de las lluvias acumuladas,  
el uso consuntivo mensual, el 80 % de la evaporación men -  
sual registrada en el evaporómetro de tanque Tipo A y -  
la evaporación acumulada durante el ejercicio del expe -  
rimento. Los datos de referencia se interpretan mejor -  
por medio de las gráficas 1 y 2 que se anexan y cuyo -  
significado se detalla a continuación.

REPRESENTACION GRAFICA DE LAS LAMINAS BRUTAS, A -  
PLICADAS POR MES EN CADA LOTE, EL USO CONSUNTIVO, EL -  
80 % DE LA EVAPORACION Y LAS LAMINAS ACUMULADAS DURANTE  
EL PERIODO DE LA EXPERIMENTACION.

En la Gráfica del Anexo 1 se indican las láminas  
acumuladas que fueron proporcionadas a cada lote y al -  
compararlas con el uso consuntivo del cultivo y el 80 %  
de la evaporación, se nota que las gráficas correspon -  
dientes a los lotes de lámina controlada A y B, de as -  
persión C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, se mantuvieron aproximadamente igual y  
próximas a las necesidades del cultivo, según el uso -  
consuntivo; en cambio, en la Gráfica del lote testigo T

la lámina aplicada está muy fuera de lo normal; de donde se concluye que los intervalos de riego cuando no son controlados, según el contenido de humedad en el suelo, provocan limitaciones de agua que afectan el desarrollo y los resultados de cosecha son menos halagadores.

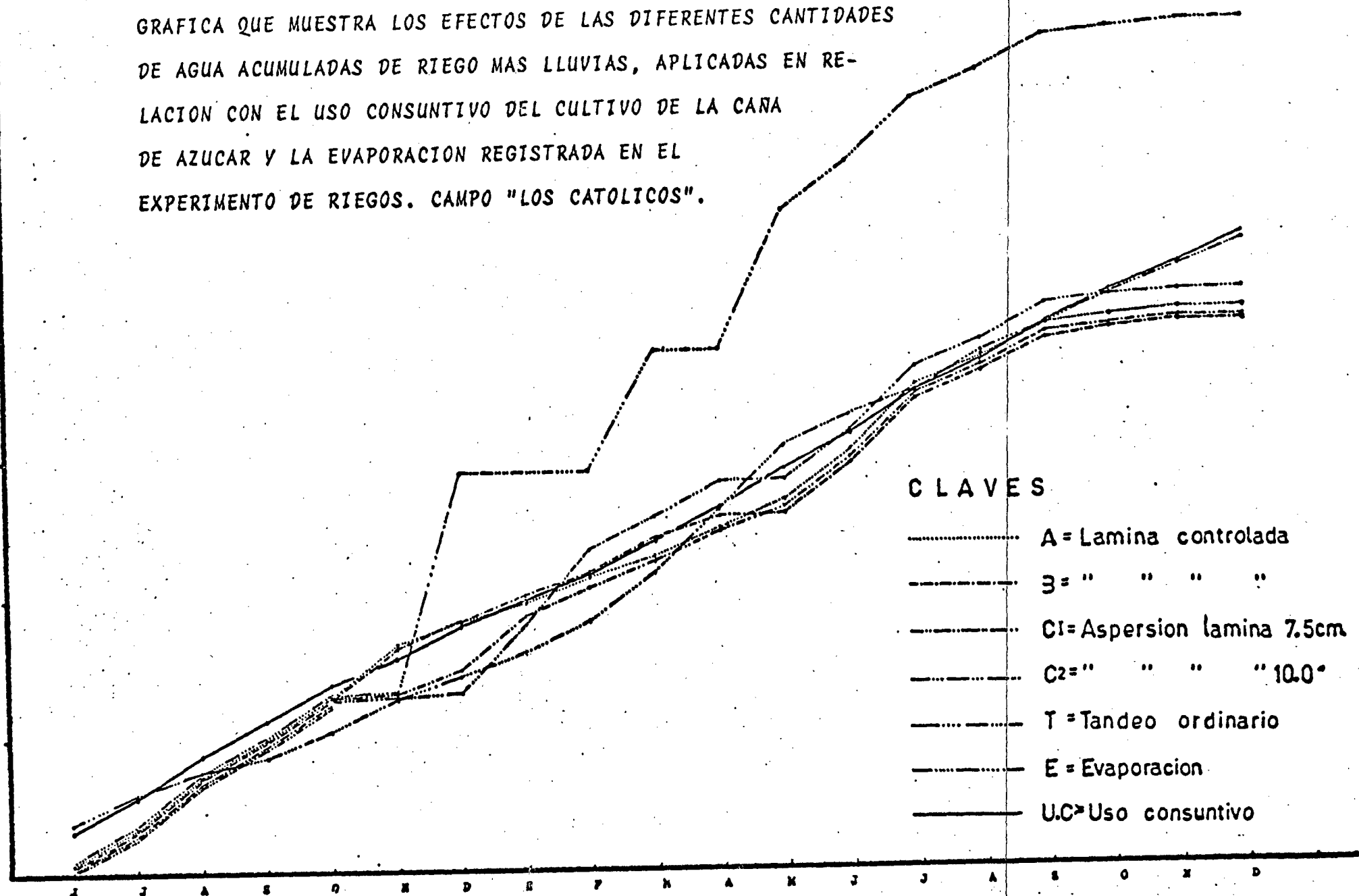
En la Gráfica del Anexo 2, se aprecia la disparidad de las láminas aplicadas por lote en cada mes al compararlas con el uso consuntivo del cultivo (Blanney y Criddle) y con el 80 % de la evaporación registrada en el evaporómetro de tanque tipo A. Se observa además que los lotes testigo T, fueron los que no recibieron oportunamente los riegos de auxilio, aunque se le suministraron láminas de agua elevadas por riego. Sin embargo, un dato importante en esta gráfica es la secuencia sobre las normas sugeridas en el proyecto del experimento.

