

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

RECTOR

Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA.

DECANO	Ing. Agr. EDGAR OSWALDO FRANCO RIVERA.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. WALTER ESTUARDO GARCIA TELLO.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA.
VOCAL CUARTO	Br. JACOBO BOLVITO RAMOS.
VOCAL QUINTO	Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO.
SECRETARIO	Ing. Agr. EDIL RENE RODRIGUEZ QUEZADA.

GUATEMALA, OCTUBRE DE 1999.

Guatemala, octubre de 1999.-

Honorable Junta Directiva.
Honorable Tribunal Examinador.
Facultad de Agronomía.
Universidad de San Carlos de Guatemala.

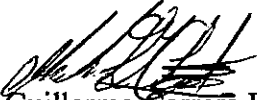
Señores miembros:

De acuerdo con las normas establecidas por la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes, el trabajo de tesis titulado:

DETERMINACION DE PERIODOS ADECUADOS PARA LA SIEMBRA Y APLICACIÓN DE MADURANTES EN CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum* spp.), EN FUNCION DEL RÉGIMEN DE LLUVIAS EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA.

Presentandolo como requisito, previo a optar al titulo de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Atentamente,


Marlon Guillermo Carrera Leal.
9316495

ACTO QUE DEDICO

A:

- DIOS:** Padre Celestial. infinitas gracias por permitirme llegar a tan anhelado momento, el triunfo sin ti no existe.
- LA VIRGEN MARIA Y JESUCRISTO:** Apoyo espiritual que me fortalece, para que me sobreponga a cualquier vivencia.
- MIS PADRES:** Zoila A. Leal Peláez (Q.E.P.D.)
Carlos A. Carrera López.
Amor inmenso desde los cielos y en la tierra, amor que permanecerá siempre en mí. Este logro es una pequeña muestra de amor para ustedes.
- MI ESPOSA:** Ana Patricia Girón Leonardo de Carrera.
Apoyo incondicional en mi vida, este logro te lo dedico como algo de lo todo que deseo dedicarte durante mi vida.
- MI BEBE:** Cambio en mi vida, cambio en amor, ángel que recibimos de nuestro creador.
- MIS HERMANOS:** Carlos Alberto y Oliver Augusto.
Que esto sirva de estímulo para emular o superar este logro.
- MIS ABUELOS:** Con respeto y cariño.
- MI SOBRINA:** María René.
Nueva luz que ilumina a la familia.

**MI FAMILIA
EN GENERAL:**

Gracias por vivir, compartir y disfrutar este
triunfo junto a mi.

MIS AMIGOS:

Juan Loarca, Rony Ixcot, Gustavo Ventura, Carlos
Hernández, Julio Taracena, Rodolfo Alquijay,
Vilma y María Balcárcel.

Gracias por su sincera y auténtica amistad.

TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala: Quienes luchan por ti lo deben hacer con empeño.

La Escuela Nacional Central de Agricultura (E.N.C.A.): Lugar donde forje los cimientos de lo que soy el día de hoy como profesional del agro.

La Universidad de San Carlos de Guatemala (U.S.A.C.) y su Facultad de Agronomía: Agradable será el día en que todos valoren el alimento del saber que hoy nos das.

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICAÑA): Por permitirme y colaborar con la realización de este trabajo.

Mis asesores: Ing. Agr. Walter García Tello.

Ing. Agr. Otto Rene Castro Loarca.

El resultado de su buen juicio se refleja en este documento.

Mis Padrinos de Graduación: Sin duda que cada uno representa, algo significativo en mi vida.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	3
3. MARCO TEORICO.....	4
3.1 Marco Conceptual.....	4
3.1.1 Precipitación.....	4
3.1.2 Distribución de la lluvia	5
3.1.3 Importancia del Balance Hídrico en la exp. Agrícola	7
3.1.4 Bases para el estudio del Balance Hídrico.....	9
3.1.4.1 Evapotranspiración potencial o máximo	10
3.1.4.2 Evapotranspiración real	11
3.1.5 Componentes del Balance Hídrico	11
3.1.6 Probabilidad de lluvia	13
3.1.6.1 Calidad de los datos.....	13
3.1.6.2 Asimetría y homogeneidad de los registros	14
3.1.6.3 Distribución acumulativa	16
3.1.6.4 Distribución Normal	16
3.1.6.5 Distribución de Galton.....	16
3.1.6.6 Distribución Gamma-Incompleta.....	17
3.1.7 Condiciones de humedad necesarias para la aplicación de madurantes.....	17
3.1.8 Factores que afectan la maduración.....	20
3.1.9 La Zonificación agrícola	21
3.1.10 Trabajos de zonificación.....	22
3.1.11 Análisis de criterios.....	26
3.1.11.1 Fecha más probable de entrada del invierno.....	27
3.1.11.2 Precipitaciones de la primera	27
3.1.11.3 Irregularidad de las lluvias de primera.....	28
3.1.11.4 Probabilidad de ocurrencia de una canícula	29
3.1.11.5 Precipitaciones de la postrera.....	29
3.1.11.6 Irregularidad de las lluvias de postrera	30
3.1.11.7 Precipitaciones de Apante	30

3.2 Marco Referencial.....	32
3.2.1 Localización geográfica de la zona cañera	32
3.2.2 Datos climáticos	32
3.2.3 División geográfica.....	32
3.2.4 Zonas de vida	33
3.2.5 Principales características de los suelos de la zona cañera....	33
3.2.6 Clasificación Botánica.....	34
3.2.7 Origen y distribución.....	35
3.2.8 Morfología de la planta	35
3.2.9 La madurez de la caña.....	38
4. OBJETIVOS	40
5. MATERIALES Y METODOS	41
5.1 Metodología	41
5.1.1 Información requerida	43
5.2 Recursos a utilizar	45
6. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
• Estación Tiquisate.....	49
• Estación Retalhuleu.....	50
• Estación Tululá.....	51
• Estación Chojojá.....	52
• Estación Camantulul.....	53
• Estación San José.....	54
• Estación El Chupadero.....	55
• Estación Sabana Grande.....	56
7.CONCLUSIONES.....	57
8. RECOMENDACIONES.....	61
9. BIBLIOGRAFIA.....	63
10. APENDICE.....	65

INDICE DE FIGURAS

Fig 9A. Ubicación geográfica de las estaciones utilizadas y Estratificación altitudinal de la zona cañera de Guatemala.....	66
Fig 10A. Estudio Semidetallado de los suelos de la zona cañera de Guatemala.....	67
Fig 11A. División subregional de la zona cañera de Guatemala.....	68
Fig 12A. Ejemplo de la interpretación de las gráficas de los balances Hídricos.....	69
Fig 13A. Curva de coeficiente de Cultivo (Kc) empleada para el balance hídrico en cada una de las épocas.....	70

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.1 Datos generales de las áreas estudiadas y de las esta- ciones utilizadas para los años seco, normal y húmedo	45
Cuadro No.2 Ejemplo del balance hídrico de una de las estaciones Para el período de estudio de los años seco, normal y húmedo	71
Cuadro No.3 Ejemplo de como se registraron los datos de precipitación de cada año, para cada estación en estudio.....	72

**DETERMINACION DE PERIODOS ADECUADOS PARA LA SIEMBRA Y APLICACION
DE MADURANTES EN CAÑA DE AZUCAR (Saccharum spp.), EN FUNCION DEL
RÉGIMEN DE LLUVIAS EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA.**

**DETERMINATION OF CORRECT PERIODS TO PLANT AND MADURANTS
APPLICATION IN SUGAR CANE CROP (Saccharum spp.), IN RAIN REGIMEN
FUNCTION IN THE SOUTH COAST OF GUATEMALA.**

RESUMEN

Es indiscutible que para lograr los mejores efectos y resultados en cualquier tipo de cultivo, se deben considerar todos los factores que inciden directa o indirectamente en el establecimiento, manejo y desarrollo. Por ello se debe incluir sin duda los aspectos climáticos tales como la precipitación pluvial, que para el presente caso se tomó de los registros de precipitación de 8 estaciones meteorológicas de la zona cañera de Guatemala, escogiendo las mismas debido a que eran las únicas que contaban con por lo menos 18 años de registros. La investigación se desarrolló, debido a que actualmente dentro de la Costa Sur, la información sobre el comportamiento del régimen de lluvias en las actividades de siembra y aplicación de madurantes para el cultivo de la Caña de Azúcar (Saccharum spp.), no ha sido sistematizada, ni agrupada de acuerdo a sus características de uso; para tomar decisiones técnicas para el establecimiento y producción del cultivo.

El estudio se basó en datos de precipitación, evaporación, características edáficas de la zona, las constantes de cultivo Kc y las herramientas que facilitan los Software actuales. Ello facilitó la realización de los balances hídricos, para determinar los períodos en donde se presentan déficit

hídricos, los momentos en que la humedad es apropiada para la siembra y para la aplicación de madurantes, detallando en los meses, cada decadal (períodos de diez días) en que se manifiestan las características anteriormente mencionadas.

Dentro de la distribución subregional que tiene la zona cañera, por estratos altitudinales y regiones (oriental, central y occidental), se encuentran las estaciones meteorológicas seleccionadas, lo que permitió obtener para cada una, los resultados en los años de estudio, que fueron los que se consideran de acuerdo a datos históricos como año seco (1983), normal (1996) y húmedo (1988).

Debido a que el estudio se orienta a la siembra y producción del cultivo en base al régimen de lluvias de la costa sur, el cual comprende en general desde mediados del mes de mayo hasta finales del mes de octubre, es sencillo conocer a través del mismo los déficit hídrico en el período de siembra, el cual generalmente es en junio y por lo tanto las aplicaciones de madurantes deben ser normalmente a principios del mes de noviembre (final de la época lluviosa).

1. INTRODUCCION

El consumo total de agua en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) varía considerablemente entre los diferentes países cañicultores del mundo, debido a diferencias en los ciclos de cultivo. El consumo de agua por año oscila entre 1,200 y 1,500 mm.(24)

El consumo diario de agua de una planta es conocido como evapotranspiración o uso consuntivo que ocurre en los procesos fisiológicos de los cultivos. Cuando el contenido de humedad del suelo es alto, las plantas pueden transpirar a su máxima capacidad y en este momento la evapotranspiración obtenida se conoce como evapotranspiración potencial (ETP). A nivel mundial se han registrado valores máximos de ETP que varían entre 3.7 hasta 15.7 mm/día.(24). La cantidad de agua que el cultivo de la caña de azúcar necesita varía de acuerdo con la etapa de crecimiento, distribución y precipitación pluvial, que en la zona cañera de Guatemala oscilan entre 956 hasta los 4,591 mm anuales. La zona cañera comprende el área que va desde las coordenadas 13° 50', hasta 14° 15' de Latitud Norte; y de 90° 30' a 91° 40' de Longitud Oeste, con rangos altitudinales de 0 hasta los 800 m.s.n.m. (16)

El estudio tuvo como fin determinar los períodos adecuados para la siembra y aplicación de madurantes en el cultivo de la caña de azúcar, en función del régimen de lluvias, considerando para ello el balance hídrico en las zonas donde se obtuvieron los datos de precipitación, para ello se consideraron las estaciones que tienen 18 años de registros de precipitación, las cuales son las estaciones: Tiquisate (Tiquisate), Retalhuleu (Retalhuleu), Sabana Grande (Escuintla), Camantulul (Escuintla), San José (Puerto de San José), El chupadero (Escuintla), Chojaja (Suchitepequez), y Tululá (Ingenio Tululá).

El balance hídrico es un método para medir en forma aproximada la evapotranspiración de un cultivo, e involucra determinaciones periódicas de humedad del suelo en las zonas de raíces, registrando la intervención de la lluvia en los déficit hídricos, las épocas de siembra y maduración del cultivo (24).

En el período de maduración, el crecimiento de la caña se reduce y la planta concentra azúcares en los tallos; por consiguiente, es recomendable conocer los períodos en donde se reduce los contenidos de humedad del suelo, para asegurar la producción de azúcares y el momento de maduración del cultivo. (24)

La investigación pretende poner al alcance tanto de los productores como de los planificadores del cultivo de la caña de azúcar, la información básica y necesaria para tomar la decisión más adecuada, para el establecimiento, desarrollo, manejo y cosecha del cultivo, en el área (342,000 ha) indicada para cada cuadrante identificado en los estratos altitudinales y las subregiones que comprende la zona cañera de Guatemala.

El trabajo se realizó durante el segundo semestre del año 1997 y el año 1998, con la colaboración del Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar (CENGICANÑA).

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente en la costa sur de la república de Guatemala, la información sobre el efecto del régimen de lluvias en las actividades de siembra y aplicación de madurantes para el cultivo de la Caña de Azúcar (Saccharum spp.) no ha sido sistematizada, ni agrupada de acuerdo a sus características de uso. Debido a lo anterior no se han tomado decisiones técnicas en la ubicación de experimentos, los lugares en donde se establecerá el cultivo para la producción y las áreas en donde se debe de establecer riego en diferentes épocas del año, con base en la división geográfica de la zona. Adicional a lo anterior, la zona cañera cuenta con una red de estaciones meteorológicas con cuyos registros por el momento, únicamente se han formado bases de datos con la información de las variables que se miden y registran, sin utilizar los mismos para una planificación apropiada o pronósticos con base en las necesidades del cultivo, que se ubica en lo que comprende la zona cañera de la costa sur de Guatemala.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL:

3.1.1 PRECIPITACIÓN:

En las estadísticas meteorológicas es frecuente agrupar, sin distinción el agua recogida en forma de lluvia, nieve y granizo, con el nombre genérico de **PRECIPITACIÓN**.

Aquí nos referimos a la precipitación como sinónimo de la lluvia. La cantidad de lluvia se expresa como la altura de una capa de agua que se forma sobre un suelo completamente horizontal e impermeable, suponiendo que sobre dicha capa no se produce ninguna evaporación.

La medición de la altura se expresa en milímetros y décimos de milímetro.

Para los estudios de irrigación es importante tener en mente que 1 mm de lluvia precipitada en una hectárea, representa 10 m^3 de agua.

La lluvia se mide con pluviómetros. La lluvia es una de las variables que no puede estimarse como otras variables meteorológicas, ya que la cantidad de lluvia varía en el espacio y en el tiempo.

3.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA:

Los extremos absolutos de la cantidad de lluvia sobre nuestro planeta son:

0.6 mm en Arica (Chile) y 12,990.4 mm en el Monte Waialeale (Hawaii).

Lo anterior nos muestra que la distribución de la lluvia es muy irregular. Sin embargo, esa aparente complejidad, desaparece cuando se analizan los 4 factores siguientes:

1. Latitud.
2. Dirección de los vientos dominantes.
3. Distancia al mar, y
4. Relieve del suelo.

Con respecto a la dirección de los vientos, en el Ecuador existe una especie de choque, el cual provoca una circulación, generándose alrededor del Ecuador una zona de baja presión, la cual ayuda al ascenso del vapor de agua, y a su vez, esto provoca que exista una alta nubosidad y precipitación. Una condición similar ocurre a los 60° de latitud, pero a los 30° de latitud existe lo contrario, la circulación no es hacia arriba sino hacia abajo, esto impide la formación de nubes y por lo tanto de precipitación. Esta zona es considerada de alta presión y es donde se ubican la mayoría de desiertos.

La distancia al mar, influye debido a que la mayor parte de las aguas de lluvia procede de los mares.

Los vientos marinos van descargando su humedad a medida que se internan en los continentes.

El relieve por su parte influye de la forma siguiente: Cuando los vientos húmedos dominantes en una región encuentran una cadena de montañas son obligados a elevarse y como toda masa de aire que aumenta de altura disminuye su temperatura, provoca la formación de nubes y lluvia.

En México los extremos de precipitación están en Sonora y Baja California con el valor más bajo (< 50 mm) y el valor más alto en Cataluña, Oaxaca (alrededor de 5,400 mm).

En nuestro país la mayoría de las estaciones meteorológicas tiene pluviómetros y no cuentan con pluviógrafos, es decir, conocemos CANTIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA, y desconocemos su intensidad (mm/hr).

Otras características desconocidas para nosotros es la velocidad de caída de las gotas de lluvia y su diámetro. De tal forma que estamos restringidos en el uso de metodologías sofisticadas que involucren este tipo de datos. Lo cual necesariamente nos obliga a adoptar aquellas que involucren exclusivamente cantidad y distribución.

Con respecto a la distribución de la lluvia, en nuestro medio es modal o bimodal y su ocurrencia en la mayor parte del país es en verano.

Sobre la cantidad de precipitación es posible elaborar mapas, uniendo los puntos que tienen igual cantidad de precipitación (ISOYETAS). Estos mapas son elaborados por interpolaciones de datos. El método más conocido se le puede denominar de LINEA GUIA.

