

ESTIMACION AGROFISICA DE LA EPOCA DE SIEMBRA Y PRO
DUCCION EN CONDICIONES DE SECAÑO

Por

Benedicto R. Rincón

Tesis para optar al grado de Magister Scientiae en
Suelos y Riego.

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO INTEGRAL DE
AGUAS Y TIERRAS
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MERIDA-VENEZUELA
1975

DEDICATORIA:

A MI MADRE ESPOSA E HIJA.

El Autor Agradece:

Al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y al Ministerio de -
Obras Públicas por el Financiamiento del Curso realizado.

Al Dr. Aldo Norero cuya eficiente y constante asesoría hizo posible la
realización del presente trabajo.

A los Dres. Eybar Rojas Gomez y Wlhelmus Peters, por su acertada ases-
oría y eficiente colaboración.

Al Dr. Roger Amisial por sus valiosas sugerencias y constante estímulo.

Al personal del Centro Interamericano de desarrollo Integral de aguas y
Tierras, por los conocimientos impartidos y la colaboración prestada du-
rante el desarrollo del curso.

Al personal del Centro Eléctronico de la Universidad de los Andes por su
valiosa y constante colaboración.

Al Centro Electronico de la Universidad del Zulia quienes en forma desin-
teresada colaboraron en todo momento especialmente el Ing. Felipe Araujo,
Ing. Hector Arciniegas, y al Br. Carlos Angel.

A los Ingenieros Publio Santiago e Isidro Meléndez, por su valiosa colabo-
ración y constante estímulo.

A mis compañeros de Curso con quienes compartí conocimientos y actitudes.

A mis compañeros del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Mi-
nisterio de Obras Públicas quienes en todo momento me brindaron su apoyo
moral e intelectual.

Al personal de Biblioteca y Reproducción del Centro Interamericano para el Desarrollo Integral de Aguas y Tierra.

A la Sra. Matilde Coronado M., por su valiosa colaboración en el Mecanografiado del presente trabajo.

Al personal de reproducción del Ministerio de Obras Públicas.

INDICE.

Pagina:

LISTA DE TABLAS.	I
LISTA DE FIGURAS	IV
LISTA DE SIMBOLOS.	VII
RESUMEN.	XI
CAPITULO:	
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.	3
III REVISION DE LITERATURA	5
IV PROCEDIMIENTOS	7
Descripción de las áreas estudiadas.	7
Definición de terminos teóricos.	10
Hipótesis.	13
Modelo Propuesto	14
Métodos Formulas y Convenciones adoptadas.	17
Información.	26
V. RESULTADOS Y DISCUSION	26
VI. CONCLUSIONES	42
VII. RECOMENDACIONES.	44
ANEXO 1: Tablas y Figuras.	48
ANEXO 2: Frecuencia relativa indice de productividad rela- tivo, valor esperado y producción media para la -	

	localidad, suelo, cultivo y épocas indicadas. .	72
ANEXO 3:	Listado del programa, instructivo para su uso - y Diagramas de flujo.	105
ANEXO 4:	Necesidades hídricas de los cultivos estudiados	158
ANEXO 5:	Descripción de calicatas de las series de suelo estudiadas.	162
ANEXO 6:	Salida producida por el computador.	TOMO II.

LISTA DE TABLAS:

Tabla:		Pagina:	Tomo:
1	Datos Agronómicos de los cultivos en estudio.	49	I
2	Características Agronómicas y Morfológicas de los cultivos en estudio.	50	I
3	Características físicas de la serie Socorro - fase bien drenada.	51	I
4	Características físicas de la serie Auxiliado <u>ra</u> .	51	I
5	Características físicas de la serie Cenizo.	51	I
6	Características físicas de la serie El Tigre	52	I
7	Valores de curva de retención de humedad (Se <u>rie</u> El Tigre).	52	I
8	Epocas de siembras recomendables para valores esperados 0.25.	34	I
8a.	Número de siembras favorables en el período - 1965-1974 y valores promedios para diferentes suelos y cultivos.	28	I
9	Comparación entre los estimados de fechas de siembra, producción y observaciones experimen <u>tales</u> efectuadas en el suelo El Tigre, Mene-Grande.	37	I
10	Diferencias en la adaptación bajo condiciones secano de los cultivos y suelos indicados.	36	I
11	Influencia de los suelos y cultivos sobre el potencial productivo de Agua Viva.	39	I