CUADRO.9 RESUMEN DE LAS LAMINAS BRUTAS APLICADAS EN LOS LOTES A, B, C, C<sub>1</sub>, T, EN EL EXPERIMENTO DE RIEGOS. CAMPO "LOS CATOLICOS". ASI COMO LAS PRECIPITACIONES Y USOS CONSUNTIVOS DE LA CAÑA DE AZUCAR Y EVAPORACION REGISTRADAS DESDE LA INICIACION DE LA SIEMBRA, ZONA STA. CRUZ, INGENIO TAMAZULA, JAL.

AÑO	MESES	LAMINAS BRUTAS APLICADAS EN m.m.					PRECIPIT. EN m.m.	PRECIPIT. (070) EN m.m.	LAMINAS APLICADAS • 070 (LLUVIAS EN m.m.)					LAMINAS APLICADAS • 070 (LLUVIAS) ACUMULADAS mm.					U.C. m.m.	U. C. ACUMULA LADO mm.	80% DE LA EVAPORACION EN m.m. DE Tarea tipo A	50% EVAPORACION ACUMULADA EN m.m.	
		A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	T			A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	T	A	B	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	T					
1972	JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	35.5	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8	115.9	115.9	144.2	155.2
1972	JULIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	140.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	122.8	122.8	122.8	122.8	122.8	117.1	233.0	90.8	235.0	
1972	AGOSTO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	226.0	158.2	158.2	158.2	158.2	158.2	158.2	281.0	281.0	281.0	281.0	281.0	111.4	344.4	59.0	295.0	
1972	SEPTIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	160.0	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	112.0	393.0	393.0	393.0	393.0	393.0	103.3	447.7	42.5	336.5	
1972	OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	175.1	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	122.6	515.6	515.6	515.6	515.6	515.6	97.3	545.0	76.1	412.6	
1972	NOVIEMBRE	14.5	133.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.5	133.0	0.0	0.0	0.0	660.6	648.6	515.6	515.6	515.6	82.5	627.5	94.0	506.6	
1972	DICIEMBRE	60.3	79.9	75.0	0.0	638.4	5.8	4.1	64.4	84.0	79.1	4.1	642.5	725.0	732.6	594.7	519.7	115.8	82.0	709.5	62.3	565.9	
1973	ENERO	58.0	68.7	150.0	200.0	0.0	1.0	0.7	58.7	69.4	150.7	200.7	0.7	783.7	802.0	745.4	720.4	115.8	81.7	791.2	71.5	640.4	
1973	FEBRERO	65.0	60.3	75.0	200.0	0.0	7.5	5.3	70.3	65.6	80.3	205.3	5.3	854.0	867.6	825.7	925.7	116.4	77.1	868.3	83.1	723.5	
1973	MARZO	62.0	91.0	75.0	100.0	342.7	0.0	0.0	62.0	91.0	75.0	100.0	342.7	916.0	958.6	900.7	1025.7	1506.8	87.7	956.0	140.1	863.5	
1973	ABRIL	83.5	79.0	75.0	100.0	0.0	0.0	0.0	83.5	79.0	75.0	100.0	0.0	999.5	1037.6	975.7	1125.7	1506.8	95.5	1051.5	162.2	1045.8	
1973	MAYO	78.6	0.0	75.0	0.0	406.0	0.0	0.0	78.6	0.0	75.0	0.0	406.0	1078.1	1037.6	1050.7	1125.7	1912.8	106.7	1158.2	184.8	1230.6	
1973	JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	198.9	139.2	139.2	139.2	139.2	139.2	139.2	1217.3	1176.8	1189.9	1264.9	2052.0	109.6	1267.8	91.9	1322.5	
1973	JULIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	265.0	185.5	185.5	185.5	185.5	185.5	185.5	1402.8	1362.3	1375.4	1450.4	2237.5	105.6	1373.4	72.0	1324.5	
1973	AGOSTO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	109.1	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	76.4	1479.2	1438.7	1451.8	1526.8	2313.9	103.7	1477.1	93.6	1428.1	
1973	SEPTIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	139.0	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	97.3	1576.5	1536.0	1549.1	1624.1	2411.2	94.2	1571.3	86.3	1574.4	
1973	OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	23.5	1600.0	1559.5	1572.6	1647.6	2434.7	93.1	1664.4	83.1	1657.5	
1973	NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.8	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	1613.9	1573.4	1586.5	1661.5	2448.6	82.1	1746.5	76.0	1733.5	
1973	DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1613.9	1573.4	1586.5	1661.5	2448.6	81.8	1828.3	73.4	1806.9	

GRAFICA QUE MUESTRA LOS EFECTOS DE LAS DIFERENTES CANTIDADES DE AGUA ACUMULADAS DE RIEGO MAS LLUVIAS, APLICADAS EN RELACION CON EL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO DE LA CANA DE AZUCAR Y LA EVAPORACION REGISTRADA EN EL EXPERIMENTO DE RIEGOS. CAMPO "LOS CATOLICOS".