Conocida una red de estaciones con sus valores se escoge un valor medio, el cual se interpola y ubica en forma precisa. A partir de esta línea que se toma como base se trazan las otras. (17)

3.1.3 IMPORTANCIA DEL BALANCE HIDRICO EN LA EXPERIMENTACION AGRICOLA:

a. En la interpretación de resultados experimentales en la época de lluvia:

Las irregularidades en la frecuencia de las lluvias en nuestro medio, es una de las variables que más ha incidido en la respuesta de los diferentes componentes de rendimiento en los diferentes cultivos agrícolas, en forma específica en la etapa fenológica reproductiva cuando el producto esperado es grano, también en la etapa fenológica vegetativa, cuando el producto es biomasa e inflorescencias (forrajes, caña de azúcar, hortalizas, otros).

La realización del balance hídrico en toda la etapa de cultivo proporciona información referente: a la demanda climática (ETP), demanda hídrica de los cultivos (ETM o ETR), capacidad de retención de agua de acuerdo a tipo de suelo. Estos elementos al analizarse nos indican los déficit hídricos en los diferentes períodos fenológicos del cultivo de interés, además estimaciones sobre las reducciones en el producto esperado. Lo anterior permite que la interpretación de resultados experimentales, sea más sistemática en cada una de las fases

experimentales en la selección de germoplasma , fechas de siembra, etapas críticas de los cultivos, otros.

- b. En la determinación de efectos en los componentes de rendimientos por irregularidades en la frecuencia de las lluvias.

Los efectos en los componentes pueden determinarse al comparar dos parcelas; una en la cuál no se permita déficit hídrico en ninguna etapa fenológica y la otra, en que el cultivo se desarrolle en condiciones normales de lluvia. En cada una de las parcelas indicadas se cuantifica el cambio de almacenamiento de agua en el suelo producto del consumo de agua que realiza el cultivo. Finalmente el análisis e interpretación de los efectos que se produzcan en cada uno de los componentes de rendimiento del cultivo utilizado.

- c. Programación del riego en una parcela experimental.

El balance hídrico nos permite determinar el cuando y cuanto regar . Para responder a estas interrogantes el experimentador debe de considerar variables indicadoras tales como: capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, profundidad radicular, la humedad existente en el momento de inicio del programa de riegos, la demanda hídrica del cultivo a utilizar (ETM) y la precipitación efectiva. Esta información nos permitirá determinar los intervalos de riego de acuerdo a cada una de las épocas de siembra y las etapas de cultivos, al mismo tiempo la dosis de agua a reponer con base a la eficiencia de operación.

3.1.4 BASES PARA EL ESTUDIO DEL BALANCE HIDRICO:

a. Relaciones suelo-agua-planta.

Las propiedades físicas de un suelo se reflejan mediante los conceptos de textura y estructura. Ambas propiedades, junto con la composición química del suelo, ayudan a determinar el volumen y la configuración de los espacios porosos, y con ello el movimiento del agua en el suelo, y la capacidad que éste tiene para almacenar el agua. Los factores anteriores también determinan la facilidad para el laboreo.

El agua existente en el suelo puede dividirse en agua de gravedad, capilaridad e higroscópica cuando el agua por gravedad ha abandonado el perfil del suelo se alcanza la capacidad del campo la cuál se logra de uno a tres días después de haberse realizado un riego abundante .

Al regar un cultivo no sólo se persigue la supervivencia de éste, si no que se pretende que proporcione rendimientos elevados. Por ello se debe considerar que antes de descender el contenido de humedad al punto de marchitamiento, se ha de pasar por un punto de mayor humedad, a partir del cuál el cultivo comienza a realizar un esfuerzo excesivo para conseguir absorber el agua del suelo; éste esfuerzo lógicamente ha de repercutir en la cosecha obtenida. La cantidad de agua entre el estado de capacidad de campo y éste punto, ahora definido, corresponde a lo que se denomina “Humedad fácilmente utilizable por las plantas” o “Déficit permitido de manejo”. Si se asigna a la capacidad de campo el valor 0% de descenso de humedad y al punto de marchitamiento el valor de 100%, debe seleccionarse un valor que refleje el máximo déficit admisible de humedad y corresponda al punto en el cuál, si bien existe

humedad, esta comienza a no ser fácilmente utilizable por la planta. El agua de riego deberá suministrarse cada vez que la humedad del suelo alcance o sobrepase ese valor.

Para poder determinar el espesor de suelo del cual el cultivo puede tomar el agua, es necesario conocer las características del suelo de su desarrollo radicular. Es preciso evaluar, del modo más exacto, el desarrollo en profundidad del sistema radicular, a lo largo del período de riegos, hasta que alcanza su máximo desarrollo.

Entre las relaciones agua-suelo-planta, las necesidades de agua de dos cultivos, es uno de los factores que condiciona al descenso de la humedad en el suelo, en cada una de las etapas fenológicas. Si consideramos que el agua retenida por los cultivos es menor que 1% del total que se absorbe, entonces, podemos inferir que la cantidad de agua evapotranspirada, corresponde a la cantidad consumida del suelo. Se distinguen dos formas de evapotranspiración:

3.1.4.1 Evapotranspiración potencial o máximo.

Representa la cantidad de agua consumida, durante un determinado período de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.

3.1.4.2 Evapotranspiración real.

Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el período de tiempo considerado.

El rendimiento es máximo cuando la transpiración es máxima, y esto ocurre cuando el cultivo se desarrolla en las mejores condiciones posibles. Ocurre entonces que la evapotranspiración real coincide con la evapotranspiración máxima. Tanto en la evaporación como en la transpiración, el agua pasa del estado líquido al estado gaseoso, y este cambio de estado se ve favorecido cuando el aire está caliente, seco, y activo. Por otra parte, la cantidad de agua pérdida por evapotranspiración depende de las disponibilidades de agua en el suelo y de la capacidad de las plantas para absorber y para transpirar el agua contenida en el suelo.

3.1.5 COMPONENTES DEL BALANCE HIDRICO

a. La Evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (ETP) se puede estimar con métodos empíricos o con el método físico-matemático de Penman. Entre los métodos empíricos se pueden mencionar el de Blaney -Criddle, Jensen y Haise, Maquín, Priestley y Taylor, Hargreaves, Thornthwaite, Turc y otros.

Por el método de Penman se puede estimar la ETP, considerando que a nivel mundial la fórmula físico matemático es la que más se ajusta a la realidad. Entre otra razones, se puede indicar que la mayoría de las estaciones meteorológicas que se sitúan en el país son de tipo D (Registro de precipitación).

Con la estimación de la ETP se pueden encontrar los valores de la evapotranspiración para un cultivo específico, mediante la relación:

$$ETR \text{ o } ETM = ETP \times Kc$$

Donde: Kc es un coeficiente de cultivo que depende de las características de las plantas y expresa la variación de su capacidad para extraer el agua del suelo durante su período vegetativo. Esta variación es más evidente en cultivos estacionales, que cubren todo su ciclo en un período reducido de tiempo.

Cuando se habla de ETM nos referimos a la absorción que realiza la planta sin restricción de agua, mientras que la ETR es utilizada en condiciones más reales, tales como la época de lluvia, donde el agua disponible está regida al comportamiento de la misma. La ETM o ETR en las condiciones normales de lluvia son iguales, principalmente en los meses donde la lluvia no es restringida. (7)

3.1.6 PROBABILIDAD DE LLUVIA

3.1.6.1 Calidad de los Datos.

En general se puede decir que cuando se investiga la variabilidad de la lluvia y la estimación de probabilidades para su aplicación en la agricultura, se trata de saber con qué frecuencia se recibirá determinada cantidad de lluvia y la frecuencia con que se recibirá una cantidad superior o inferior a ella. La respuesta se especifica en forma de fracción o porcentaje de probabilidad. Por ejemplo 0.75 ó 75% de probabilidad; o bien, 1 de cada 4, ó 5, ó 10 años, etc.

No tiene utilidad para fines agrícolas especificar una probabilidad inferior al 10% (1 de cada 10 años) o superior al 90% (9 de cada 10 años).

Con frecuencia los grados de probabilidad que se adopten dependen de consideraciones económicas, así por ejemplo se puede aceptar que un cultivo fracase 1 de cada 5 años ó 1 de cada 10 años, etc.

Las consecuencias de estos análisis son evidentes en las prácticas agrícolas, una vez que se conoce la demanda mínima de lluvia de determinado cultivo, se pueden evaluar rápidamente los riesgos de establecer dicho cultivo en una región. Esto constituye desde luego la primera medida que deberá adoptarse, para después, investigar la distribución de la lluvia durante el período de crecimiento del cultivo y otras como la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo.

La seguridad del análisis tiene dos restricciones.

- a) Su validez en cuanto a extensión es limitada, especialmente en áreas montañosas y
- b) Las series de observaciones de lluvia de menos de 10 ó 15 años no contienen suficientes datos para llegar a conclusiones definitivas.

Antes de mencionar los procedimientos matemáticos o estadísticos en el cálculo de probabilidades de la lluvia es importante verificar la calidad de los datos, de los registros que faltan y de las observaciones dudosas.

Dos pruebas, de las muchas que existen, para analizar los datos de una serie son la Asimetría y la homogeneidad de los registros.

3.1.6.2 Asimetría y la homogeneidad de los registros.

Cuando existe asimetría, los valores de la mediana (m) y de la media (p) difieren y éstas se evalúan mediante el índice de Asimetría.

$$I.A. = \frac{m - p}{p} \times 100$$

Habitualmente la simetría no influye en las pruebas de homogeneidad y según Thom (1966) una serie asimétrica de datos de lluvia puede suponerse normalmente distribuida, sobre todo para datos anuales.

En muchos casos tenemos que tratar de averiguar la causa real de esta anomalía, que puede ser datos muy bajos o la ocurrencia de un dato muy alto, que perturba la simetría. En este último caso podemos llegar a la conclusión de que se puede tolerar la omisión de un dato extremo, para obtener un mejor ajuste con la distribución normal y por consiguiente una estimación más precisa de la probabilidad. Que para fines agrícolas esto nos llevará a obtener estimaciones o probabilidades ligeramente inferiores, es decir un mayor margen de seguridad.

Sobre la homogeneidad de los registros, existe una excelente y fácil manera de comprobarla, con el método de Sved Eisenhart. Se usan los datos en orden cronológico y después de haber determinado el valor de la mediana m , se cuenta el número de veces en que la serie cambia de valores superiores a inferiores de m y viceversa. El número total de cambios S se aumenta en una unidad y se compara con los límites de la distribución normal que se halla a partir de :

$$1 + 1.1 (n/2) \quad \text{Límite superior}$$

$$-1 + 0.9 (n/2) \quad \text{Límite inferior}$$

y en donde n es el número de años.

Cuando S está entre estos límites se considera que la muestra es homogénea, con lo cual puede hacerse un análisis de probabilidad normal.

3.1.6.3 Distribución Acumulativa:

La distribución acumulativa nos da la probabilidad mediante la fórmula:

$$F = N / n + 1$$

donde N es el número de orden y n el número de años. F es la probabilidad de ocurrencia de una cantidad de lluvia mayor o igual a un valor establecido, $P(x \geq x_0)$. Si se ordenan al revés, de menor a mayor, $F = P(x \leq x_0)$.

3.1.6.4 Distribución Normal:

La distribución normal es una de las funciones más sencillas que se utilizan para deducir las probabilidades de lluvia. No estudiaremos aquí la teoría de la distribución normal y supondremos que el lector está familiarizado con el cálculo de probabilidades con esta distribución.

3.1.6.5 Distribución de Galton:

La distribución de Galton se aplica comúnmente a datos asimétricos, usando una z que se calcula de la siguiente manera:

$$z = \frac{\text{Log } x/G}{\text{Log } Gg}$$

donde: x = datos originales.

G = media geométrica.

Gg = desviación geométrica.

3.1.6.6 Distribución Gamma-Incompleta:

Cuando alguna serie de datos asimétricos no puede corregirse con la distribución anterior, Galton, se pueden usar otras funciones como la Gamma-Incompleta.

La probabilidad para $P(x > x_0)$, con esta distribución se calcula de la siguiente manera:

$$F(x) = \left\{ 1 + x/B + \frac{1}{2!} (x/B)^2 + \dots + \frac{1}{a!} (x/B)^a \right\} e^{-x/B}$$

donde $a = x^2 / s^2$

x = promedio de la muestra

y $B = s^2 / x$

S^2 = varianza de la muestra.

Las restricciones para la aplicación de esta fórmula son: (1) Los valores de precipitación necesitan ser mayores o iguales a cero y (2) a es entero y positivo. (19)

3.1.7 Condiciones de humedad necesarias para la aplicación de madurantes:

La determinación del momento adecuado para aplicar un madurante, para el posterior corte de la caña, que corresponda a la máxima acumulación de sacarosa, determina en parte los rendimientos de azúcar. Existen varios métodos, que se basan en el contenido de humedad de los tejidos jóvenes, para determinar este momento. Clements, citado por buenaventura (1986), desarrolló un método que consiste en el muestreo de ligulas de las hojas 3 a 6. con este método se ha encontrado una alta correlación entre el porcentaje de humedad en estas ligulas y la concentración de sacarosa en el tallo. Con base en estos hallazgos, Clements propuso para Hawaii un programa de maduración consistente en disminuir el suministro de agua o tomar en cuenta cuando la lluvia termina su época, de tal manera que la humedad en las ligulas que 7 meses antes del corte sea del 82%, se reduzca a un 74% en la

época de cosecha. Por otra parte, Humbert (1970) diseñó un método que se basa en el contenido de humedad de los entrenudos 8 a 10, encontrando una correlación significativa entre el descenso de la humedad en el suelo y en estas secciones del tallo, con el incremento de la sacarosa. También se ha encontrado una buena correlación entre el descenso de humedad en la hoja más joven de la planta, denominada hoja bandera, y la recuperación de azúcar, cuando este tejido se usa como indicador del grado de maduración.(8)

La influencia de la precipitación en la calidad de la caña se puede observar en las variedades CP 72-370 y 72-356, PR 61-632 y 11-41, MZC 74-275 y MEX 52-29, en donde con una precipitación acumulada antes del corte de 31 mm comparada con una acumulada de 241, los rendimientos de azúcar varían considerablemente, por lo que en el mes de cosecha, debe existir menos de 40mm de lluvia para que la cosecha sea más exitosa. En general, el mayor contenido de sacarosa en estas variedades se encontró cuando antes del corte se presentó un período de baja precipitación. Por el contrario, una alta precipitación acumulada 1 ó 2 meses antes de la cosecha, causó un descenso en los niveles de sacarosa.

La precipitación igualmente afecta los contenidos de almidones, polisacáridos, fenoles y amino-nitrógenos (aminoácidos), como se pudo observar en las evaluaciones efectuadas con las variedades anteriormente mencionadas.

Estos compuestos incrementaron en los jugos de la planta después de un período seco, pero después de un período lluvioso de 2 meses, los almidones y los amino-nitrógenos disminuyeron 50% y los fenoles y polisacáridos entre 10% y 24%, aproximadamente. Los resultados sugieren que bajo estrés

de humedad, los carbohidratos y aminoácidos producidos durante la fotosíntesis y el metabolismo de la planta, podrían traslocarse a los tejidos de almacenamiento en los tallos, debido a que no se utilizan para crecimiento y desarrollo del cultivo.

La maduración se puede regular mediante el control de las aplicaciones de nitrógeno y los riegos en la época final del crecimiento para favorecer la acumulación de sacarosa. Por otro lado, las condiciones ideales para la maduración fisiológica de la caña se pueden alterar en forma desfavorable por altas temperaturas; fotoperíodos cortos después de fotoperíodos largos que aceleran la fase reproductiva; niveles freáticos altos como consecuencia de lluvias abundantes, riegos frecuentes y malos drenajes.

En resumen, la capacidad de la planta de caña para producir sacarosa (azúcar comercial) depende de la variedad, el manejo del cultivo, y de los factores climáticos como precipitación, luminosidad y oscilación de la temperatura. El conocimiento de estos factores y sus efectos en la acumulación de sacarosa y otros productos, permitirá un manejo eficiente del cultivo y una mayor producción a nivel de campo y de fábrica.(8)

3.1.8 Factores que afectan la maduración:

Existen varios factores que actúan en forma combinada y determinan el rendimiento de la caña; entre ellos el más importante es la humedad en el suelo.

La humedad interna en la planta de caña es el factor dominante para la síntesis y traslocación de los azúcares. Cuando la planta se encuentra en desarrollo requiere un suministro adecuado de agua que le permita absorber los nutrimentos del suelo, transportarlos al tallo y asimilarlos para realizar los procesos fisiológicos. Al momento del corte, es necesario reducir el contenido de humedad para aumentar la calidad del jugo.