II

LISTA DE TABLAS:

Tabla:		Página:	Tomo:
12	Influencia de los suelos y cultivos <u>so</u> bre el potencial productivo de Mene-Gran <u>de</u> .	40	I
13	Ensayo de fertilización en maíz locali- dad el Tigre, época de siembra 2-10-75.	53	I
14	Ensayo sobre diferentes dosís de ferti- lizantes, en caraota.	54	I
15	Ensayo sobre introducción de variedades de soya.	55	I
16	Ensayo sobre distancias de siembras en maíz.	56	I
17	Ensayo sobre introducción de variedades de maíz.	56	I
18	Ensayo sobre introducción de variedades de algodón.	58	I
19	Secuencia para la introducción del pro- grama en el sistema IBM-360 de la ULA.	154	I
20	Secuencia para la introducción del pro- grama en el sistema 370 de LUZ.	156	I
21 a la 51	Producción potencial, real y precipita- ción total, en las épocas de siembra, - localidad, suelo y cultivo indicados.		II
52 a la 83	Producción potencial, real precipita- ción total e índice de productividad - promedio, en la localidad, suelo y culti <u>vo</u> indicados.		II

III

LISTA DE TABLAS:

Tabla:

Pagina: Tomo:

84 a la 115 Producción real promedio frecuencia re
lativa, índice de producción relativa
y valor esperado relativo de la producc
ción.

II

LISTA DE FIGURAS:

Figura:		Pagina:
1	Representación esquemática de los factores que regulen la producción agrícola en condiciones de secano.	4
2	Esquema de interpretación de la influencia de factores meteorológicos en la productividad de los cultivos.	11
3	Esquema Agroecológico de la conexión entre la humedad del suelo, transpiración, respiración, fotosíntesis neta, productividad de los cultivos.	12
4	Esquema de cálculos para la determinación de épocas de siembra cuando el agua es el factor más limitante de la producción.	15
5	Representación esquemática de los períodos en que se divide el análisis para determinar la época de siembra y la producción.	21
6	Clasificación dinámica de la humedad disponible en el suelo.	23
7	Curva de succión versus humedad, serie de suelo Auxiliadora.	59
8	Valores de succión versus humedad, serie de suelo Socorro.	60
9	Curva de succión versus humedad, serie de suelo El Tigre.	61
10	Valores de succión versus humedad, serie de suelo El Cenizo.	62

LISTA DE FIGURAS:

Figura:		Pagina:
11	Ubicación de la zona estudiada.	63
12	Curva de crecimiento del algodón variedad "El Cerro" serie El Cenizo (MICHELANGELLI, 1971).	64
13	Relación entre la producción estimada de algodón, - sembrado entre Agosto y Septiembre y la precipitación en diversas temporadas entre 1965 - 1974.	30
14	Relación entre la producción estimada de Soya sembrada entre Agosto y Septiembre y la precipitación en <u>diversas</u> temporadas entre 1965 - 1974.	30
15	Relación entre la producción estimada de Caraota sembrada entre Agosto y Septiembre y la precipitación en diversas temporadas entre 1965 - 1974.	30
16	Relación entre la producción de maíz sembrado entre - Agosto y Septiembre y la precipitación en diversas - temporadas entre 1965 - 1974.	30
16a.	Curva de crecimiento radicular del algodón variedad - El Cerro, serie de suelo el Cenizo (MICHELANGELLI, - 1971).	65
17	Diagrama de flujo del programa principal.	124
18	Diagrama de flujo de la sub-rutina Desvia.	146
19	Diagrama de flujo de la sub-rutina Fechas.	148
20	Diagrama de flujo de la sub-rutina ULA.	152
21	Diagrama de flujo del programa para crear un archivo en discos.	153

LISTA DE FIGURAS:

Figura:		Pagina:
22	Curva de crecimiento del maíz (Girolano Azzi, 1974).	66
23	Curva de crecimiento de la caraota (Norero, - 1972).	67
24	Secuencia en la introducción de los datos para el programa JOB CREA.	116
25	Secuencia en la introducción de los datos en el programa principal (JOB SIEMBRE).	123
26	Valores de precipitación en la localidad de Agua Viva.	69
27	Valores de precipitación en la localidad de Mene-Grande.	70
28	Valores de insolación (horas de sol) en la localidad de Mene-Grande.	71
29	Valores de evaporación en la localidad de Agua Viva.	68
30 a la 61	Frecuencia relativa, índice de productividad relativo, valor esperado y producción media para la localidad, suelo, cultivo y épocas indicadas.	73 a la 104

VII

LISTA DE SIMBOLOS

Simbolo	Definición
A	= Paramétero de la curva de retención intercepto con la <u>orde</u> nada.
AAIPR	= Indice de productividad relativa, obtenido de la relación de la producción real promedio y la producción potencial promedio.
ACU	= Cantidad de precipitación producida en 'NTC', las unidades son milímetros.
AIFF(IT)	= Indice foliar en el IT-esimo día.
AIFR(IT)	= Indice foliar relativo en el IT-esimo día.
AINCRE	= Incremento de humedad que se produce en el suelo después de una lluvia (en fracción).
AIR	= Insolación relativa.
AL ₁ I	= Altura sobre el nivel del mar en metros
AIPR(I)	= Indice de productividad relativa en el I-esima quincena
AIS(I)	= Valor esperado relativo en la I-esima quincena
ANS	= Paramétero que indica la textura del suelo.
B	= Paramétero de la curva de retención (pendiente).
C	= Coeficiente de enraizamiento.
CODSER(J)	= Código que representa la serie de suelo.
CODTIP(J)	= Código que representa el tipo textural del suelo.
CODLOC(J)	= Código que representa la localidad en estudio.
DES1	= Desviación estandar que experimenta la producción potencial.
DES2	= Desviación estandar que experimenta la producción real.

VIII

Símbolo	Definición
DF	= Máxima profundidad radicular
EF	= Eficiencia de conversión de la radiación solar
ETMAX	= Evapotranspiración máxima (mm).
EVA (IT)	= Evaporación de tina diaria (mm).
ET(IT)	= Evaporación real del cultivo a nivel diaria (mm).
FPROV	= Relación de producción promedio durante la etapa vegetativa
FPROF	= Relación de producción promedio durante la etapa de floración
FPROG	= Relación de producción promedio durante la etapa de granado
FFROM	= Relación de producción promedio durante la etapa de maduración.
FC	= Factor de conversión de materia seca a producto cosechado en (kilogramos/hectárea).
FRER(I)	= Frecuencia relativa.
FMAX	= Valor máximo de la producción potencial que registra en las épocas favorables de siembra.
H(IT)	= Humedad del suelo diaria en volumen y fracción
HCC	= Humedad del suelo a capacidad de campo en volumen y fracción
HS	= Humedad con la cual se comienza la siembra expresada en volumen y fracción.
HPMP	= Humedad del suelo a punto de marchitez permanente en volumen y fracción.
IFMA	= Índice foliar máximo.
IPMAX	= Índice de producción máxima expresado en kilogramos de materia seca por hectárea.
JK	= Mes que se inicia la siembra.
KJ	= Día del año que finaliza el ciclo del cultivo.

IX

Simbolo	Definición
JN	= Mes que finaliza el ciclo del cultivo.
KN	= Día del año que inicia la época de siembra.
LIM1	= Lámina de agua necesaria para humedecer los primeros veinte centímetros de suelo.
LIM11	= Paramétro que expresa la lámina de agua que contiene el suelo con el cincuenta por ciento del agua útil.
LIM2	= Limite mínimo de precipitación en la época de cosecha.
NPT	= Número de días para preparar el terreno
NCO	= Número de días para la cosecha.
NTC	= Ciclo de crecimiento del cultivo.
NCV	= Número de días que necesita el cultivo para la etapa vegetativa.
NCF	= Número de días que necesita el cultivo para cumplir la etapa de floración.
NCG	= Número de días que necesita el cultivo para cumplir la etapa de granado o encapsulado.
NCM	= Número de días que necesita el cultivo para cumplir la etapa de maduración.
NHSOL(I)	= Horas teóricas de sol.
PROACU	= Precipitación promedio durante el ciclo de cultivo
PROPOT	= Producción potencial promedio.
PROPRO	= Producción real promedio.
PROR(I)	= Producción potencial promedio en la I-esima quincena
PRODUC	= Producción real expresada en Kgrs/Ha.
PRMR(I)	= Producción real promedio en la I-esima quincena.
PMAX	= Producción máxima expresada en Kgrs/Ha.
PRE(IT)	= Precipitación diaria (mm).