Laminas en Cr.



**CLAVES**

- ..... A = Lamina controlada
- B = " " " "
- C1 = Aspersión lamina 7.5cm
- C2 = " " " " 10.0"
- T = Tandeo ordinario
- E = Evaporación
- U.C = Uso consuntivo

Láminas Cm.

600

400

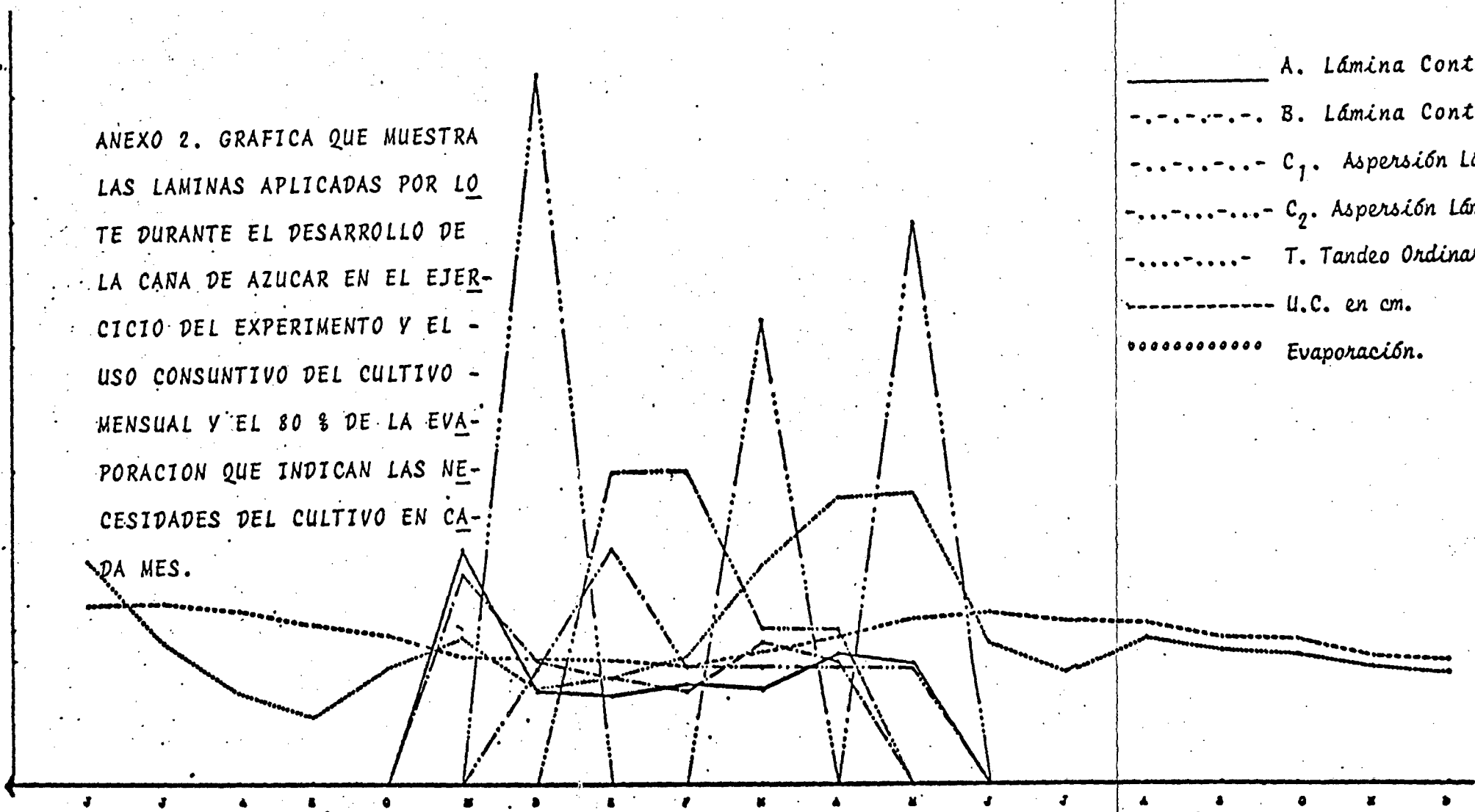
200

200

100

ANEXO 2. GRAFICA QUE MUESTRA LAS LAMINAS APLICADAS POR LOTE DURANTE EL DESARROLLO DE LA CANA DE AZUCAR EN EL EJERCICIO DEL EXPERIMENTO Y EL USO CONSUNTIVO DEL CULTIVO MENSUAL Y EL 80 % DE LA EVAPORACION QUE INDICAN LAS NECESIDADES DEL CULTIVO EN CADA MES.

- A. Lámina Controlada.
- .-.-.-.- B. Lámina Controlada.
- .-.-.-.- C<sub>1</sub>. Aspersión Lámina 7.5 cm.
- .-.-.-.- C<sub>2</sub>. Aspersión Lámina 10.0 cm.
- .-.-.-.- T. Tandeo Ordinario.
- .-.-.-.- U.C. en cm.
- ooooooooo Evaporación.