Si el contenido de humedad en el suelo es bajo, la cantidad de agua presente en los entrenudos más jóvenes disminuye y como resultado el crecimiento se reduce en forma gradual y prácticamente cesa cuando se alcanza el punto de marchitamiento. Cuando el desarrollo de la planta se retarda, disminuye la demanda de azúcares y éstos se almacenan en los tallos. En algunas regiones se hacen programas de maduración mediante el agotamiento de las plantas, que consiste en reducir el suministro de agua para estimular la concentración de azúcares en tallos. Sin embargo, cuando la humedad en el suelo se recupera por las lluvias o por el reigo, se puede reiniciar el desarrollo vegetativo del cultivo, es cuando se recurre a la aplicación de los madurantes que paralizan por decir así el metabolismo de la planta y por ende su fisiología hace que la acumulación de los azúcares sea inminente.(8)

3.1.9 La zonificación agrícola:

La zonificación agrícola, apoyo fundamental de la planificación agrícola, consiste en la determinación de las áreas geográficas más propicias para el desarrollo de la agricultura, y surge como una de las aplicaciones más importantes de la Meteorología agrícola (Romo y Arteaga, 1983).

La determinación de dichas áreas puede realizarse, según Primault (1979), a través de dos grandes grupos de métodos, los agroclimáticos y los agroecológicos. Los primeros estudian el complejo clima-cultivo a escalas relativamente grandes (1:200,000, por ejemplo) y los segundos analizan el complejo clima-suelo-cultivo-agrotecnia a niveles inclusive de hectárea. Este último complejo se constituye en el marco biofísico de una zonificación agrícola, por lo que debe complementarse con el estudio del marco socioeconómico para lograr zonificaciones no sólo agroclimáticas o agroecológicas, sino inclusive zonificaciones integrales.

Las metodologías existentes para llevar a cabo una zonificación agrícola son muy numerosas y varían de acuerdo a la información disponible, los cultivos por analizar y las características de la zona en cuestión (Boshell, 1978), pero en general deben responder a las siguientes interrogantes básicas, (García, 1975):

- a) ¿ Dónde sembrar?
- b) ¿ Cuándo es la época más adecuada?
- c) ¿ Cuánto es el rendimiento esperado?

Una zonificación agrícola integral, toma en cuenta dos marcos de referencia, el biofísico y el socioeconómico, pero es obvio que el marco biofísico es el sostén fundamental de la zonificación, a la cual se le plantean dos casos fundamentales, (García, 1972):

- a) En base a una lista de cultivos que se deben fomentar por condiciones socioeconómicas, se necesita determinar las mejores áreas para su establecimiento.
- b) Dada una área geográfica, se deben determinar los cultivos más aptos que se puedan desarrollar en dicha área.

Lo anterior puede lograrse con metodologías deductivas o cualitativas o bien con las del tipo inductivo o cuantitativo. Una zonificación deductiva consiste en caracterizar a los cultivos por sus tipos agroclimáticos y edáficos, para su posterior ubicación en los espacios geográficos que mejor cubran sus requerimientos de clima y suelo, sin que se pueda contestar al “cuánto se espera obtener”. En cambio una zonificación inductiva, realiza la ubicación espacial precisamente a través de un proceso cuantitativo, que consiste en obtener una función de producción en áreas más o menos restringidas con base en experimentación agrícola, pero con un espectro de variación suficiente y extrapolar geográficamente dicha función hacia áreas mucho más extensas, cuantificando el incremento o abatimiento del rendimiento absoluto o relativo, (García, 1979).

3.1.10 Trabajos de zonificación

En la segunda década del presente siglo, (Azzi, 1971), investigador italiano, da las bases para realizar los trabajos de zonificación agrícola al introducir el concepto de equivalentes metodológicos o requerimientos bioclimáticos de los cultivos.

En la actualidad, son muchas y muy variadas las metodologías que se siguen para realizar las zonificaciones agrícolas en el extranjero, pero de manera muy general se pueden agrupar en las siguientes:

1. Unidades climáticas de igual aptitud agrícola.
2. Homologías o analogías climáticas.
3. Aplicación de índices térmicos, hídricos, etc.
4. Modelos de productividad.
5. Concatenación de varios procedimientos.
6. Otros (fitoclimogramas, patrones de lluvia, etc.). (1)

La idea de definir unidades climáticas que sirvieran para apreciar las posibilidades agrícolas de una región o país, ha sido prácticamente abandonada.

Emplear las homologías o analogías climáticas como método para zonificar agrícolamente una región o país, no ha sido abandonado a pesar de las desventajas que le encuentran algunos autores como Hashemi, Smith y Habibian (1981) y así Neild y Boshell (1976) al comparar 17 zonas productoras de piña en el mundo con 54 localidades colombianas, detectan las mejores zonas para producir piña en ese país. Trabajo similar al anterior, pero para el cultivo de té es el desarrollado por Boshell y Neild (1975), en la misma Colombia. Por su parte, Russell (1982), realiza un trabajo de analogía climática entre cinco estaciones australianas y 349 estaciones mexicanas y centroamericanas para detectar las mejores zonas al norte de Australia para desarrollar plantas leguminosas forrajeras procedentes de regiones tropicales y subtropicales de México y Centroamérica.

La aplicación de índices agroclimáticos, para zonificar agrícolamente una región o país, es tal vez la metodología con más seguidores, por ejemplo, Bishnoi (1980) utiliza índices que caracterizan al régimen de humedad del suelo y los aplica para zonificar las regiones de Punjab y Haryana de la India; Williams (1983) desarrolló un índice agroclimático que involucra período libre de heladas y régimen de humedad del suelo, para analizar los recursos agroclimáticos del Canadá; Shaw (1975) en los Estados Unidos de Norteamérica, a través de la acumulación de grados-día (temperaturas efectivas) realiza la zonificación del maíz en la región centro norte de dicha nación; en Rusia se conjuga el empleo de varios índices térmicos, hídricos, fotoenergéticos, etc., como lo describe Chirkov (1979).

Por otra parte Stern (1982) en Inglaterra y Da Mota (1983) en Brasil, desarrollan modelos de productividad que al ser aplicados sobre áreas geográficas extensas, determinan las zonas más propicias para el desarrollo de cultivos específicos.

La metodología aplicada por la FAO (1978) en el Continente Africano, es un ejemplo de las metodologías que concatenan varios procedimientos cualitativos y cuantitativos para llegar a la zonificación agrícola.

Desde luego, cabe mencionar que los métodos computacionales ya han sido empleados para lograr zonificaciones agrícolas, así por ejemplo, Williams, Mckenzie y Sheppard (1980) utilizan en Canadá, análisis computacionales para delinear agroclimáticamente en la provincia de Alberta las mejores zonas para cultivar trigo y cebada. (1)

Los estudios de zonificación tienen como finalidad la determinación de zonas geográficas homogéneas bajo uno o varios criterios de interés. En lo que a las zonificaciones agrometeorológicas se refiere, la definición de los criterios es compleja, ya que dichos criterios no pueden tomar en cuenta la globalidad de las interacciones entre clima y desarrollo de los cultivos, ni mucho menos criterios de tipo socio-económico (precios, caminos, maquinaria, etc.) que muy a menudo son factores fundamentales para que tanto los productores como los planificadores puedan implementar recomendaciones que optimicen el uso de la tierra.

De allí las críticas en contra de las zonificaciones, de su carácter académico, y poco operativo para comprender una situación o formular una recomendación.

Los trabajos de zonificación se destacan por algunos aspectos, tales como:

1) La multiplicidad de los criterios escogidos:

Nueve criterios han sido procesados para caracterizar agronómicamente la pluviometría. Ninguno de estos, analizado por separado, puede pretender caracterizar una situación, pero, en su conjunto, cubren bien los problemas que, desde la siembra hasta la cosecha el agricultor puede encontrar con relación al clima.

- 2) La calidad científica con la cual estos criterios han sido formalizados, y posteriormente procesados.

Los autores han utilizado en forma sistemática dos herramientas fundamentales de la Agrometeorología moderna, que son los análisis frecuenciales, y las simulaciones de balances hídricos. Desde hace varios años, el CATIE, el CIRAD y el ORSTOM han estado promoviendo estas metodologías, y puede considerarse un logro magnífico el hecho que estas técnicas fueran utilizadas en forma tan oportuna en el trabajo presentado.

- 3) La confrontación de los análisis teóricos con la realidad de las prácticas campesinas.

De esta dialéctica nace la formulación de indicadores de zonificación pertinentes. Pero, más allá de esto, este movimiento, de va y viene, entre el campo y los resultados teóricos permite comprender en términos de lógica agroclimática los sistemas de producción de los agricultores. Esta comprensión de la situación real permite también a los autores, en forma dinámica, criticar y proponer alternativas positivas y realistas a las prácticas tradicionales.

3.1.11 ANALISIS DE CADA UNO DE LOS CRITERIOS

A continuación se presenta, para cada criterio, una breve explicación sobre la manera escogida para elaborar y calcular el parámetro climático correspondiente al criterio.

3.1.11.1 Fecha más probable de entrada del invierno

Representa la primera fecha en el año después de la cual, en la mitad de los años de registro estudiados, caen lluvias que permiten cubrir más de 50% de las necesidades hídricas de un cultivo bien desarrollado, sin que posteriormente a esta fecha las lluvias se retiren. Entonces, corresponde con la fecha de entrada relativamente estable y copiosa de las precipitaciones, en 50% de los años.

Se considera que este parámetro representa correctamente la fecha a partir de la cual el riesgo de perder el cultivo después de la siembra es aceptable para el agricultor.

Se destaca que los registros que se utilizaron en los análisis de esta zonificación en Nicaragua, completaron más de 15 años de registro. No se identifica ninguna tendencia evidente en estos, en el sentido de que el período lluvioso se inicia cada año más tarde, aunque el público en general, y los agricultores en particular así lo consideran. Cabe por lo tanto, rechazar esta hipótesis de cambio climático en primera aproximación, mientras se manifieste con más evidencia esta supuesta tendencia.

3.1.11.2 Precipitaciones de la Primera

Este factor es de suma importancia. El parámetro que se escogió es la cantidad de lluvias que en promedio caen entre el 1 de mayo y el 31 de julio sobre los diferentes años de registro considerados.

Este criterio, aislado, evidentemente sobre-estima las posibilidades de sembrar exitosamente de Primera, por cuanto no se toma en cuenta la distribución, a lo largo del ciclo agrícola, de estas precipitaciones. Tampoco, por el criterio escogido, se toma en cuenta la irregularidad, año tras año, de las cantidades caídas. En resumen, este criterio es importante para caracterizar las potencialidades agrícolas de una zona, pero es insuficiente para caracterizar las probabilidades de éxito de un cultivo determinado.

3.1.11.3 Irregularidad de las lluvias de Primera

Además de la irregularidad de las precipitaciones de un año al otro, existe también una irregularidad de la repartición de las lluvias dentro de un mismo año, a lo largo de un período de siembra. Esta irregularidad, mucho años, es responsable de la pérdida de cultivos por sequía. Por lo tanto, es importante caracterizar este criterio.

Este criterio no es más que un indicador que permite comparar las estaciones entre sí, pero no representa una probabilidad de perder un cultivo sembrado. Además, no es un buen instrumento de análisis de las regiones húmedas, ya que en estas estaciones, no se registran estos períodos secos. Sin embargo, el propósito es de estudiar la irregularidad de las precipitaciones cuando representa un riesgo para los cultivos.

Se destaca que la comparación entre la probabilidad de ocurrencia de períodos secos no está muy ligada con el volumen de las precipitaciones durante la Primera. Es decir, las zonas más secas no son las zonas donde las precipitaciones con mayor frecuencia se ausentan.

3.1.11.4 Probabilidad de ocurrencia de una Canícula

El parámetro de caracterización de la canícula es la presencia de un período de más de 15 días consecutivos durante los cuales se observa un déficit hídrico marcado. Si, en un año determinado, se registra una Canícula así definida, se considera que el estrés hídrico es una de las principales limitaciones de la producción (se pueden registrar hasta pérdidas totales).

Además, el nivel de probabilidad de ocurrencia de una Canícula es un indicador de la nitidez con la cual se distinguen los dos grandes períodos de siembra (primera/postrera). En una misma zona están ubicadas estaciones con precipitaciones muy diferentes, si embargo, las limitaciones a la agricultura llevan características muy diferentes.

3.1.11.5 Precipitaciones de la Postrera

El parámetro escogido es la cantidad acumulada de lluvias, en promedio inter anual.

Las precipitaciones medias son, en casi todo el país, lo suficiente abundantes para asegurar el desarrollo de cultivos anuales, por lo menos en lo que se refiere a cantidades acumuladas.

La única zona que puede ser problemática es la zona donde llueve menos de 500 mm durante este período. Este promedio menor de 500 mm considera obviamente, años en que la precipitación es inferior, y en este caso, la cantidad acumulada de precipitaciones de Postrera puede representar una limitación en la agricultura.

3.1.11.6 Irregularidad de las lluvias de Postrera

El parámetro escogido es exactamente similar al que se utilizó para la primera: el número promedio de períodos de más de cinco días secos consecutivos.

Con esto se evidencia que la irregularidad está más relacionada con el volumen de precipitaciones que en el caso de la Primera.

3.1.11.7 Precipitaciones de Apante

El parámetro que se escoge en este estudio es la cantidad de precipitación alcanzada 4 años entre 5.

No se debe olvidar que la estrategia de Apante no se escoge solamente en función de condiciones agroclimáticas, sino también por diversos motivos, como por ejemplo descongestionar los tiempos de trabajo o ampliar el espectro de las fechas de abastecimiento de alimentos.

A lo largo del estudio de estos factores, se nota que cada uno tiene su importancia, aunque ninguno, aislado, puede dar una idea completa del comportamiento de las precipitaciones en cada una de las zonas. Para complementar estos criterios, se tomaron en cuenta otros dos factores:

-Las precipitaciones totales del invierno.

En realidad, aunque este criterio es el más comúnmente utilizado para caracterizar la pluviometría de una zona, no aporta mucha información adicional con respecto a los dos criterios considerados anteriormente: Pluviometría de la Primera y pluviometría de la Postrera.

- La duración del período vegetativo.

Se refiere a la diferencia en días entre la fecha más probable de entrada del invierno y la fecha más probable del final del período vegetativo (estimada de una manera un poco similar a la anterior, como la fecha en que, en más de 50% de los años de estudio, la satisfacción de las necesidades hídricas de un cultivo normalmente desarrollado están por debajo de los 60%).

El inconveniente de este parámetro, por lo cual no le hacemos mucha énfasis es que es muy dependiente de las cantidades de agua que pueden almacenar los suelos, las cuales son muy variables según la profundidad del suelo, y su textura, y por lo tanto no han podido ser consideradas detalladamente en un estudio de este tipo. (5)

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Localización geográfica de la zona cañera del sur de la república de Guatemala.

La zona cañera, esta dentro de un rango altitudinal de cero hasta los 800 m.s.n.m.

aproximadamente, (a excepción del ingenio Santa Teresa que se encuentra a 1,200 m.s.n.m.) y así mismo está en un área que va desde las coordenadas de 13° 50' , hasta 14° 15' de Latitud Norte y de 90° 30' a 91° 40' de Longitud Oeste (16).

3.2.2 Datos climáticos: (Según registro de las estaciones del INSIVUMEH).

- La temperatura oscila entre los 11 hasta los 40 grados centígrados.
- La precipitación varía desde los 956 hasta los 4,591 mm anuales.
- Humedad relativa promedio del 70%.

3.2.3 División geográfica.

Para fines de interpretación de resultados y mejor organización de la ejecución de los mismos, la zona cañera se dividió en tres subregiones:

- Sub-región Occidental
- Sub-región Central
- Sub-región Oriental

Cada una de las cuales se divide en tres estratos altitudinales:

- Estrato Bajo: de 0-100 metros sobre el nivel del mar.
- Estrato Medio: de 100-300 metros sobre el nivel del mar.
- Estrato Alto: mayor de 300 metros sobre el nivel del mar.

3.2.4 Zonas de Vida.

Incluye Bosque húmedo subtropical (Templado) bh-s, Bosque seco tropical. Bs-t, Bosque húmedo subtropical (Cálido) bhst (c), Bosques muy húmedos subtropical (Cálido) bmhst. (9)

3.2.5 PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE LA ZONA CAÑERA:

- **Mollisoles:** Suelos medianamente evolucionados de perfil ABC y AC colores oscuros, con texturas predominantemente franco arenosas y complejo saturado. Se localizan en el cuerpo y parte distal de los abanicos aluvio-coluviales.
- **Andisoles:** Suelos poco evolucionados, de colores oscuros humíferos de baja densidad aparente y alto contenido de alófanos. Tienen alta capacidad de retención de fosfatos y son de textura media. Se localizan en el cuerpo y ápice de los abanicos y conos de pie de monte.
- **Entisoles:** Suelos no evolucionados de perfil AC, muy permeables, de texturas gruesas. Presentan déficit de agua en verano. Se encuentran en los valles y explayamientos aluviales.