Simbolo	Definición
RA(I)	= Radiación en el tope de la atmósfera expresados en calorías/centímetro cuadrado-día.
RET(I)	= Evapotranspiración relativa en el IT-esimo día.
RGT	= Radiación global total durante el ciclo de crecimiento - del cultivo, expresado en calorías/centímetros cuadrado.
RPRO	= Relación de producción durante el ciclo de crecimiento - del cultivo.
RG(IT)	= Radiación global en el IT-esimo día, expresada en calorías/centímetro cuadrado-día.
SPI(IT)	= Succión crítica del suelo a nivel diario (ATM).
TF	= Tiempo al cual se obtiene la máxima profundidad radicular.

RESUMEN:

Se desarrolla un método para investigar las épocas de siembra - más convenientes para condiciones de secano. Se aplica a dos localidades de la cuenca del Lago de Maracaibo, comparando cuatro cultivos y - cuatro suelos, de los más importantes de la región.

El método se basa en un modelo agrofísico para estimar el consumo de agua; el crecimiento y la producción de las plantas con el solo - aporte hídrico de la precipitación. El modelo integra la influencia climática, edáfica y característica de los cultivos. Analiza hipotéticamente el balance hídrico con la información edafotécnica y en las condiciones climáticas descritas en 10 años de registros. Se establecen requisitos de humedad para asegurar las labores previas de la siembra y para - la recolección de la cosecha. Las fechas recomendables son aquellas que con mayor frecuencia satisfacen esas condiciones y además rinden una producción satisfactoria.

Los resultados indicaron que la explotación de secano en las localidades estudiadas es precaria: (a) Las mejores épocas tienen probabilidades de éxito de sólo 6 a 7 años en 10; (b) aún asegurada la cosecha con esta frecuencia, la producción de ellas en diferentes temporadas es muy variable, y (c) se puede cultivar sólo en uno de los dos períodos - anuales de lluvia, de preferencia sembrado entre agosto y octubre.

El maíz y la soya mostraron las mayores posibilidades; el algodón, muy pocas. La serie El Cenizo y Auxiliadora resultaron claramente superiores a la serie Socorro; la serie El Tigre reveló una aptitud interme-

dia. La localidad de Mene-Grande, en general con mayor precipitación - que Agua Viva, demostró mayor capacidad productiva y amplitud de siembras.

El procedimiento propuesto puede usarse en la planificación y - análisis de experimentos sobre épocas de siembra; en la clasificación de suelos y zonas con fines de secano; en la estimación de beneficios derivables de obras de riego, y en la selección y adaptación de cultivos a - la agricultura de lluvia.

CAPITULO I.

INTRODUCCION

La planificación y el desarrollo agrícola de un área plantea varias interrogantes importantes, como por ej: ¿Cuales son los cultivos más rentables?, ¿Bajo que condiciones de manejo deben establecerse dichos cultivos?, ¿Cuales serán las diferentes alternativas de rotación?, ¿Cual es la productividad de los cultivos allí establecidos?, ¿Poseé la zona una capacidad de producción adecuada? etc. Esta serie de interrogantes dificulta en alto grado la labor del planificador agrícola, tanto en áreas de riego como de secano. Indudablemente que en la agricultura de secano la variabilidad de factores que inciden en la producción es mayor, especialmente el factor agua. Necesitando por lo tanto mayores antecedentes técnicos con el fin de poder determinar con mayor realismo la época más favorable para el mejor desarrollo de los cultivos. Cuando el agua es escasa o de desigual distribución anual, no puede pretenderse mantener la evapotranspiración de los cultivos permanentemente a su máxima intensidad, ni esperar cosechas muy abundantes. Lo esencial en estas condiciones es asegurar una aceptable producción con la mayor frecuencia posible. Para ello es necesario: (a) asegurar las labores previas a la siembra, (b) las labores de recolección, (c) disminuir los períodos e intensidad de la deshidratación de las plantas durante su crecimiento, y (d) que ésto no ocurra en etapas críticas del desarrollo. La lluvia es un factor climático de gran variabilidad, tanto en cantidad y distribución a través del ciclo de cultivo. Esto hace necesario delimitar las opciones de siem-

bra que atenúen las influencias desfavorables y aprovechen mejor los re cursos hídricos, disminuyendo el riesgo y manteniendo la producción a - niveles económicamente compensatorios.