**CAPITULO VI**

**COSTO DEL EXPERIMENTO.**



## 1). DATOS GENERALES DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

El costo de producción incluye desde la preparación del terreno, siembra, semilla, fertilización, labores culturales, etc. Por Ha.:	\$ 4,749.87
Derecho de agua de riego. Por millar de m <sup>3</sup> .	" 41.52
Obras medidoras (vertedores fijos). Ha.	" 94.42
Conservación de regaderas y callejones en el campo experimental. Ha.	" 843.71

2). COSTO DE LA APLICACION DEL RIEGO -  
POR LOTES:

Lote A, de lámina controlada. Costo de aplicación de 7 riegos con un volúmen de agua total utilizada de 5,524 m <sup>3</sup> . Ha.	" 238.21
Lote B, de lámina controlada. Costo de aplicación de 6 riegos con un volúmen de agua total utilizada de 5,119 m <sup>3</sup> . Ha.	" 244.00
Lote C <sub>1</sub> , riego de aspersión. Costo de aplicación de 6 riegos con un volúmen de agua total utilizada de 5,250 m <sup>3</sup> . Ha.	" 449.40
Lote C <sub>2</sub> , riego de aspersión. Costo de aplicación de 4 riegos con un volúmen de agua total utilizada de 6,000 m <sup>3</sup> . Ha.	" 444.12
Lote T, de tandeo ordinario. Costo de aplicación	

ción de 3 riegos con un volúmen de agua total utilizada de 13,871 m<sup>3</sup>. Ha. \$ 203.10

En el caso de riego por aspersión (Lotes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>), el costo de la aplicación del riego por hectárea incluye aplicación y consumo de combustible.

#### COSECHA.

La cosecha se llevó a cabo cuando la caña tenía la edad de 18 meses y los datos de laboratorio que se obtuvieron aparecen en el Cuadro No. 10.

El muestreo para estos análisis se hizo el 28 de noviembre de 1973 y la cosecha se inició el 2 de Diciembre terminándose el 10 de Diciembre de 1973.

El dato del derecho de agua de riego se determinó al considerar \$ 0.75/Ha-riego, en base a los tres riegos del lot- testigo que consumieron 13,871 m<sup>3</sup>.

CUADRO No. 10. RESULTADOS DE LOS ANALISIS SOBRE CONTROL DE MADUREZ DE LA CANA Y RENDIMIENTO DE CAMPO EN LOS LOTES DEL EXPERIMENTO.

LOTES:	SUP. Has.	% HUMEDAD SEC. 8-10	BRIX.	SACAROSA.	PUREZA	% FIBRA.	REND. CANA TONS./Ha.
A	7.22	80.4	16.72	13.81	82.59	12.25	192.0
B	9.99	81.8	16.82	13.90	82.63	10.10	157.2
C <sub>1</sub>	2.56	80.1	15.16	11.85	78.16	9.32	167.9
C <sub>2</sub>	2.56	78.6	14.81	11.03	74.47	9.40	162.9
T	2.56	80.5	14.44	11.46	79.38	9.90	138.0

## OTROS DATOS DE COSECHA.

Costo del corte de la caña.	\$ 5.50/Ton.
Costo del acarreo de la caña.	" 11.00/Ton.
Valor de la caña producida.	" 83.18/Ton.
Rendimiento de garantía en fáb.	" 9.05 %

ANALISIS DE COSTOS TOTALES POR HECTAREA EN CADA -  
LOTE Y VALOR DE LA PRODUCCION.

## a). Lote A de Lámina controlada:

I. Costo de producción, que incluye desde la preparación del terreno, siembra, fertilizante, - fertilización, labores culturales, etc.	\$ 4,749.87
II). Obras medidores (Vertedores)	" 94.42
III). Conservación de regaderas y callejones.	" 843.71
IV). Derecho del agua de riego, - por 5,524 m <sup>3</sup> a razón de \$ 41.52 el millar de m <sup>3</sup> .	" 229.35
V). Costo de aplicación de 7 riegos.	" 238.21 \$ 6,155.56

Otros gastos (Cosecha), Lote A:

VI). Costo del corte de 192 Tons. - de caña/Ha. a razón de \$ 5.50 - Ton.	\$ 1,056.00
VII). Costo del acarreo de 192 Tons. de caña/Ha. a razón de \$ 11.00	" 2,112.00 \$ 3,168.00
Suma total de gastos de produc- ción/Ha., desde la siembra hasta la cosecha en el lote A de lámi- na controlada.	\$ 9,323.56
Valor de la producción en el lo- te A de 192 Tons./Ha. a razón de \$ 83.18/Ton.	" 15,970.56
Ganancia para el cañero en el lo- te A por hectárea.	" 6,647.00

En la cuantificación de los siguientes lotes, se si-  
guen las mismas normas que en el caso del lote A, con la  
diferencia de los datos de cosecha y volúmenes de agua -  
utilizados.

b). Lote B de lámina controlada:

I). Costo de producción.	\$ 4,747.87
II). Obras medidoras.	" 94.42
III). Conservación de regaderas y - callejones.	" 843.71