- **Inceptisoles:** Suelos medianamente evolucionados, de complejo de cambio desaturado, con texturas medias y arcillosas. Se localizan en el ápice y cuerpo de los abanicos.
- **Alfisoles:** Suelos evolucionados, de perfil ABC, son acumulación de arcillas en B, generalmente tienen texturas arcillosas. Se localizan en el cuerpo de los abanicos.
- **Vertisoles:** Suelos evolucionados, de perfil ABC arcillosos, se agrietan fuertemente en verano. Se localizan en el cuerpo de los abanicos. (9)

3.2.6 CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Tipo: Fanerógamas

Subtipo: Angiospermas

Clase: Monocotiledónea

Orden: Glumales

Familia: Gramineas

Tribu: Andropogóneas

Género: Saccharum

Especies: S. officinarum

S. robustum

S. sinense

S. barberi

S. spontaneum

3.2.7 ORIGEN Y DISTRIBUCION :

La caña de azúcar es una Gramínea originaria de la India. En algunos países de Asia, tales como China, antes de la era cristiana se usaba para el pago de tributos y contribuciones. Llegó a Europa 300 años antes de Cristo, gracias a Alejandro el Grande, estableciéndose su cultivo hasta el siglo VI de nuestra era (16).

Con la llegada de los españoles al continente americano, la planta es introducida, siendo la isla Hispaniola (República Dominicana) el primer lugar donde se fabrica azúcar en América. Guatemala no podía quedar al margen en las pruebas de los nuevos cultivos y es de esa manera como en San Jerónimo, Baja Verapaz, se establecen los primeros trapiches donde se producía panela. Posteriormente se extiende a la Costa Sur, en donde se cultiva para la extracción de azúcar. Alcanzando la explotación un incremento considerable en la década de los años 30, siendo a la fecha, la Agroindustria azucarera una de las fuentes de producción mas importantes de Guatemala (16).

3.2.8 MORFOLOGIA DE LA PLANTA

Sistema Radicular :

Este le sirve a la planta para poder mantenerse anclada al suelo y abastecerse de nutrientes y agua que necesita para su desarrollo, constituyéndose en dos tipos de raíces: Primordios radiculares y Raíces permanentes.

- a) Primordios Radiculares: Estos nacen en cada uno de los nudos del tallo, desarrollándose en el momento que este entra en contacto con la humedad que

encuentra en el suelo. Su período de vida es de aproximadamente 30 a 40 días, hasta que los tallos forman su sistema radicular (8).

- b) Raíces Permanentes: Brotan de las macollas que se forman a partir de la semilla, se diferencia de los anteriores por ser numerosas, gruesas y de crecimiento rápido. La profundidad que alcancen las raíces depende de la variedad, textura del suelo y humedad, se estima la masa del sistema radicular a 60 centímetros de profundidad y 14 centímetros de radio es de un 80 %. (8)

Tallos

El tallo es la parte más importante agrónomicamente de la planta de caña de azúcar, ya que en él, se produce y almacena la sacarosa, cumple funciones de conducción de agua y nutrientes. Constituye la parte aérea de sostén del follaje. Se forma a partir de la yema, el número, grosor, color y crecimiento depende de la variedad. Dependiendo del origen se denominan primarios, secundarios y terciarios; los primarios se originan de la cepa, los que van naciendo posteriormente se les llama secundarios y terciarios(8).

En los primeros tres meses de desarrollo del cultivo se origina una gran cantidad de tallos, de los que pocos logran llegar a la madurez por la competencia que se presenta entre ellos. Las partes del tallo son: *Nudo y entrenudo*; el primero es la parte dura formado por tejido fibroso y separa a dos entrenudos. Constituido por el anillo de crecimiento, la banda de raíces, cicatriz de la vaina, el nudo propiamente, la yema y el anillo ceroso. La banda de raíces esta ubicada arriba del nudo y es el punto de origen de los primordios radiculares. Siendo el anillo de crecimiento la

zona de origen del crecimiento del entrenudo, se caracteriza por su coloración mas clara que del entrenudo. La cicatriz de la vaina o cicatriz foliar rodea al nudo después que la hoja cae. La yema es la parte que da origen a los tallos nuevos. Se encuentran en posición alterna, siendo clave en la identificación de variedades. El anillo ceroso recubre la parte superior del nudo (8).

Ahora bien, el entrenudo es la parte del tallo que se encuentra entre dos nudos, crecen de tal manera que en la base del tallo son muy cortos, aumentando seguidamente en longitud para decrecer en la zona apical, manifestando el mismo comportamiento en el grosor; delgados en la base y el extremo apical. Las formas mas comunes son: Cilíndricos, abarrilados, en forma de uso y en zig-zag(8).

Hojas

Las hojas tienen su origen en cada uno y se distribuyen en forma alterna. Cada hoja está constituida por la lámina y la vaina, denominándose a la parte que une a ambas lígula o cuello de la hoja.

La hoja con su color en la vaina, ancho, contenido o no de pubescencia y turgencia, es determinante para la identificación de la variedad.

Inflorescencia

La inflorescencia de la caña es una panícula de aspecto sedoso o afelpado, formado por un eje principal, al cual están insertadas las espiguillas en pares. La flor es hermafrodita con tres estambres y un ovario con dos estigmas.

La floración ocurre cuando se presentan condiciones ambientales tales como fotoperíodo (días luz), temperatura y humedad adecuados, variando la intensidad de floración de acuerdo a la variedad. Para la situación de Guatemala, las variedades procedentes de Canal Point tiene una floración mediana, mientras que las de Sao Paulo y Mexicanas no florecen, siendo consideradas de maduración tardía. La floración de la caña es un factor que limita el crecimiento y tonelaje de los campos, ya que disminuye el contenido de sacarosa y aumenta el porcentaje de fibra(8).

3.2.9 LA MADUREZ DE LA CAÑA

Madurez Fisiológica

Ha sido definida como el período de máxima concentración de sacarosa. La caña de azúcar alcanza totalmente la maduración botánica antes de alcanzar la fisiológica. Esto significa que las semillas pueden estar cayendo de flor y la acumulación de sacarosa continua. Para comprender este proceso se hace necesario conocer el período vegetativo de la caña, el que se ha dividido en tres fases: Desarrollo de la Cepa, Formación de Sacarosa y Maduración.

a) **Desarrollo de la Cepa:** Esta fase viene desde la germinación o retoñamiento de tallos primarios, estos secundarios y terciarios hasta que el campo cierra (dos a tres meses). En ésta fase el contenido de sacarosa como un porcentaje de materia seca es menor de diez.

b) **Crecimiento:** después del cierre del cañaveral hasta completar el crecimiento vegetativo, la acumulación de sacarosa es continuo y se establece un gradiente de concentración de la base a la punta. Esta concentración o acumulación es muy baja, ya que existe un crecimiento excesivo y los carbohidratos producidos son usados para que la planta crezca vegetativamente. Esta fase va desde los tres hasta los doce meses dependiendo de la variedad.

c) **Maduración:** Se inicia tres o cuatro meses antes del corte teórico, en este momento se reduce el crecimiento y la conversión de azúcares reductores a sacarosa. La planta tiene ocho a nueve hojas verdes, disminuyendo en la sección ocho a diez del tallo la humedad y el nitrógeno. El contenido total de materia seca se encontrará íntimamente relacionada con la producción de asimilados. Si la producción de asimilados es igual o menor que las pérdidas respiratorias, la materia seca no se acumulará y puede disminuir, dando como resultado una baja en sacarosa. Si la producción de asimilados excede a las pérdidas respiratorias la materia seca se acumulará. El monto de materia seca como sucrosa depende de la partición de asimilados en sus componentes, *fibra y azúcares reductores*. (8).

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL:

Determinar los periodos adecuados para la siembra y aplicación de madurantes en Caña de Azúcar (Saccharum spp.) en función del régimen de lluvias (año seco, normal y húmedo) en la Costa Sur de Guatemala.

4.2 ESPECÍFICOS:

4.2.1 - Determinar los periodos de déficit hídrico en función de la época de siembra para el cultivo de la Caña de Azúcar..

4.2.2- Definir los periodos de siembra de la Caña de Azúcar en las diferentes condiciones de lluvia (año seco, normal y húmedo) en función del balance hídrico.

4.2.3.- Identificar los periodos adecuados para la aplicación de madurantes con base en la distribución del régimen de lluvias.

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1 Metodología:

Para poder cumplir con los planteamientos efectuados, se realizaron las siguientes actividades:

- 1- Se elaboró la base de datos que incluía los registros de precipitación diarios, desde el año 1,980 hasta 1,997, de 8 estaciones meteorológicas de la Costa sur (Chojojá en Suchitepequez, Retalhuleu en Retalhuleu, Tulumá en el ingenio Tulumá, Sabana grande en Escuintla, Camantulul en Santa Lucia Cotzumalguapa, El Chupadero en Escuintla, San José en el puerto de San José y Tiquisate en Tiquisate.), ubicandolas y localizandolas geográficamente. (Ver pag. 66)
- 2- Se recopilaron los datos de evaporación promedio de las estaciones Camantulul (Sta. Lucía Cotzumalguapa), Santa Ana (Escuintla) y San José (Puerto de San José), representativas de cada área entre los niveles altitudinales, que van de 0 a 100 metros sobre el nivel del mar , de 100 a 300 m.s.n.m. y arriba de los 300 m.s.n.m; los cuales están identificados en el estudio semidetallado de suelos de la zona cañera (Ver pag 67). Además se decidieron las constantes de cultivo (Kc) que se emplearon para la Evapotranspiración potencial (ETP), la cual se utilizó para cada balance hídrico decadal por mes (cada diez días de cada mes); esta constante se obtuvo de la curva de coeficiente de cultivo (Kc) para la caña de azúcar (Ver pag. 70).

- 3- Se identificó la predominancia de las clases de suelos entre los niveles altitudinales y se obtuvo el porcentaje de retención de humedad de cada uno, de acuerdo al estudio semidetallado de suelos de la zona cañera de Guatemala y las subregiones en el mapa de la división geográfica de la zona cañera de Guatemala (Ver pag. 68), esto para poder estimar cuanto de la precipitación pluvial que cae, se queda retenida en el suelo.
- 4) Se calculó el área aproximada entre los niveles altitudinales y subregiones a través de un planimetro, esto para estratificar las áreas de estudio de acuerdo a cada nivel altitudinal y subregión en que esta identificada la zona cañera de Guatemala.
- 5) Se identificaron los años seco, normal y húmedo de cada estación (años que más se aproximan al comportamiento promedio del área donde se ubica la estación), los cuales según la base de datos de precipitación pluvial comprenden los años 1,983, 1996 y 1988 respectivamente, esto se logró a través de información recabada en el INSIVUMEH y registros históricos.
- 6) Se efectuaron los balances hídricos para cada año indicado anteriormente, para cada estación (8 estaciones x 3 años x 12 meses = 288 Balances), utilizando los datos de precipitación, porcentaje de retención de humedad, evaporación y Kc del cultivo, involucrando cada uno de estos datos en la siguiente fórmula:

$$W = P(\% \text{ de retención de } H^0) - \text{Int ET.}$$

donde:

$$W = \text{Cambio del contenido de humedad del suelo (mm)}$$

P = Precipitación (mm)

ET = Evapotranspiración (mm/día)

- 7) Se elaboraron gráficas representativas de los balances, involucrando la tendencia de la ETR y de la precipitación de cada año en estudio, en un intervalo decadal por mes (Cada 10 días de cada mes).
- 8) Luego de analizados los datos y las gráficas, se procedió a la interpretación, logrando los resultados correspondientes para cada uno de los objetivos.
- 9) Se determinaron los períodos de déficit hídrico en el ciclo del cultivo de la caña de azúcar en función de la época de siembra. Para lograr dicho objetivo se utilizaron los balances hídricos elaborados por año en cada una de las estaciones en estudio, tomando como criterio los intervalos de 15 días en que no existió precipitación en las áreas de estudio.

5.1.1 LA INFORMACION REQUERIDA PARA ELABORAR EL BALANCE HIDRICO

FUE LA SIGUIENTE:

Se requirió información sobre algunas propiedades del suelo (la cual se obtuvo del estudio semidetallado de suelos existente), factores meteorológicos (datos de precipitación) y características del cultivo.

Para el balance hídrico intervinieron solamente en forma directa los registros de precipitación y evaporación del tanque Clase "A", debido a que es el que se utiliza para estimar la ETP y es el más adecuado para el propósito del estudio, además según Ortiz (17) la evaporación del tanque tipo "A" presenta una variación Altitudinal y no Latitudinal en la zona cañera, por lo tanto los registros de evaporación se obtuvieron de una estación distante varios kilómetros siempre y cuando correspondía a la misma zona climática.

10) Se definieron los períodos de siembra de la caña de azúcar en función de la disponibilidad de agua en el suelo y del comportamiento de las lluvias.

Además de utilizar nuevamente como factor principal los balances hídricos representados gráficamente, se tomó en conjunto el factor Entrada de la época lluviosa, debido a que éste es el que marca el tiempo oportuno para el establecimiento del cultivo y el cumplimiento de sus requerimientos hídricos.

11) Identificación de los períodos adecuados para la aplicación de madurantes con base a la distribución del régimen de lluvias.

Para este fin se tomaron en consideración algunos aspectos de cultivo, además se emplearon los balances hídricos elaborados para el objetivo anteriormente mencionado, también se tomaron en cuenta las épocas marcadas de salida del invierno (época lluviosa), identificando sus períodos y probabilidades, con el fin que se establezca una época puntual de la salida de la época lluviosa.

Alto Central > 300 m.s.n.m	10,388.33	Andisoles.	50-70%	_____	_____	_____	_____
Bajo Oriental 0- 100 m.s.n.m	77,077.31	Mollisoles, Andisoles e Inceptisoles.	40-70%	San José	6 m.s.n.m	13°56'24"	90°49'48"
Medio Oriental 100-300 m.s.n.m	27,335.56	Andisoles e Inceptisoles.	50-70%	El chupadero.	270 m.s.n.m.	14°16'8.4"	90°47'13"
Alto Oriental > 300 m.s.n.m	7,495.9	Andisoles.	50-70%	Sabana Grande	730 m.s.n.m.	14°22'58"	90°49'58"

6. RESULTADOS Y DISCUSION

Luego de efectuado el análisis y correspondiente interpretación de datos y gráficas, se obtuvieron los siguientes resultados:

El balance hídrico integró los diferentes parámetros del clima, hecho que permitió identificar las épocas secas y húmedas en donde se pueden presentar déficits de humedad a nivel subregional, cuando ya se ha establecido la época lluviosa, siendo los más relevantes los que comprenden entre finales del mes de abril hasta finales del mes de junio.

El período de siembra para quienes cultivan con la época lluviosa, según los balances hídricos elaborados principia desde el inicio de la mencionada época, la cual comprende desde mediados del mes de mayo en la mayoría de subregiones, por lo que de acuerdo a los resultados obtenidos, es en estas fechas donde los períodos de siembra son más adecuados.

Dependiendo la fecha de siembra, así será la de aplicación de madurantes, que comprende desde mediados del mes de septiembre, hasta mediados del mes de marzo inclusive; pero para quienes cultivan con le época lluviosa debe ser al final de la misma, debido a que es el momento en que comienza a acumular azúcares la planta.

Se observó gran similitud entre períodos de déficit hídrico, siembra y aplicación de madurantes entre cada año de estudio, sin embargo esto no significa que no exista diferencia entre un año húmedo, normal y seco, debido a que, se determina como es un año, con la cantidad acumulada o total que precipitó en ese año y no por la cantidad que precipitó en las diferentes épocas o períodos de estudio, por lo que la similitud en resultados son consecuencia de los balances hídricos que se elaboraron, tomando como base los períodos de estudio (siembra y aplicación de madurantes).

Adicional a lo anterior es importante mencionar que todos los balances hídricos son específicos para cada área cercana a la estación de estudio y en consecuencia a la subregión en la que se encuentra la estación. El comportamiento que se pudo observar en las estaciones del estudio, varía únicamente con el estrato altitudinal en el que se encuentre la estación, no así en la subregión (occidental, central y oriental). Lo anterior es consecuencia también de que no exista diferencia alguna en la mayoría de casos entre un año normal, seco o húmedo.

Para una mejor ilustración se pueden observar a continuación las gráficas de cada estación, para cada año de estudio, con los resultados de déficit hídrico, períodos de siembra y aplicación de madurantes:

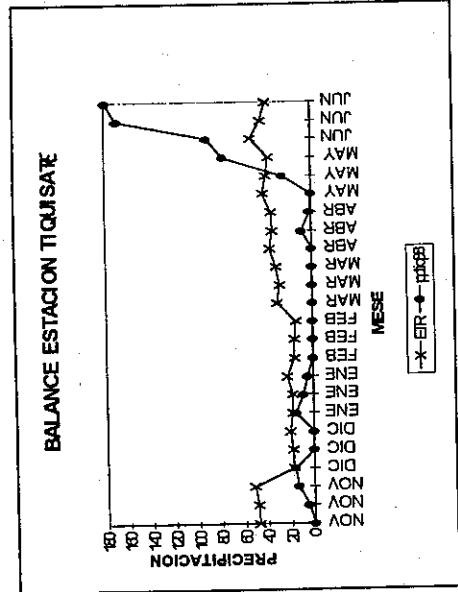


FIGURA 1.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACION TIQUISATE.