La influencia de la lluvia sobre la producción aunque estrecha, es, no obstante indirecta. Su importancia depende del grado de discrepancia o concordancia entre la demanda de agua impuesta al cultivo por el am biente climático y la provisión u oferta de agua del suelo. En efecto, - éste, por su capacidad de almacenar parte o toda el agua en períodos de - lluvia y cederla paulativamente a las plantas en períodos secos posteriores, ejerce un importante papel amortiguador de las fluctuaciones de la - precipitación. Por otra parte, el cultivo presenta mayor sensibilidad al déficit hídrico en ciertos períodos de su desarrollo que en otros (Salter y Goode, 1967). Además, no todos tienen la misma capacidad de enraizamiento en procura del agua del suelo, durante su crecimiento.

Por eso, aún bajo regimenes pluviométricos semejantes, cabe esperar que las épocas apropiadas para sembrar varíen entre distintos suelos y cultivos.

En regiones de larga tradición agrícola los agricultores han conseguido ajustar empíricamente las épocas más favorables para sembrar, y - ello suele constituir ya una práctica establecida. En regiones con menos tradición agrícola o donde las variables aleatorias de la producción oscilan ampliamente de una temporada a otra, son necesarios mayores antecedentes técnicos para planificar las fechas más convenientes de siembra. Con fin, se establecen ensayos agronómicos para investigar por vía experimental

el efecto de las fechas de siembra en el desarrollo y producción de los cultivos. Estos ensayos deben conducirse durante varios años, puesto - que los factores meteorológicos y fitotécnicos que afectan el rendimiento de las plantas pueden variar considerablemente en el tiempo. Debido a la lentitud y costo de estas experiencias inductivas, la investigación agronómica se ha dirigido también al desarrollo de métodos deductivos, - fundamentados en el análisis de ocurrencia de los factores limitantes al desarrollo y producción de los cultivos.

En el presente trabajo se expone un método de esta naturaleza, basado en el análisis de la distribución de las lluvias en relación con la demanda de agua de las plantas, en las características hidrodinámicas del suelo y del desarrollo del cultivo, y en un modelo de simulación del consumo de agua (ver figura No. 1).

El procedimiento desarrollado determina la época más apropiada de siembra, la productividad de los cultivos, el potencial productivo de los suelos, el potencial productivo de la localidad en estudio y la adacta bilidad de los cultivos a condiciones de secano.

CAPITULO II.

OBJETIVOS

1. Desarrollar un procedimiento para determinar la época más probable de siembra bajo determinadas condiciones de suelo, clima y cultivo.
2. Determinar el potencial productivo de las zonas en estudio.