IV). Derecho de agua (5,119 m <sup>3</sup> ).	\$	212.54	
V). Costo de aplicación del agua.	"	244.00	\$ 6,144.54
VI). Costo del corte de 157.2 Tons.			
de caña/Ha. a razón de \$5.50	"	864.60	
VII). Costo del acarreo de 157.2-Tons. de caña/Ha. a razón de -			
\$ 11.00/Ton.	"	1,729.20	\$ 2,593.80
Suma total de gastos de producción/Ha. desde la siembra hasta - la cosecha en el lote B de lámina controlada.			\$ 8,738.34
Valor de la producción en el - lote B de 157.27 Ton/Ha. a razón de \$ 83.18/Ton.			"13,075.90
Ganancia para el cañero en el - lote B por hectárea.			" 4,337.56
c). Lote C <sub>1</sub> , riego por aspersión con lámina de 75 mm/riego.			
I). Costo de producción.	\$	4,749.87	
II). Obras medidoras.	"	94.42	
III). Conservación de regaderas y callejones.	"	843.71	
IV). Derecho de agua (5,250 m <sup>3</sup> ).	"	217.98	
V). Costo de aplicación del agua.	"	449.40	\$ 6,355.38.

Otros gastos (cosecha), lote C<sub>2</sub>:

VI). Costo del corte de 162.9 Tons. de caña/Ha. a razón de \$ 5.50	\$ 895.95
VII). Costo del acarreo de 162.9 - Tons. de caña/Ha. a razón de - \$ 11.00/Ton.	" 1,791.90 \$ 2,687.85

Suma total de gastos de la pro-  
ducción por hectárea, desde la si-  
embra hasta la cosecha en el lo-  
te C<sub>2</sub>.

" 9,069.09

Valor de la producción/Ha. en -  
el lote C<sub>2</sub> de 162.9 Tons. de caña/  
Ha. a razón de \$ 83.18/Ton.

"13,550.02

Ganancia para el cañero en el -  
lote C<sub>2</sub>/Ha.

" 4,480.93

e). Lote T, de riego por tandeo  
ordinario:

I). Costo de producción.	\$ 4,749.87
II). Obras medidoras.	" 94.42
III). Conservación de regaderas y callejones.	" 843.71

IV). Derecho de agua (13,871 m <sup>3</sup> ).	\$	575.92
V). Costo de aplicación del agua.	"	203.10 \$ 6,467.02
Otros gastos (Cosecha, lote T)		
VI). Costo del corte de 138 Tons. de caña/Ha. a razón de \$ 5.50	"	759.00
VII). Costo del acarreo de 138 - Tons. de caña/Ha. a razón de \$ 11.00/Ton.	"	1,518.00 \$ 2,277.00

Suma total de gastos de la producción/Ha. desde la siembra hasta la cosecha en el lote T (Testigo).

" 8,744.02

Valor de la producción por hectárea en el lote T de 139 Tons. de caña/Ha. a razón de \$ 83.18/Ton.

" 11,478.84

Ganancia para el cañero en el lote T por Ha.

" 2,734.82



## CAPITULO VII

### RESUMEN DEL ANALISIS DE RESULTADOS.

- Interpretación del Análisis de -  
Resultados.

## RESUMEN DEL ANALISIS DE RESULTADOS.

Para comprender mejor el análisis de costos en la producción de cada lote, el valor de la producción y las ganancias que obtiene el agricultor, en el Cuadro No. 11 se anotan las cifras que se han considerado para obtener las conclusiones de los resultados.

CUADRO No. 11. RESUMEN GENERAL DE LOS COSTOS DE PRODUCCION EN PESOS (\$) POR HECTAREA, SEGUN TRATAMIENTOS DESDE LA SIEMBRA HASTA LA COSECHA, VALOR DE LA PRODUCCION Y LAS GANANCIAS DEL AGRICULTOR.

LOTES:	COSTO DE PRODUC.	DERECHO DE A. Y APL.	OBRA ME DIDORAS.	CONSERV. DE REG. Y CALLEJ.
A	4,749.87	467.56	94.42	843.71
B	4,749.87	456.54	94.42	843.71
C <sub>1</sub>	4,749.87	667.38	94.42	843.71
C <sub>2</sub>	4,749.87	693.24	94.42	843.71
T	4,749.87	779.02	94.42	843.71
	Conte y Ac. caña.	Total gastos.	Valor de Produc.	Ganancia:
A	3,168.00	9,323.56	15,970.56	6,647.00
B	2,593.80	8,738.34	13,075.90	4,337.56
C <sub>1</sub>	2,770.35	9,125.73	13,965.92	4,840.19
C <sub>2</sub>	2,687.85	9,069.09	13,550.02	4,480.93

T	2,277.00	8,744.02	11,478.84	2,734.82
---	----------	----------	-----------	----------

---

Del Cuadro No. 11 y sobre la columna de ganancias se concluye que:

a). El lote A produjo mayores utilidades con respecto al lote B en 34.75 %; con relación al lote  $C_1$ , en 33.2 %; con el lote  $C_2$  en 32.59 %; con respecto al testigo (T) en 58.9 %.

b). En los lotes B,  $C_1$  y  $C_2$ , la utilidad en ganancias reporta una reducida diferencia significativa, por lo que no hubo necesidad de determinar los porcentos de esas diferencias.

c). Para el caso de los lotes B,  $C_1$  y  $C_2$ , con relación al lote testigo (T), resultaron superiores en utilidad para el cañero, según los porcentos siguientes:

B mayor que T, en 37.0 %

$C_1$  mayor que T en 43.5 %

$C_2$  mayor que T en 39.0 %

## INTERPRETACION DEL ANALISIS DE RESULTADOS.

El lote A de lámina controlada produjo mayor rendimiento de campo y utilidad en relación con los otros lotes y esto fue debido a que las prácticas del riego a nivel parcelario se aproximaron efectivamente a las indicaciones del proyecto. Además, se pudieron controlar las láminas de agua aplicadas, tanto en cantidad como en uniformidad, por la longitud y pendiente de la surcada. Los intervalos también se ajustaron a las normas indicadas, con base en los porcentos de humedad en el suelo.