Unicamente existe déficit durante el segundo decadal de mayo, luego no existe déficit.

<Deficit Hidrico>

El período de siembra que se debe considerar es a partir de los últimos 10 días de mayo, hasta finales del mes de junio en las áreas cercanas a la estación Tiquisate.

-Periodo de siembra-

El período de aplicación de madurantes puede ser desde los primeros 10 días de octubre en áreas cercanas a Tiquisate.

<Aplicacion de madurantes>

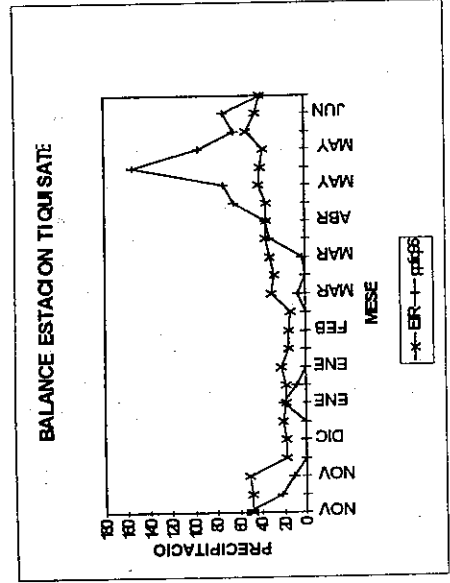


FIGURA 1.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACION TIQUISATE.

No existe déficit en áreas cercanas a la estación Tiquisate.

<Deficit Hidrico>

El período de siembra propicio es durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Tiquisate.

-Periodo de siembra-

El período de aplicación de madurantes debe ser durante los últimos 10 días del mes de octubre en áreas cercanas a la estación Tiquisate.

<Aplicacion de madurantes>

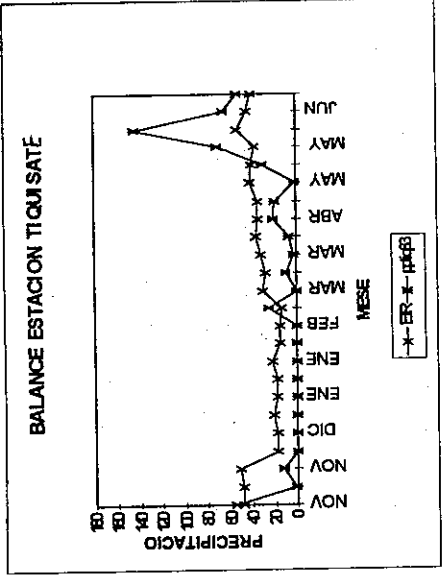


FIGURA 1.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACION TIQUISATE.

Existe déficit a partir de finales de junio en áreas cercanas a la estación Tiquisate.

El período de siembra propicio es desde los últimos 10 días de mayo, hasta finales de junio en las áreas cercanas a la estación Tiquisate.

Un apropiado período de aplicación de madurantes debe ser desde el segundo decadal del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Tiquisate.

Fig. 1 ESTACION TIQUISATE, ESTRATO BAJO OCCIDENTAL (0-100 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

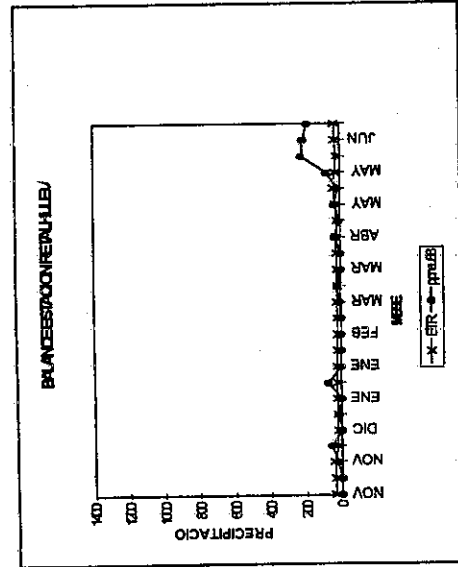


FIGURA 2.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACIÓN RETALHULEU.

No existe déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la Estación Retalhuleu.

El período de siembra propicio es desde los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

Un período adecuado para aplicar madurantes, comprende los primeros 10 días de noviembre en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

<Deficit Hidrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

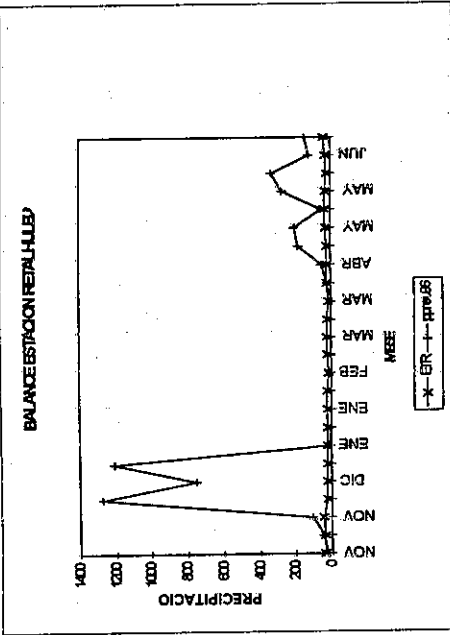


FIGURA 2.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACIÓN RETALHULEU.

No se manifiesta déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

El período de siembra se debe considerar durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

Podrá aplicarse madurante adecuadamente durante los primeros 10 días de enero en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

<Deficit Hidrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

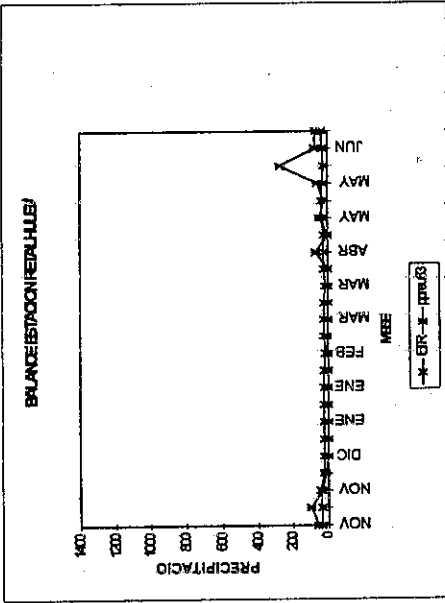


FIGURA 2.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACIÓN RETALHULEU.

Se manifiesta déficit durante el segundo decadal de mayo en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

El período de siembra propicio es desde los últimos 10 días del mes de mayo en área cercanas a la estación Retalhuleu.

Un período adecuado de aplicación de madurantes puede ser durante los últimos 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Retalhuleu.

Fig. 2 ESTACIÓN RETALHULEU, ESTRATO MEDIO OCCIDENTAL (100-300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

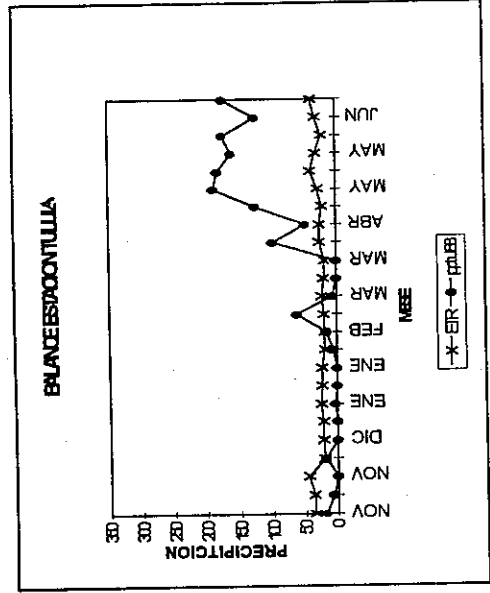


FIGURA 3.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACIÓN TULULA.

No existe déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación Tululá.

El período de siembra propicio es durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Tululá.

Un período adecuado para aplicar madurantes, comprende los primeros 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Tululá.

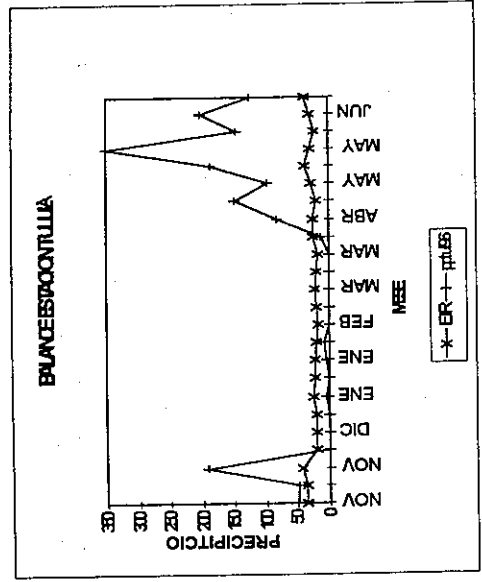


FIGURA 3.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACIÓN TULULA.

No se manifiesta déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación Tululá.

El período de siembra se debe considerar durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Tululá.

Podrá aplicarse madurante adecuadamente durante los primeros 10 días del mes de diciembre en áreas cercanas a la estación Tululá.

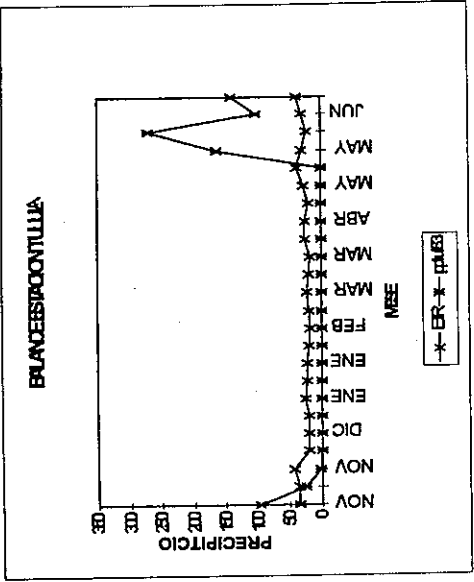


FIGURA 3.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACIÓN TULULA.

<Deficit Hidrico>

Unicamente se presenta déficit durante los primeros 10 días de mayo en áreas cercanas a la Estación Tululá.

-Período de siembra-

El período de siembra propicio es desde los últimos 10 días del mes de mayo en áreas cercanas a la estación Tululá.

<Aplicacion de ma-
durantes>

Un período adecuado de aplicación de madurantes puede ser durante el segundo decadal de noviembre en áreas cercanas a la estación Tululá.

Fig. 3 ESTACIÓN TULULÁ, ESTRATO MEDIO OCCIDENTAL (100-300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

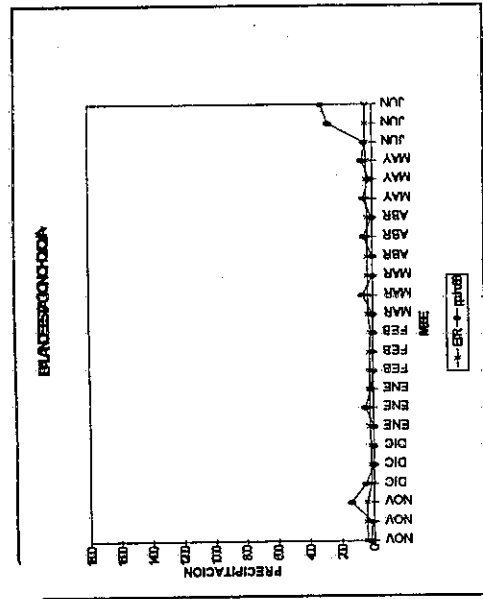


FIGURA 4.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO (1988) ESTACIÓN CHOJOJA.

Podría existir déficit hídrico durante el segundo decadal de mayo y el primero de junio, en áreas cercanas a la estación Chojója.

El período de siembra comprende desde los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a la estación Chojója.

Un período propio para aplicar madurante puede ser durante el segundo decadal de diciembre en áreas cercanas a la estación Chojója.

<Deficit Hídrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

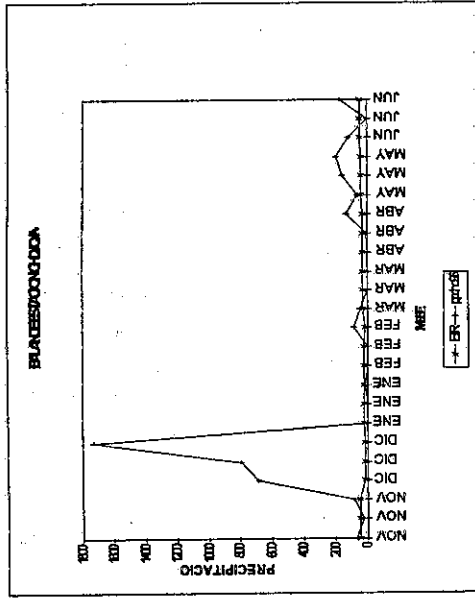


FIGURA 4.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACIÓN CHOJOJA.

Existirá déficit hídrico durante el segundo decadal del mes de junio en áreas cercanas a la estación Chojója.

El período de siembra comprende desde el segundo decadal de mayo, hasta los primeros 10 días de junio en áreas cercanas a la estación Chojója.

Un período adecuado para aplicar madurantes comprende los primeros 10 días del mes de enero en áreas cercanas a la estación Chojója.

<Deficit Hídrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

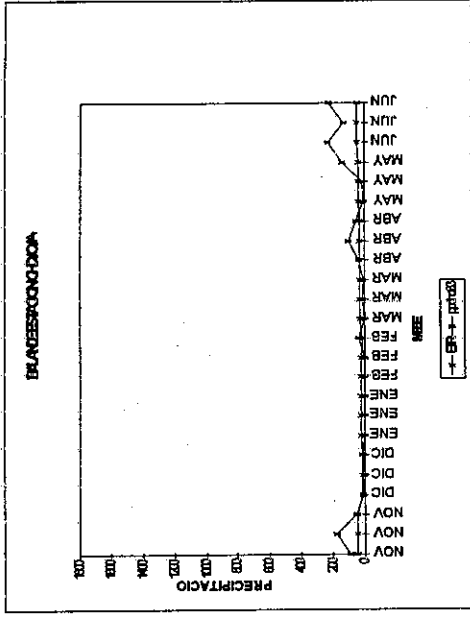


FIGURA 4.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACIÓN CHOJOJA

Existirá déficit únicamente los primeros 20 días de mayo en áreas cercanas a la estación Chojója.

El período de siembra adecuado es desde los últimos 10 días de mayo, en áreas cercanas a la estación Chojója.

La aplicación de madurantes puede hacerse durante los primeros 10 días del mes de diciembre, en áreas cercanas a la estación Chojója.

Fig. 4 ESTACIÓN CHOJOJA, TRAPATO ALTO OCCIDENTAL (> 300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUAILEMATECA.

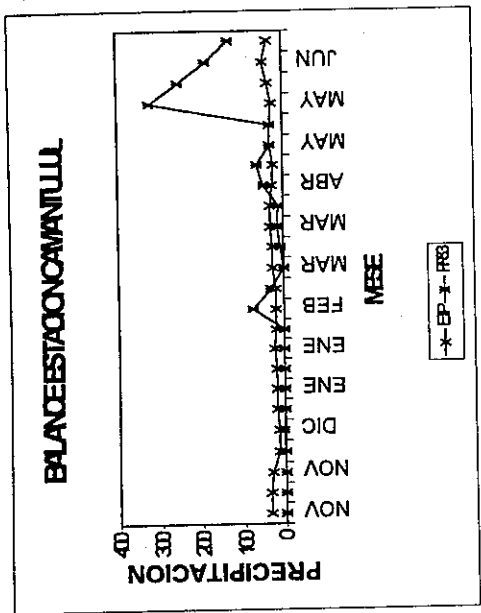


FIGURA 5.3. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1983) ESTACION CAMANTULUL.

Se manifiesta déficit durante el segundo decadal de mayo en áreas cercanas a la estación Camantulul.

El periodo de siembra propicio es desde los últimos 10 días del mes de mayo en áreas cercanas a la estación Camantulul.