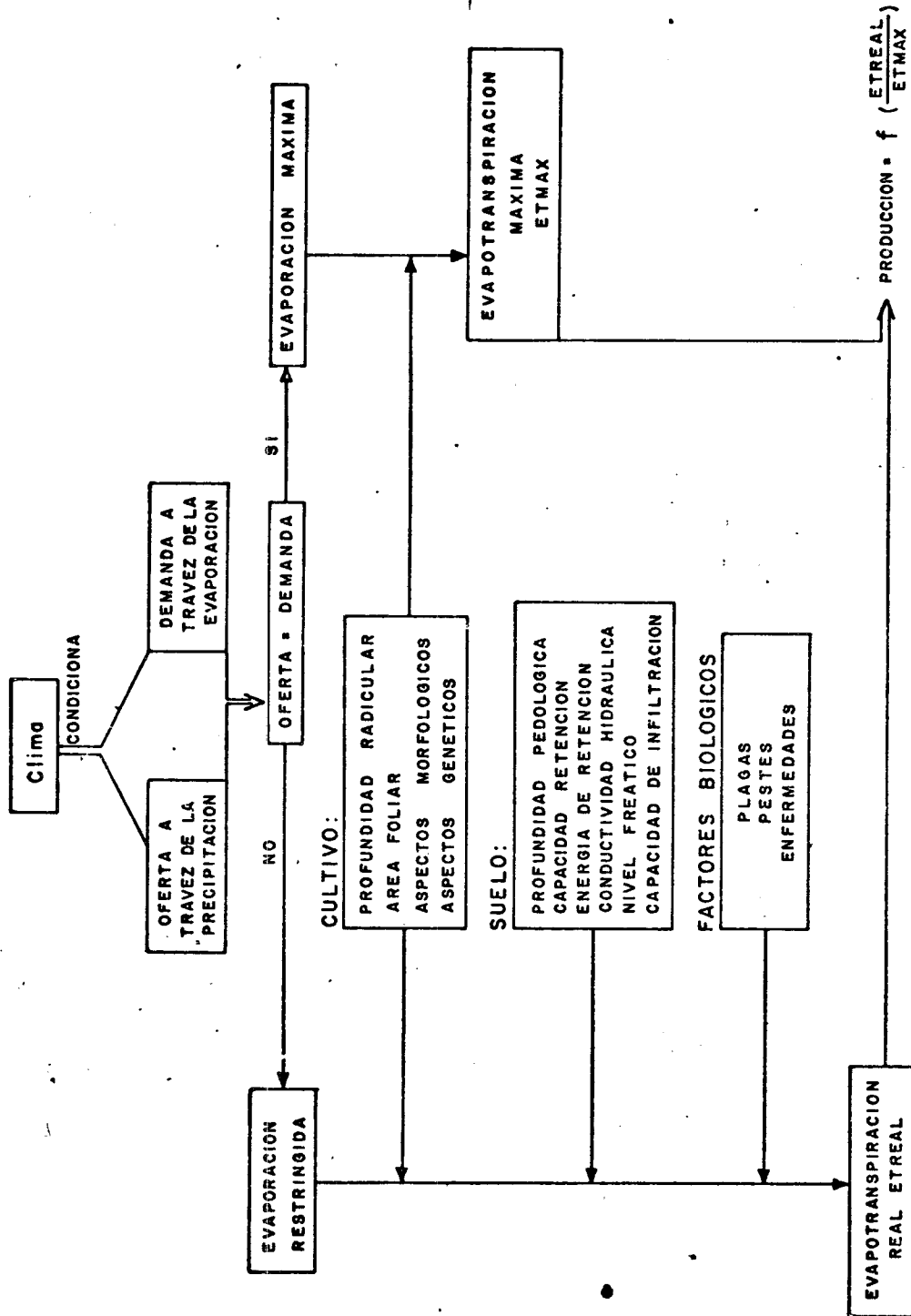


Figura: 1 Representación esquemática de los factores que regulan la producción agrícola en condiciones de secano.

CAPITULO III.

REVISION DE LITERATURA

Los factores que limitan las siembras pueden ser de diferente naturaleza: (a) socio-económicos, como la disponibilidad de mano de obra, las expectativas del mercado, etc.; (b) fitotécnicas, tales como la oportunidad para labrar la tierra, para ejecutar las faenas de protección al cultivo y su cosecha, para acomodar varios cultivos en una rotación, etc.; y (c) con más frecuencia, son de característica biofísica; por ejemplo, provisión de agua, de calor, de luz; parasitismo de hongos, bacterias, virus; predación de insectos y pájaros, invasión de algas, etc. (Papadakis, 1970; Burgos, 1965).

En regiones templadas y frías la ocurrencia de bajas temperaturas, el congelamiento del suelo y la cobertura del terreno con nieve constituyen series limitantes de las épocas de siembra. En estos casos se han desarrollado técnicas y formulas para establecer las fechas de siembra basadas en el cálculo de probabilidades de ocurrencia de heladas de primavera y otoño (Ventskevich, 1961), en la predicción del período de derretimiento de nieve, descongelamiento del suelo, desaparición de la inundación subsiguiente (Popov, cit. por Molga 1962) y del período de secado del suelo, necesarios para las operaciones mecanizadas para la siembra (Poliakov, cit. por Molga, 1962).