En el lote B se tuvieron muchos problemas en el control del agua de riego a nivel parcelario, debido a que la surcada no se hizo de acuerdo con la técnica indicada y esto ocasionó que las láminas de riego aplicadas, no fueran uniformes y consecuentemente el cultivo no recibió la misma cantidad de agua a lo largo de la surcada. Este lote se castigó en la etapa de maduración por falta de agua; sin embargo, se logró mayor utilidad que en el lote testigo, lo que se debió al mayor número de riegos con intervalos más convenientes.

En los lotes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> hay muy poca diferencia en utilidad entre ellos; se juzga entonces que las láminas -

de 75 y 100 mm. de agua por riego, prácticamente no son significativas. Con respecto a los otros lotes con lámina controlada y en especial con el lote A, la diferencia se debe a que en el caso del riego por aspersión en los lotes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub>, difícilmente se pudo cumplir con las normas de proyecto por fallas mecánicas, tanto del motor como de la bomba. Esto originó la falta de riegos oportunos. También se tuvieron castigos por estas fallas y falta del agua de riego.

El lote T indudablemente que recibió más agua durante el desarrollo de la caña; sin embargo, a falta del control del agua a nivel parcelario y con intervalos fuera de lo normal; ésta fue la causa principal de la diferencia de rendimientos con los otros lotes. La secuencia de los riegos de cada lote se detalla en el Cuadro No. 9. Por otra parte, las gráficas de las láminas de agua aplicadas y la acumulación en cada lote, se anexan en este informe, cuya interpretación quedó indicada.

#### ANALISIS DE COSTOS POR HECTAREA-RIEGO.

Para visualizar mejor sobre el costo del riego de cada lote, es necesario resumir por separado este concepto, a fin de relacionar el número de riegos y lámina de-

agua aplicada con los rendimientos. Tales cifras se anotan en el Cuadro No. 12.

En el Cuadro No. 12 se informa la ventaja que se tiene al controlar el agua de riego a nivel parcelario, - ya que al comparar las toneladas de caña necesarias para pagar el riego entre los lotes A y B de lámina controlada, con el lote testigo, se logra un ahorro hasta de 40.68 %. En el caso de los lotes de aspersión no se gana gran cosa, debido a que en los lotes de aspersión se tienen otros gastos en la aplicación del riego; sin embargo, a pesar de esta diferencia, aún se tiene ganancia al comparar los rendimientos totales indicados.

CUADRO No. 12. DATOS COMPARATIVOS SOBRE EL CONSUMO DE AGUA (INCLUYENDO DERECHO Y APLICACION) Y RENDIMIENTO DE CAÑA EN LAS 3 MODALIDADES DEL RIEGO EXPERIMENTAL.

LOTES:	REND. TONS. CAÑA/HA.	VOL. DE AGUA UTILIZADA M <sup>3</sup> /Ha.	COSTO Ha/ RIEGO \$.	TONS. CAÑA NEC. P/PAGAR LOS RIEGOS.	% DEL RENDIMIE TO TOTAL P/PA - GAR RIEGO.
A	192.0	5,524	467.56	5.621	2.9
B	157.2	5,119	456.54	5.490	3.5
C <sub>1</sub>	167.9	5,250	667.38	8.023	4.8
C <sub>2</sub>	162.9	6,000	693.24	8.334	5.0
T	138.0	13,871	779.02	9.365	6.8

\* Valor de la producción: \$ 83.18/Ton. de caña.

Del volúmen de agua utilizada por hectárea y al considerar el número de riegos que se practicó en cada lote, se obtienen las láminas promedio aplicadas. Las cifras resultantes se anotan en el Cuadro No. 13.

CUADRO 13. LAMINAS MEDIAS RESULTANTES QUE FUERON APLICADAS EN CADA LOTE.

LOTES:	VOL. DE AGUA UTILIZADA - m <sup>3</sup> /Ha.	No. DE RIEGOS PRACTICADOS.	LAMINAS MEDIA APLICADA/RIEGO cm.
A	5,524	7	7.9
B	5,119	6	8.5
C <sub>1</sub>	5,250	6	7.5
C <sub>2</sub>	6,000	4	10.0
T	13,871	3	46.2

El Cuadro No. 13 muestra que con la lámina usada en el lote T y las láminas utilizadas en los otros lo - tes, fácilmente se pueden practicar de 4 a 6 riegos, - con los resultados ya mencionados.