Un periodo adecuado de aplicación de madurantes puede ser durante los primeros 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Camantulul

<Deficit Hidrico>

-Periodo de siembra-

<Aplicacion de madurantes>

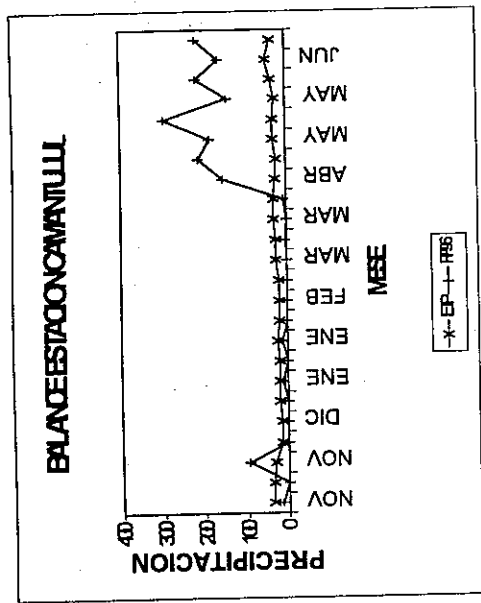


FIGURA 5.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACION CMANTULUL.

No se manifiesta déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación Camantulul.

El periodo de siembra se debe considerar durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Camantulul.

Podrá aplicarse madurante adecuadamente durante los últimos 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Camantulul.

<Deficit Hidrico>

-Periodo de siembra-

<Aplicacion de madurantes>

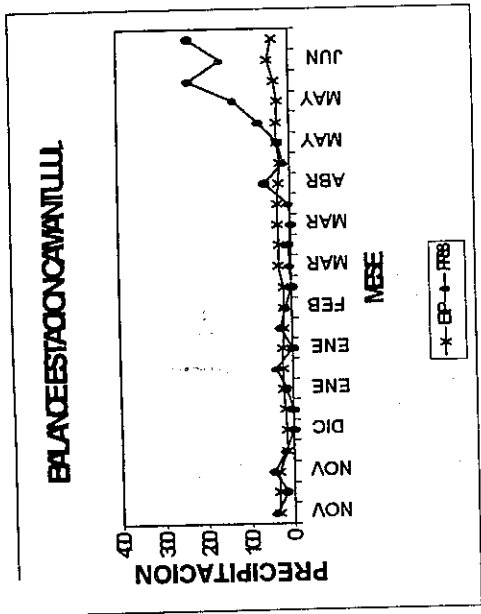


FIGURA 5.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACION CAMANTULUL.

No existe déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación Camantulul.

El periodo de siembra propicio es desde los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a la estación Camantulul.

Un periodo adecuado para aplicar madurantes, comprende el segundo decadal de noviembre en áreas cercanas a la estación Camantulul.

Fig. 5 ESTACIÓN CAMANTULUL, ESTRATO MEDIO CENTRAL (100-300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

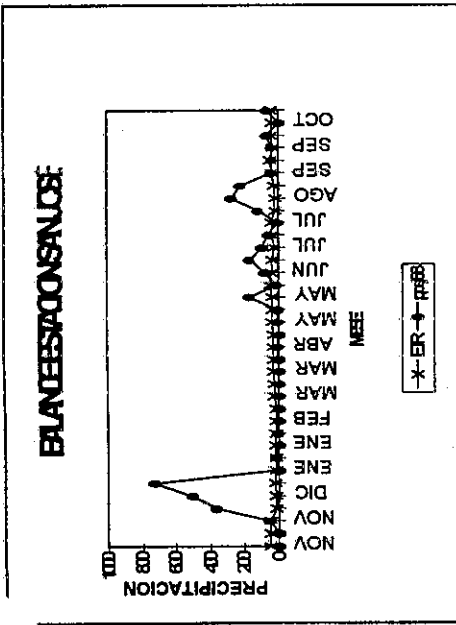


FIGURA 6.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACION SAN JOSE.

Unicamente existe déficit durante los primeros 10 días de junio en áreas cercanas a la estación San José, luego no existe déficit.

El período de siembra que se debe considerar es a partir de los últimos 10 días del mes de mayo, hasta finales del mes de junio en las áreas cercanas a la estación San José.

El período de aplicación de madurantes puede ser desde el segundo decadal de octubre en áreas cercanas a la estación San José.

<Deficit Hidrico>

-Periodo de siembra-

<Aplicacion de ma-
durantes>

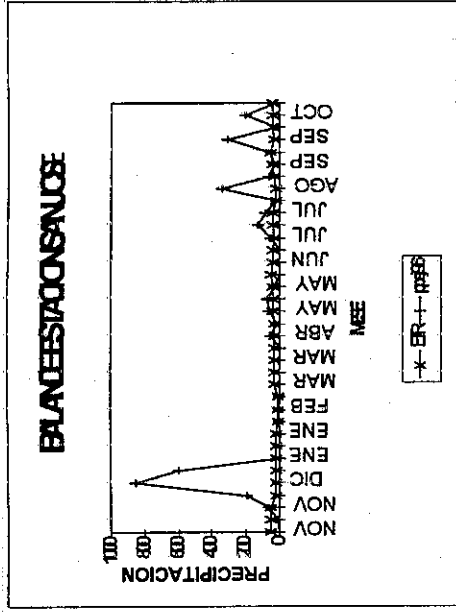


FIGURA 6.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACION SAN JOSE.

Existe déficit a partir de los últimos 10 días de mayo y todo junio en lugares cercanos a la estación San José.

El período de siembra propicio es durante los primeros 20 días del mes de mayo en áreas cercanas a la estación San José.

El período de aplicación de madurantes deber ser durante los últimos 10 días del mes de octubre en áreas cercanas a la estación San José.

<Deficit Hidrico>

-Periodo de siembra-

<Aplicacion de ma-
durantes>

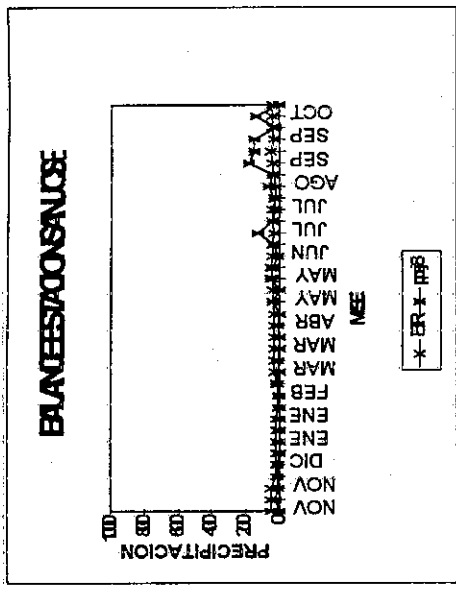


FIGURA 6.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACION SAN JOSE.

Existe déficit durante todo el mes de junio en áreas cercanas a la estación San José.

El período de siembra propicio es desde los últimos 10 días de mayo, hasta finales de junio en las áreas cercanas a la estación San José.

Un apropiado período de aplicación de madurantes debe ser durante los últimos 10 días de octubre en áreas cercanas a la estación San José.

Fig. 6 ESTACION SAN JOSÉ, ESTRATO BAJO ORIENTAL (0-100 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

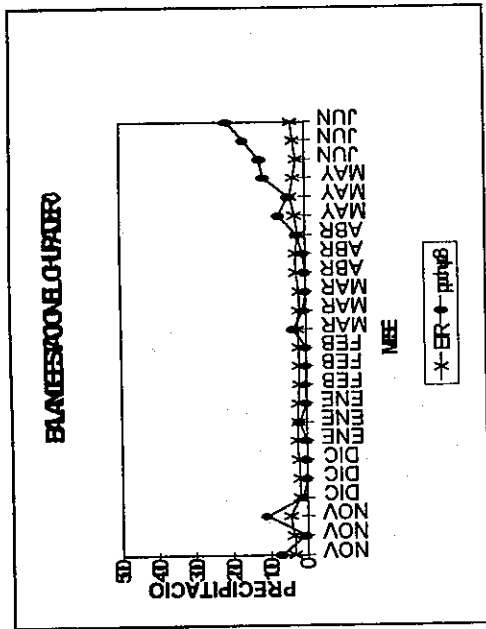


FIGURA 7.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACION EL CHUPADERO.

No existe déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

El período de siembra propicio es durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

Un período adecuado para aplicar madurantes, comprende los primeros 10 días del mes de diciembre en áreas cercanas a la estación El Chupadero

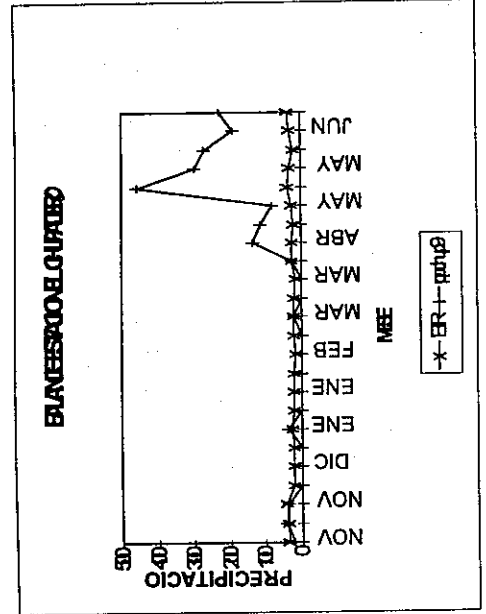


FIGURA 7.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACION EL CHUPADERO.

No se manifiesta déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

El período de siembra se debe considerar durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación El chupadero.

Podrá aplicarse madurante adecuadamente durante los últimos 10 días de noviembre en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

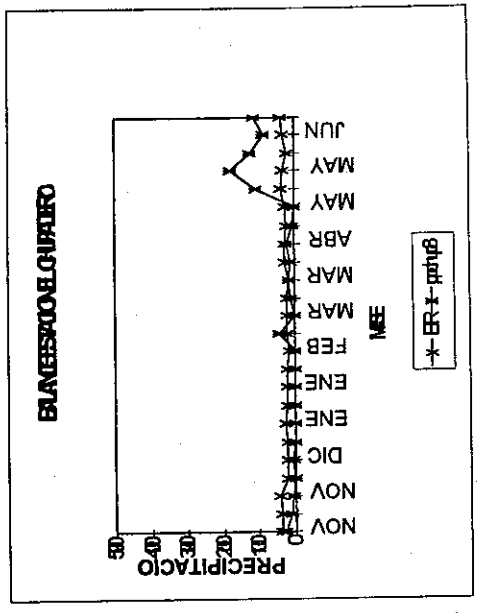


FIGURA 7.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACION EL CHUPADERO.

No se manifiesta déficit en ningún momento de la época de siembra en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

El período de siembra propicio es desde los últimos 20 días del mes de mayo en área cercanas a la estación El Chupadero.

Un período adecuado de aplicación de madurantes puede ser durante los primeros 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

<Deficit Hidrico>

-Periodo de siembra-

<Aplicacion de ma-
durantes>

Fig. 7 ESTACION EL CHUPADERO, ESTRATO MEDIO ORIENTAL (100-300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

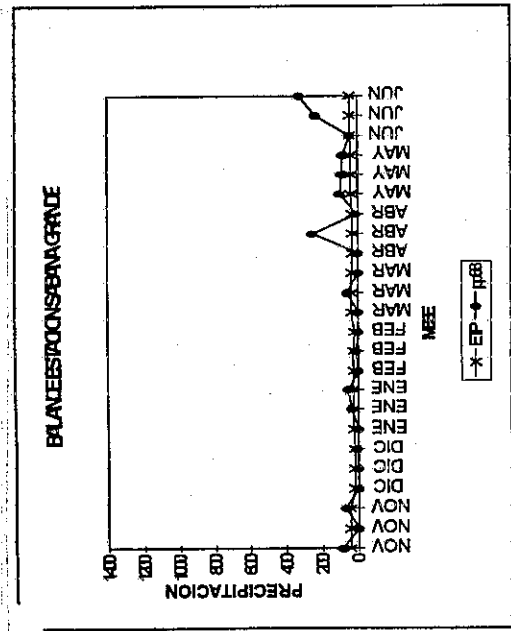


FIGURA 8.1. BALANCE HIDRICO AÑO HUMEDO, (1988) ESTACIÓN SABANA GRANDE.

Podría existir déficit hídrico durante los primeros 10 días del mes de junio en áreas cercanas a la estación Sabana Grande.

El período de siembra comprende todo el mes de mayo y a partir del segundo decadal de junio en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

Un período propicio para aplicar madurantes puede ser durante los primeros 10 días del mes de diciembre en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

<Deficit Hídrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

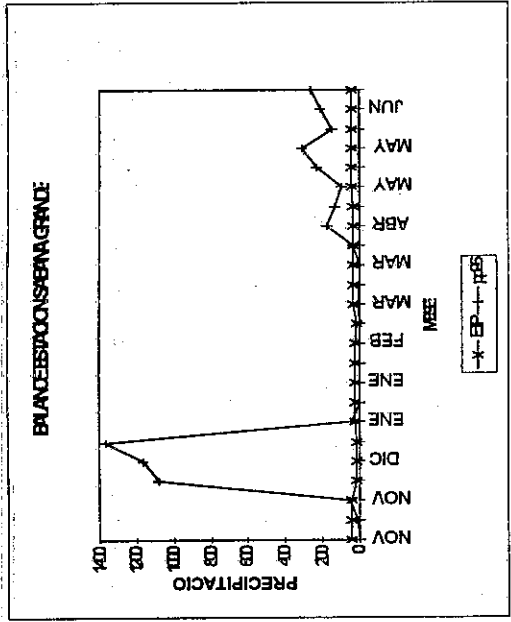


FIGURA 8.2. BALANCE HIDRICO AÑO NORMAL, (1996) ESTACIÓN SABANA GRANDE.

No existe déficit hídrico durante el período de siembra en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

El período de siembra comprende todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

Un período adecuado para aplicar madurantes comprende los primeros 10 días del mes de noviembre en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

<Deficit Hídrico>

-Período de siembra-

<Aplicación de madurantes>

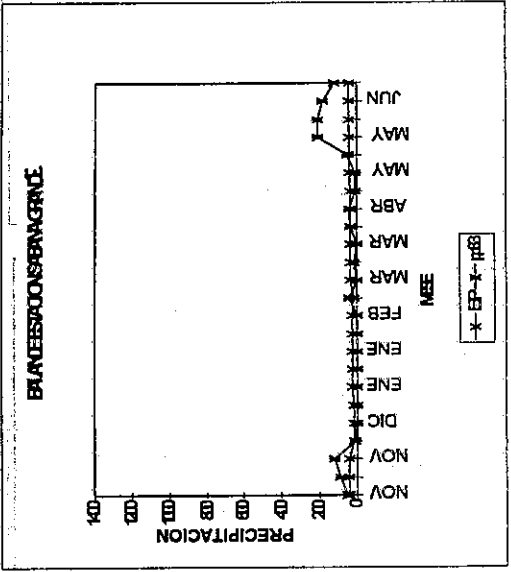


FIGURA 8.3. BALANCE HIDRICO AÑO SECO, (1983) ESTACIÓN SABANA GRANDE.

Existirá déficit únicamente los primeros 10 días de mayo en áreas cercanas a la estación Sabana Grande.

El período de siembra adecuado es desde los últimos 10 días de mayo, en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

La aplicación de madurantes puede hacerse durante los primeros 10 días del mes de diciembre, en áreas cercanas a la estación Sabana grande.

Fig. 8 ESTACIÓN SABANA GRANDE, ESTRATO ALTO ORIENTAL (> 300 m.s.n.m) ZONA CAÑERA GUATEMALTECA.

7. CONCLUSIONES

7.1 Los períodos de déficit hídricos que se manifiestan durante la época de siembra de la caña de azúcar, para cada año de estudio a nivel subregional son los siguientes:

- a) Año húmedo: Durante el segundo decadal del mes de mayo en las áreas cercanas a la estación Tiquisate y Chojó, durante los primeros 10 días del mes de junio en áreas cercanas a las estaciones San José y Sabana grande.
- b) Año normal: Durante el segundo decadal de junio en áreas cercanas a la estación Chojó y durante los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a la estación San José.
- c) Año seco: Los últimos 10 días de junio en áreas cercanas a la estación Tiquisate, durante el segundo decadal de mayo en áreas cercanas a las estaciones Retalhuleu y Camantulul, durante los primeros 10 días de mayo en áreas cercanas a las estaciones Tumulá y Sabana grande, durante los primeros 20 días del mes de mayo en áreas cercanas a la estación Chojó y durante todo el mes de junio en áreas cercanas a la estación San José.

7.2 Los períodos de siembra en los diferentes años de estudio y en función de los balances hídricos se muestran a continuación tomando como base la disponibilidad de agua en el suelo:

- a) Año húmedo: Desde los últimos 10 días de mayo hasta finales de junio en áreas cercanas a las estaciones Tiquisate y San José; durante los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a las estaciones Retalhuleu, Chojó, y Camantulul; durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a las estaciones Tuluá, El Chupadero y Sabana Grande.