**CAPITULO VIII**

**CONCLUSIONES Y RESULTADOS  
DEL EXPERIMENTO DE  
RIEGOS.**

PRIMERA. El ahorro del agua de riego en volúmen, en este experimento, con los lotes A, B, C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, de lámina controlada y de aspersión, al compararse con el consumo en el lote T testigo, que fueron 5,524 m<sup>3</sup> y 5,119 m<sup>3</sup> en los lotes A y B de lámina controlada y de 5,250 y 6,000 m<sup>3</sup> en los lotes C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>; donde se practicó el riego por aspersión y mientras que en el lote testigo T fue de 13,871 m<sup>3</sup>, produjeron diferencias significativas, que se confirman aún más al juzgar el número de riegos.

SEGUNDA. Las láminas de agua aplicadas por riego y por lote, aparecen en el Cuadro No. 9. En los lotes A y B de lámina controlada y C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, de aspersión, al compararse con la lámina del lote testigo T, evidencia que con el agua gastada en un riego del lote testigo, fácilmente pueden darse de 4 a 6 riegos al controlar el agua a nivel parcelario, suministrándola oportunamente, según las necesidades del cultivo.

TERCERA. Se ha demostrado que sin control del riego, los efectos en la cosecha son más bien deficientes a diferencia de cuando se hace una planeación e

ficiente, con intervalos de riego bien definidos y con un manejo adecuado del agua a nivel parcelario.

CUARTA. El uso consuntivo del cultivo de la caña y las constantes de humedad de los suelos, referidas a su capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente y agua aprovechable, son datos fundamentales para controlar los intervalos de riego, lo que implica que estos factores representen un papel importante en la aplicación del riego y al conocer la distribución de las precipitaciones en los meses del año.

QUINTA. Los riegos de lámina controlada en este experimento, mostraron que las ganancias en pesos -- fueron superiores a los de aspersión y la diferencia se debe principalmente a que en los riegos por aspersión se tuvieron problemas; lo que ocasionó dar los riegos extemporáneos, además de que el viento provocó interrupciones en los riegos normales y en consecuencia, las láminas aplicadas no fueron uniformes; por lo que deben considerarse estos antecedentes. Cuando se practica este método, sin embargo, -

aun con estas limitaciones se garantiza la in-versión del riego cuando se compara con el tan-deo ordinario.

SEXTA. El agua disponible al no ser cuantificada, fue otro de los factores limitantes en las prácti-cas del riego en este experimento, debido a que en algunas ocasiones, se castigó temporal-mente a la caña, porque se alargó el intervalo de riegos.

SEPTIMA. Al comparar las láminas de agua totales aplicadas, que incluye a los riegos más el 70 % de las lluvias en los lotes A y B, de lámina controlada (1,617.1 y 1,576.6 mm respectivamente), se nota poca diferencia que representa apenas el 2.54 %; en cambio, el rendimiento entoneladas de caña por hectárea fue de 34.75 %. La diferencia se debió principalmente a que en el lote A de lámina controlada, los riegos fueron más oportunos (véase la gráfica del anexo-2) y con láminas uniformes en toda la superfi-cie, sin embargo en el lote B también de lámi-na controlada, no fue posible realizar las mis-mas circunstancias, debido a que la surcada, -

tanto en sentido como en longitud y pendiente, no estaban en la forma adecuada.

OCTAVA. En los lotes  $C_1$  y  $C_2$  de aspersión, con láminas-totales aplicadas de 1,589.7 y 1,664.7 mm., - respectivamente, hubo poca diferencia en rendimiento y esto queda definido por las toneladas de caña por hectárea. Esto muestra nuevamente que los riegos deben ser oportunos, ya que en el desarrollo del experimento se tuvieron mu-chos problemas al aplicar el riego por descomposturas del equipo de bombeo o a la presencia de los vientos y falta de agua disponible.

NOVENA. En el lote Testigo T, de tandeo ordinario, fue donde se aplicó mayor lámina de agua total; o sean 2,451.8 mm, que representa en promedio, - con respecto a los otros lotes, una demasía - del 34.3 %; por otra parte, el rendimiento en promedio de caña en toneladas por hectárea, - fue inferior en 20.23 %; lo que traducido en - pesos a favor del agricultor, corresponde al - 46.13 %.

DECIMA. Los rendimientos logrados en toneladas de caña-


en el total de los lotes del experimento de riego, fueron en el orden siguiente:

Lote A de lámina controlada:	192.0 Ton/Ha.
Lote B de lámina controlada:	157.2 Ton/Ha.
Lote C <sub>1</sub> con riego de aspersion:	167.9 Ton/Ha.
Lote C <sub>2</sub> con riego de aspersion:	162.2 Ton/Ha.
Lote T de tandeo ordinario:	138.0 Ton/Ha.

La ganancia líquida para el agricultor cañero por Ha. y por lote, con el valor de liquidación de: \$ 83.18/Ton. de caña, fue como sigue:

Lote A de lámina controlada:	\$ 6,647.00
Lote B de lámina controlada:	4,337.56
Lote C <sub>1</sub> con aspersion.	4,840.19
Lote C <sub>2</sub> con aspersion.	4,480.93
Lote T de tandeo ordinario:	2,734.82

Con estos datos sobre ganancias del agricultor cañero queda demostrado que al controlar el agua de riego a nivel parcelario, se garantiza el beneficio.



ESCUELA DE INGENIERIA  
BIBLIOTECA

CAPITULO IX

RECOMENDACIONES DEDUCIDAS DEL  
EXPERIMENTO DE RIEGOS.