- b) Año normal: Durante todo el mes de mayo y junio en áreas cercanas a las estaciones Tiquisate, Retalhuleu, Tuluá, Camantulul, El Chupadero y Sabana Grande; desde el segundo decadal de mayo hasta los primeros 10 días de junio en áreas cercanas a la estación Chojó; durante los primeros 20 días del mes de mayo en áreas cercanas a la estación San José.

- c) Año seco: Durante los últimos 10 días de mayo hasta finales de junio en áreas cercanas a las estaciones Tiquisate y San José; durante los últimos 10 días de mayo en áreas cercanas a las estaciones Retalhuleu, Tuluá, Chojó, Camantulul y Sabana Grande; durante el segundo decadal de mayo en áreas cercanas a la estación El Chupadero.

7.3 Los períodos de aplicación de madurantes que se identificaron de acuerdo con el fin de la época lluviosa y la humedad en el suelo son los siguientes para cada año de estudio y cada subregión:

a) Año húmedo: Durante los primeros 10 días de octubre en las áreas cercanas a la estación Tiquisate; durante los primeros 10 días de noviembre en las áreas cercanas a las estaciones Retalhuleu y Tululá; durante el segundo decadal de diciembre en las áreas cercanas a la estación Chojojá; durante el segundo decadal del mes de noviembre en las áreas cercanas a la estación Camantulul; durante el segundo decadal del mes de octubre en áreas cercanas a la estación San José; durante los primeros 10 días de diciembre en áreas cercanas a las estaciones el Chupadero y Sabana Grande.

b) Año normal: Durante los últimos 10 días de octubre en áreas cercanas a las estaciones Tiquisate y San José; durante los primeros 10 días de enero en áreas cercanas a las estaciones Retalhuleu y Chojojá; durante los primeros 10 días de diciembre en áreas cercanas a la estación Tululá; durante los últimos 10 días de noviembre en áreas cercanas a las estaciones Camantulul y El Chupadero; durante los primeros 10 días de noviembre en áreas cercanas a la estación Sabana Grande.

c) Año seco: Durante el segundo decadal del mes de noviembre, en áreas cercanas a las estaciones Tiquisate y Tzulá; durante los últimos 10 días de noviembre en áreas cercanas a la estación Retalhuleu; durante los últimos 10 días del mes de diciembre en áreas cercanas a la estación Chojojá; durante los primeros 10 días de noviembre en áreas cercanas a las estaciones Camantulul y El Chupadero; durante los últimos 10 días de octubre en áreas cercanas a la estación San José; durante los primeros 10 días de diciembre en áreas cercanas a la estación Sabana Grande.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1. Utilizar los resultados obtenidos de los balances hídricos elaborados y su posterior análisis en los años seco (1983), normal (1996) y húmedo (1988), de las estaciones en estudio, para las actividades inherentes al cultivo de la caña de azúcar, debido a que dichos balances permiten observar la distribución general de la lluvia en toda la zona cañera del sur de Guatemala, para la siembra y aplicación de madurantes.
- 8.2. Emplear los resultados de las áreas y períodos donde existe déficit hídrico, debido a que permite identificar los lugares donde sería pertinente implementar un sistema de riego acorde a las necesidades del cultivo de la caña de azúcar, además de la época en donde las canículas hacen que la utilización de la infraestructura de riego para quienes la poseen, sea inevitable.
- 8.3. Aprovechar los resultados de los balances hídricos para la ubicación de experimentos y/o áreas de cultivo de Caña de Azúcar, que permitan analizar o interpretar alguna característica del cultivo con referencia al comportamiento pluvial del lugar, períodos de siembra y aplicación de madurantes.

8.4. Para las subregiones bajo central y alto central, ubicar estaciones o modernizar las que existan, para poder utilizar los datos que posean y así estudiar las subregiones de igual manera como se hizo con las del presente estudio.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. AZZI, G. 1971. Ecología agraria. La Habana, Cuba, Instituto Cubano del libro. 84 p.
2. BISHNOI, O.P. 1980. The behavior of moisture adequacy index and its utilization for exploiting the agricultural potencial in Punjab and Haryana. *Mausum, India*, 31 (1): 157-164.
3. BOSHELL, F. ; NEILD, R.E. 1975. A computer-statistical procedure to determine agroclimatic analogues for tea production in Colombia. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 15:221-230.
4. BRUNO R. ; RODRIGUEZ J. 1990. Zonificación agrometeorológica de las lluvias en Nicaragua. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa manejo integrado de recursos naturales. 28 p.
5. CARRERA LEAL, M.G. 1997. Diagnóstico de las estaciones meteorológicas de la zona cañera de Guatemala. Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 57 p.
6. CASTRO LOARCA, O.R. 1996. El balance hídrico en la experimentación agrícola. Guatemala, Instituto de Ciencia Y Tecnología Agrícola, sector público agropecuario y de alimentación. 15 p.
7. CENTRO DE INVESTIGACION DE COLOMBIA PARA LA CAÑA DE AZUCAR. 1995. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cassalet Dávila, C.; Torres Aguas, J.; Isaacs Echeverri, C., eds.. Cali, Colombia, FERIVA. 419 p.
8. CENTRO GUATEMALTECO DE INVESTIGACION Y CAPACITACION DE LA CAÑA DE AZUCAR. 1994. Estudio semidetallado de suelos de la zona cañera del sur de Guatemala. Guatemala. 242 p.
9. CHIRKOV, Y.I. 1979. Use of agroclimatology in crop distribution. *AGROCIENCIA. (Germany)*. p. 317-320.
10. MOTA, F.S. DA 1983. Weather-Technology models for corn and soybeans in the south of Brazil. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 28:49-64.
11. FAO. (Italia). 1978. Report on the agroecological zones proyect, methodology and results for Africa. Serie I. Rome, Italia. 25 p.
12. GARCIA BENAVIDES, J. 1972. Zonificación ecológica de los cultivos de consumo básico y potenciales de exportación para Venezuela. Venezuela, Ministerio de agricultura y cría. Dirección de investigación. 63 p.

13. HASHEMI, F.; SMITH, G.W.; HABIBIAN, M.T. 1981. Inadequacy of climatological classification systems in agroclimatic analogue evaluations suggested alternatives. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 24: 157-173.
14. NEILD, R.E.; BOSHELL, F. 1976. An agroclimatic procedure and survey of the pineapple production potential of Colombia. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 17: 81-92
15. OROZCO, H.; et al. 1995. Estratificación preliminar de la zona de producción de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Guatemala con fines de investigación en variedades. Escuintla, Guatemala, Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 28 p.
16. ORTIZ SOLORIO, C.A. 1987. Elementos de agrometeorología cuantitativa. 3^a ed. México, Universidad de Chapingo. Departamento de suelos. 327 p.
17. PRIMAULT, B. 1979. Usefulness of Agroclimatology in planning. *AGROCIENCIA, (Germany)*. p. 305-316.
18. ROMO GONZÁLEZ, J.R.; ARTEAGA RAMIREZ, R. 1983. Meteorología agrícola Chapingo, México. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de de irrigación. 273 p.
19. RUSELL, J.S. 1982. Selection of homoclimates based on comparisons with single stations and using monthly rainfall and temperature data. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 26:179-194.
20. SHAW, R.H. 1975. Growing-Degree units for corn in the north central region. Iowa, E.E.U.U., Iowa state university. Research bulletin n° 581. 38 p.
21. STERN, R.D.; COE, R. 1982. The use of rainfall models in agricultural planning. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 26:35-40.
22. TORRES A., J.S.; et al. 1996. Avances técnicos para la programación y manejo del riego en caña de azúcar. Colombia, Centro de Investigación de Colombia para la Caña de Azúcar. 68 p.
23. VILLEGAS T., F. 1986. Programación de riegos en caña de azúcar mediante el método del balance hídrico, en el cultivo de la caña de azúcar. ed. Carlos E. Buenaventura O. Colombia, TECNICAÑA. p 283 - 297.
24. WILLIAMS. G.D.V.; Mc KENZIE, J.S., Y SHEPPARD, M.I. 1980. Mesoscale agroclimatic resources mapping by computer, an example for the peace river región for Canadá. *Agricultural Meteorology (The Netherlands)* 21:93-109.

vº. Bº.

Miriam De La Roca



10. APENDICE

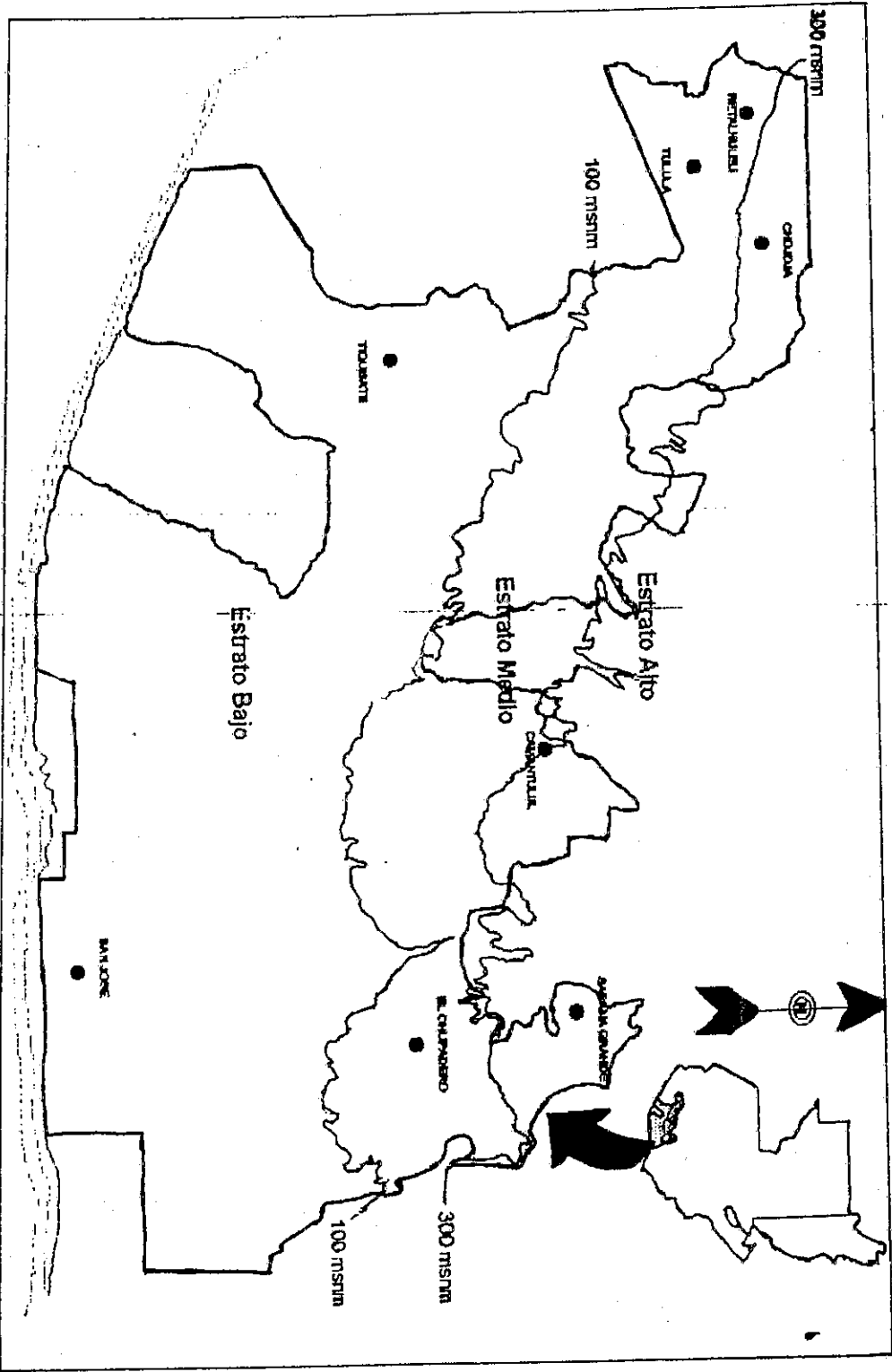


FIGURA 9A. Ubicación geográfica de las estaciones utilizadas y estratificación Altitudinal de la zona cañera de Guatemala.

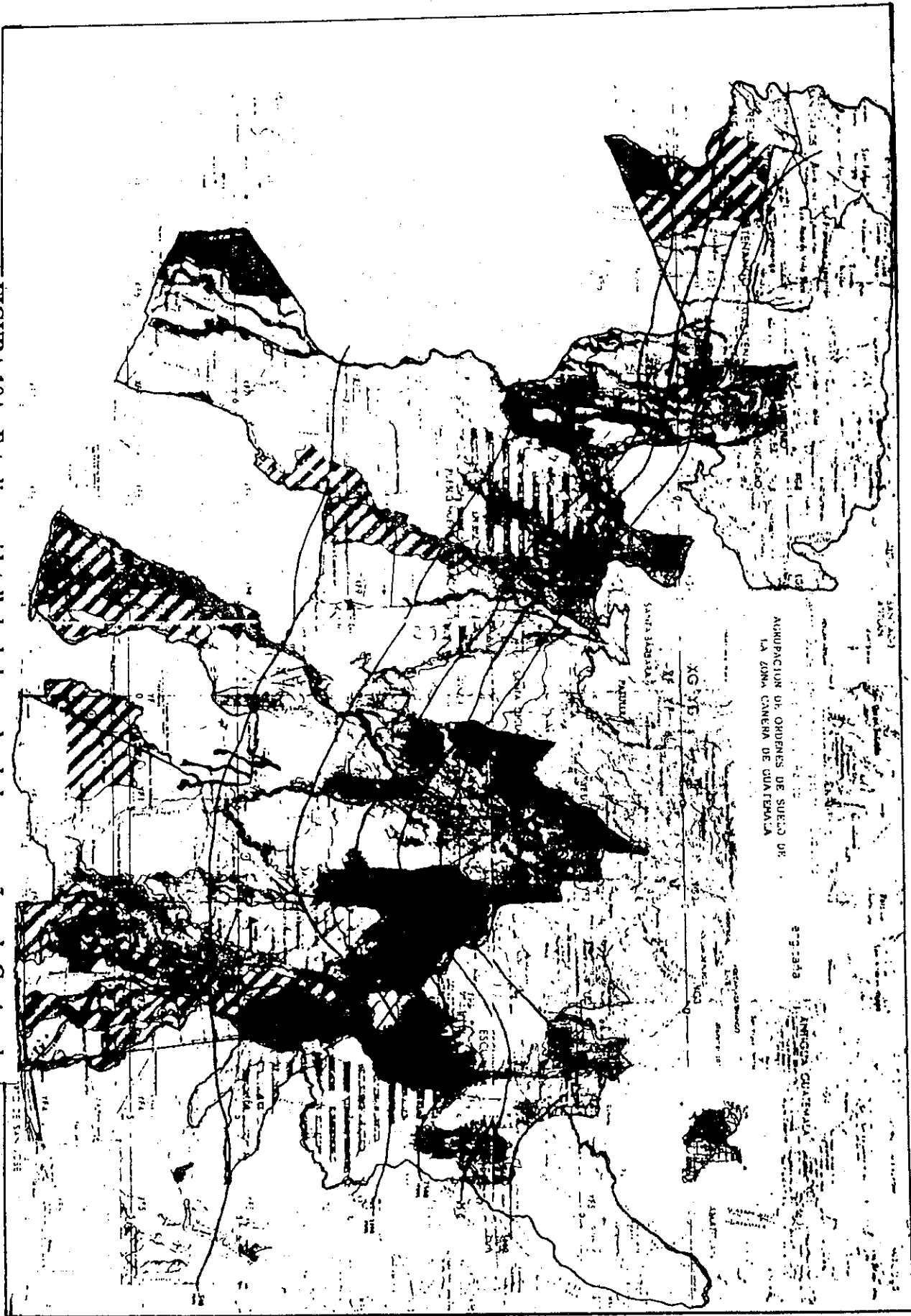


FIGURA 10A. Estudio semidetallado de los suelos de la zona cañera de Guatemala.