PRIMERA. Es indispensable registrar la distribución de las lluvias mensuales, conocer el volumen de agua disponible, las constantes de humedad de los suelos y el uso consuntivo del cultivo, para programar los riegos en forma ordenada, de acuerdo con el calendario que resulte, según la disponibilidad de agua y el área de riego.

SEGUNDA. Por tener limitaciones del agua utilizable en la zona de aportación cañera del Ingenio de Tamazula, es necesario evitar las pérdidas de agua en la red de conducción y para que los programas de riego se hagan en función del agua que llega hasta las parcelas.

TERCERA. Los terrenos por sembrarse con caña, deben prepararse en forma adecuada para recibir el riego, lo que se relaciona principalmente con la topografía del terreno, la pendiente general, la longitud de los surcos, la localización de regaderas alimentadoras y parcelarias y con los puntos estratégicos para medir el agua que llega a la parcela.

CUARTA. Una vez entregada el agua a la parcela, ésta de



be manejarse adecuadamente para que la planta disponga de la humedad necesaria para su desarrollo normal. Esto también tiene relación con el poder de retención de humedad de los suelos con la velocidad de infiltración, con la pericia del regador, con el volúmen de agua entregada en el surco, con el tiempo de riego por unidad de superficie y evitar en todo lo posible las pérdidas de agua por escurrimiento superficial y percolación profunda.

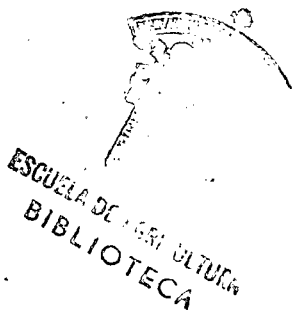
QUINTA. El factor limitante más significativo para indicar los intervalos de riego, es el agua aprovechable de los suelos en un momento dado y el uso consuntivo del cultivo, de tal manera que la frecuencia de los riegos esté en función del agua extraída de los suelos por la evapotranspiración y evitar hasta donde sea posible no llegar al punto de marchitamiento permanente. Sobre el particular se aconseja dar el siguiente riego cuando la humedad del agua aprovechable en el suelo todavía es cuando menos del 33 %; o sea cuando se haya agotado las 2/3 partes del agua en relación a la capacidad de campo.

SEXTA. La disciplina del usuario es otro factor limitante en el manejo del agua de riego a nivel parcelario. En este experimento se demostró que la falta de disciplina puede provocar serios problemas, tales como la falta de uniformidad en la aplicación del agua de riego de tandeo ordinario, la suspensión temporal del riego, mayores volúmenes aplicados, mayor costo por aplicación y en general, desajustes en el calendario de riegos.

SEPTIMA. En particular para la zona de aportación cañera del Ingenio Tamazula, al adoptar las técnicas más convenientes, según las experiencias registradas, se pueden dar de 4 a 6 riegos más con mejores resultados de rendimiento en la cosecha.

OCTAVA. Finalmente, el logro de los resultados que se informan sobre este experimento, se debió también a la constante vigilancia en las prácticas del riego y esto indica la necesidad de utilizar a un técnico para el desarrollo de estos trabajos, con la ventaja de que no únicamente se lograrán beneficios del agua de riego,

sino que se controlará la eficiencia del aprovechamiento de los fertilizantes, se evitará la erosión del suelo, se mejorará el control en el sistema de drenaje, se impedirá la salinidad de los suelos en el futuro, se controlarán las malas yerbas y en general, se supervisarán mejor todos los trabajos en el cultivo de la caña de azúcar.



## B I B L I O G R A F I A

1. NECESIDADES DE RIEGO PARA LA CAÑA DE AZUCAR EN MEXICO.

I.M.P.A. Dr. Bonifacio Ortiz Villanueva. 1969.

\* \* \*

2. PRACTICAS DE RIEGO A NIVEL PARCELARIO EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR.

I.M.P.A. Ing. Carlos I. Pascual Pacheco. 1971.

\* \* \*

3. EL CLIMA DE LA CAÑA DE AZUCAR EN MEXICO.

Dirección General de la Caña de Azúcar

\* \* \*

4. EL RIEGO POR ASPERSION.

J. d'AT. de SAINT-FOOLC. 1972.

\* \* \*

5. PRINCIPIOS Y APLICACIONES DEL RIEGO.

Israelsen Hansen. 1965.

\* \* \*

6. EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR.

Roger P. Humbert. 1974.

\* \* \*

7. MANUAL DE CAMPO EN CAÑA DE AZUCAR.

Ing. Alfonso García Espinoza.

C.N.I.A. - I.M.P.A. 1973.

\* \* \*

8. SAZONADO Y MADURACION DE LA CAÑA DE AZUCAR.

Ing. Alfonso González Gallardo. 1973.

\* \* \*

9. COMPENDIO DEL LIBRO DEL DR. R.P. HUMBERT.

Ing. Alfonso González G.

I.M.P.A. 1963.

\* \* \*

10. CULTIVO COMERCIAL DE LA CAÑA DE AZUCAR.

Ing. Salvador Luján Córdoba.

\* \* \*

11. MATERIA PRIMA CAÑA DE AZUCAR.

Dr. Federico Sánchez Navarrete.

1972.

\* \* \*



ESCUELA  
BIBLIOTECA