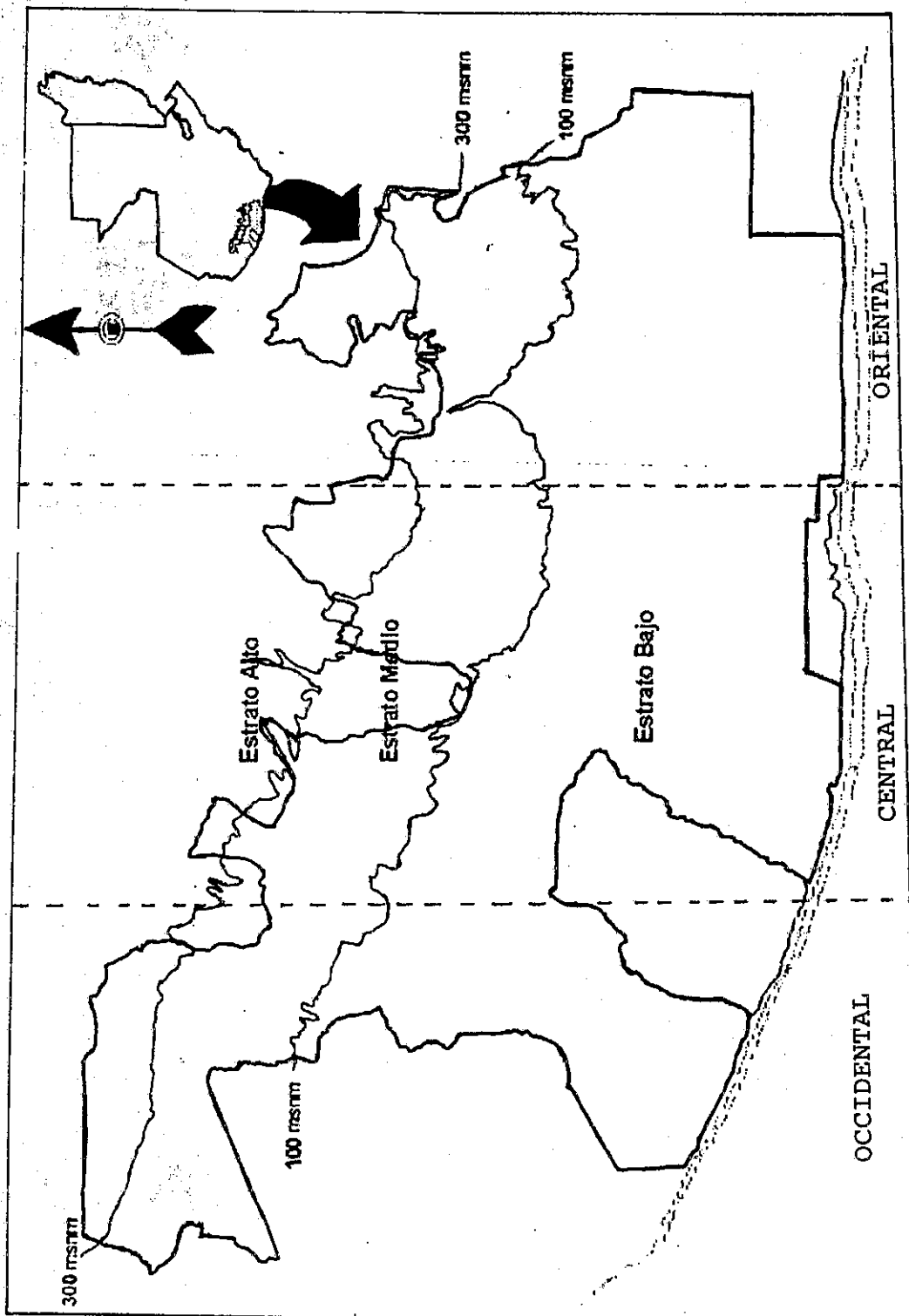


FIGURA 11.A. División subregional de la zona cañera de Guatemala.

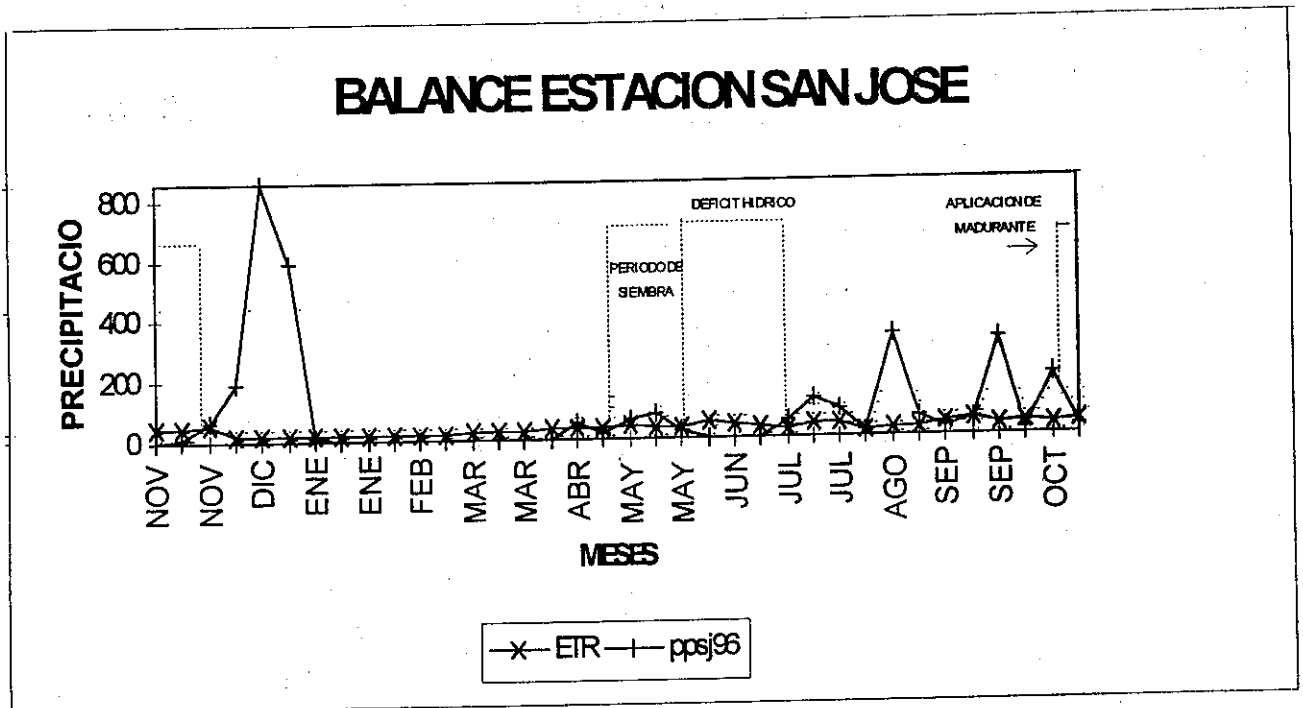


FIGURA 12A. Ejemplo de la interpretación de las gráficas de los balances hídricos.

En esta gráfica se observa la interpretación de los períodos de déficit hídrico, cuando ya se ha establecido la época lluviosa, los períodos de siembra cuando existe disponibilidad de humedad en el suelo y los períodos de aplicación de madurantes cuando disminuye la humedad del suelo y en consecuencia comienza la acumulación de azúcares.

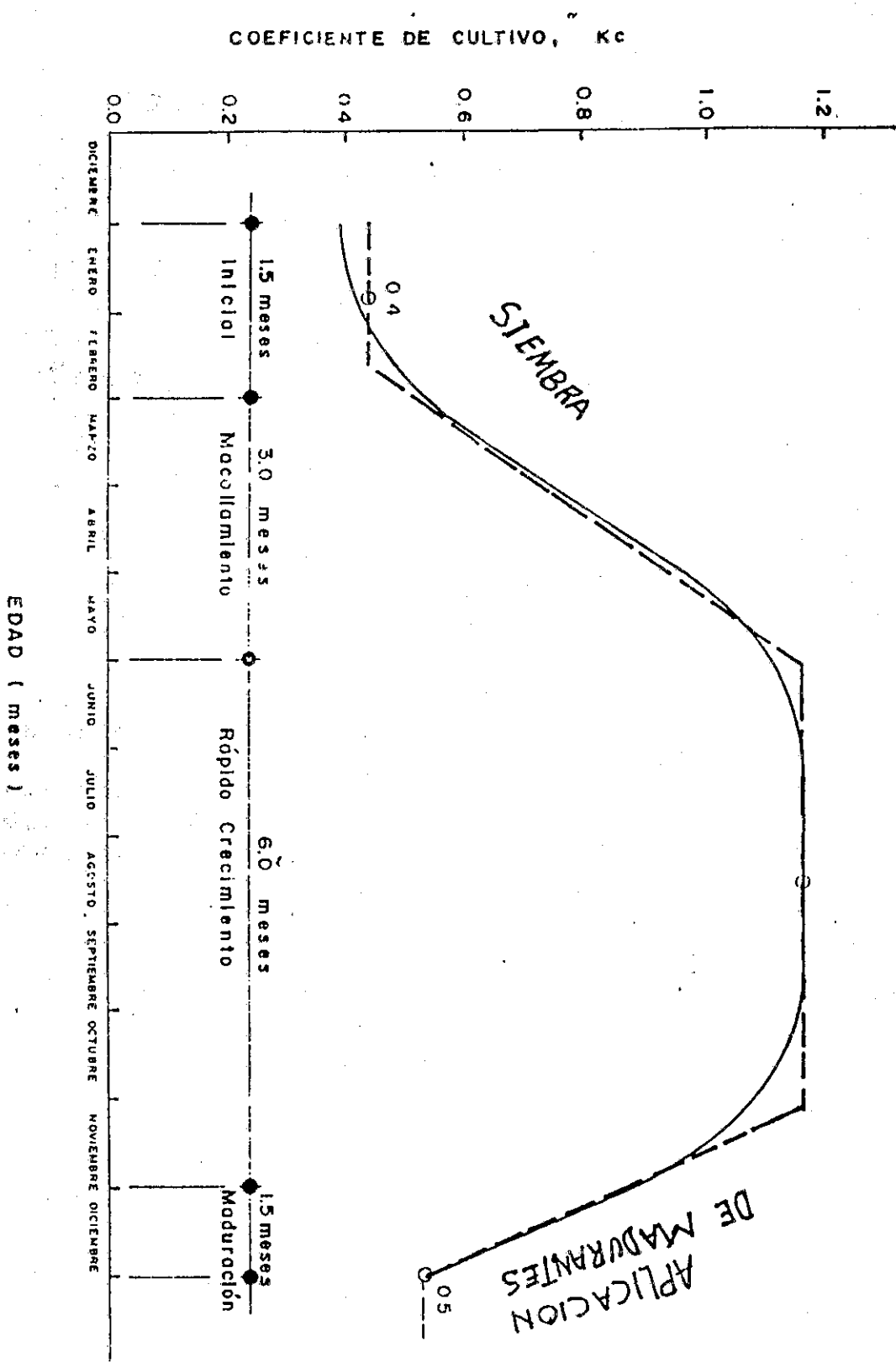


FIGURA 13A. Gráfica de la curva de coeficiente de cultivo (K_c) empleada para el balance hídrico en cada una de las etapas fenológicas de la caña de azúcar.

CUADRO No. 2A. Ejemplo del balance hídrico de una de las estaciones, para el período de estudio de los años seco, normal y húmedo.

mas de 300msnm							
	KC	EVP	ETP	ETR	ppcam83	ppcam88	ppcam96
DIC	0.4	36.5	29.20	11.68	0.00	18.60	0.00
DIC	0.4	38.4	30.72	12.29	2.70	0.00	1.20
DIC	0.4	46.3	37.04	14.82	0.00	0.00	0.00
ENE	0.4	52.1	41.68	16.67	0.00	16.80	12.50
ENE	0.4	52.4	41.92	16.77	0.00	37.70	0.00
ENE	0.4	54.1	43.28	17.31	0.00	0.00	10.30
FEB	0.4	60.8	48.64	19.46	0.00	27.50	0.00
FEB	0.4	58.1	46.48	18.59	75.50	16.80	0.00
FEB	0.4	56.8	45.44	18.18	30.20	0.00	0.00
MAR	0.6	60.6	48.48	29.09	0.00	4.00	0.80
MAR	0.6	58.2	46.56	27.94	8.40	3.70	4.40
MAR	0.6	61.5	49.20	29.52	15.30	0.00	0.00
ABR	0.8	47.3	37.84	30.27	13.70	5.30	8.00
ABR	0.8	43.1	34.48	27.58	49.00	60.10	153.70
ABR	0.8	38	30.40	24.32	64.30	14.10	213.20
MAY	1	39.8	31.84	31.84	30.50	24.70	185.60
MAY	1	39.5	31.60	31.60	31.30	70.40	293.50
MAY	1	32.8	26.24	26.24	321.30	126.50	139.30
JUN	1.2	35.6	28.48	34.18	250.10	232.10	215.30
JUN	1.2	49.4	39.52	47.42	184.30	157.80	159.40
JUN	1.2	37.9	30.32	36.38	130.80	232.40	215.00
JUL	1.2	22.7	18.16	21.79	116.10	189.00	141.80
JUL	1.2	32.1	25.68	30.82	184.30	171.20	105.10
JUL	1.2	39.1	31.28	37.54	130.80	128.30	158.20
AGO	1.2	38.7	30.96	37.15	345.30	317.70	247.30
AGO	1.2	42.1	33.68	40.42	396.40	331.30	161.00
AGO	1.2	38.1	30.48	36.58	192.20	296.90	99.30
SEP	1.2	33.7	26.96	32.35	155.50	131.50	229.20
SEP	1.2	38.8	31.04	37.25	232.00	161.20	376.70
SEP	1.2	27.6	22.08	26.50	244.30	251.40	237.30
OCT	1.2	39	31.20	37.44	110.90	97.80	234.00
OCT	1.2	28.8	23.04	27.65	261.00	7.10	88.50
OCT	1.2	39.3	31.44	37.73	88.10	163.50	144.30
NOV	1.2	35.8	28.64	34.37	0.00	42.50	15.80
NOV	1.2	35.7	28.56	34.27	0.00	16.30	1.80
NOV	1.2	34.3	27.44	32.93	0.00	43.80	93.00

CUADRO No. 3A Ejemplo de como se registraron los datos de precipitación de cada año, para cada estación en estudio.

REGISTRO DE PRECIPITACION DIARIA DE LA ESTACION CAMANTULUL.

1988	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	me.
1					3.8	1.8		11.3	3		9.4		21.3
2					6.4		60	48.5	39.3	64	15.8		234
3					7		40	23.5	9.5	10.2			90.2
4							49	6.7	17.6	10.4	5.8		89.5
5					7.5		16.6		0.8	1		6.9	32.3
6				5.3		111.6	3.4	63.2					183.5
7	16.8							75	12.6			1.2	106.6
8						28		52	1.5		9.5	10.5	101.5
9		26.4				26.5	20	33.5	44.7	10	2		163.1
10		1.1	4			64.2		4	2.5	2.2			78
11		16.8			1		7	119	26.2	2.1			172.1
12	0.4					2.3	16.6	30.8	14.2	2.7			67
13	9.2			10.5		2.4	5.2	3.8	10.3		2.7		44.1
14				4.8	50.2	7.8	24.6	13.3	26	0.8			127.5
15				5.4	13	17.2	18	1.5	34.2	1.5	7.2		98
16	22.8		1.2	38.5		12.2	32.5	0.8	5.5				113.5
17	1.3		2.5	0.9	1	46.5	26.2	38.5			3.5		120.4
18	4					20.5	26.6	24.3	24				99.4
19					5.2	35.7		30.3	20.8		2.9		94.9
20						13.2	14.5	69					96.7
21						45	16	27.5		13	2.9		104.4
22						15.2	6.5	35	29				85.7
23					20.6	2.2	21.2	38.5	3	10.5	21.4		117.4
24					23.3	67	4.5	9.3	23.8	2.7	9		139.6
25				4.5		12.3		6.3	17.5	57.5			98.1
26					22.3	22.5		14.2	73.6		2.4		135
27					0.5	43		65.1	2	20.5	8.1		139.2
28					18	25.2	4.6	16.2	31	32.3			127.3
29					28.4		52	14	71.5				165.9
30				9.6	11.8			27.8					49.2
31					1.6		23.5	43		27			95.1
	54.5	44.3	7.7	79.5	221.6	622.3	488.5	945.9	544.1	268.4	102.6	18.6	3398



Ref. Sem.059-99

FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

LA TESIS TITULADA: "DETERMINACION DE PERIODOS ADECUADOS PARA LA SIEMBRA Y APLICACION DE MADURANTES EN EL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum spp.*), EN FUNCION DEL REGIMEN DE LLUVIAS EN LA COSTA SUR DE GUATEMALA"

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: MARLON GUILLERMO CARRERA LEAL

CARNET No: 9316495

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Gustavo A. Méndez Gómez
Ing. Agr. Virgilio C. Godínez G.
Dr. Ariel A. Ortiz López

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que ha cumplido con las normas Universitarias y Reglamentos de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ing. Agr. Walter García Tello
A S E S O R

Ing. Agr. Otto René Castro Loarca
A S E S O R

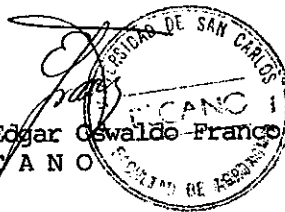
Ing. Agr. M.Sc. Alvaro Hernández Davila
DIRECTOR DEL IIA.

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA
ING. AGRONOMO
COLEGIADO # 602



I M P R I M A S E

Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
D E C A N O



cc:Control Académico
Archivo
AH/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TELEFONO 476-9794 § FAX (502) 476-9770
E-mail: lia@usac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>