En la zona tropical la temperatura no es un factor limitante en la determinación de la época de siembra, excepto en regiones a grandes al-

turas (Burgos, 1965). En cambio, sí lo es la precipitación, donde no exista el riego. Para estas condiciones, algunos autores han propuesto métodos de predicción de épocas de siembra basados en el análisis de probabilidades de lluvias y en la demanda potencial de agua de los cultivos. Así por ejemplo, Webster y Wilson (1964) establecieron épocas de siembra que modificaron exitosamente la costumbre tradicional de sembrar maíz y algodón en Africa tropical. Amisial (1971) basó su método en el análisis de frecuencia de una serie de excedencia de precipitación y determinó las fechas de siembra que hicieran coincidir el período de crecimiento con dicha suplencia. Garcia Benavides, (1969) también hace el balance hidrológico de una serie de años siguiendo las normas propuestas por Thornthwaite, y basandose en los requisitos de la evapotranspiración potencial, el mismo autor (1967) realizó estudios de zonificación en Venezuela para la caraota en base al regimen hidrico. Ortega (1967) para la zonificación de la caraota toma en cuenta las exigencias climáticas del cultivo y la distribución de las precipitaciones. En el método de Gutiérrez y Amisial (1974) se define por época de siembra la que indica la mayor probabilidad de satisfacer sucesivamente predeterminadas precipitaciones en cinco etapas del crecimiento vegetal: germinación, floración, fructificación, maduración y cosecha. Las necesidades de agua fueron expresadas como lámina de agua almacenable hasta determinada profundidad, variable por etapa, y se basaron en información experimental sobre requerimientos potenciales de evapotranspiración. Los autores indican como limitaciones principales a su método la dificultad de ejecutar cálculos de probabilidad, con pocos años de registro pluviométrico, y la elevada exigencia o restricción en

los niveles necesarios de agua en las distintas etapas; ellos sugieren - emplear el análisis probabilístico directamente a la humedad del suelo, - en vez de las lluvias, para lo cual debe estimarse el balance hídrico a lo largo del ciclo de desarrollo.

Un avance de este método es propuesto por Galeano y Zurita - (1975), los cuales establecen un balance de humedad en el suelo a nivel diario, y comparan la demanda potencial de la caraota con la humedad - existente en el suelo, a posterior realizan un estudio probabilístico pa- ra determinar la época más probable de siembra.

Como puede apreciarse, los métodos propuestos ignoran el efecto mediador del suelo entre la demanda de agua de la atmósfera y el suministro de agua almacenada. Además definen las necesidades en base a la evapotrans- piración potencial, a pesar de que en seco es posible obtener cosechas de cierta importancia económica aún con régimen restringido de humedad. Más que un balance hidrológico (diferencia entre precipitación y evapo- transpiración potencial) es preciso estimar el balance hídrico (diferente entre demanda atmosférica y suministro de agua del suelo).

CAPITULO IV.

PROCEDIMIENTO

Descripción de las Areas estudiadas

En el presente estudio se analizan los datos climáticos de dos estaciones meteorológicas, localizadas, una en la zona de Agua Viva y o- tra en la zona de Mene-Grande (ver figura No. 11).

El área de influencia de dichas estaciones abarca dos grandes sectores. Estos sectores están representados por: a) sector río Motatán, b) sector de la planicie aluvial de los ríos Pueblo Viejo, Machango, Misosa y San Pedro. Ambos sectores son de un alto potencial agrícola (COPLANARH 1974), y representan un área de aproximadamente 120.000 Has., de las cuales el 50% de los suelos fueron seleccionados para realizar el estudio por poseer la información requerida.

Sector Río Motatán:

Delimitación: comprende este sector la planicie aluvial del río Motatán, la cual limita por el Norte, con el área de la planicie aluvial cenagoza, transicional con la planicie aluvial del río San Pedro, por el Sur, con el límite que sigue al alcance aproximado de los aportes de la quebrada La Vichú, por el Este, por el Pie de Monte de la serranía Misosa-Trujillo y por el Oeste con la margen del Lago de Maracaibo.

La planicie aluvial del río Motatán se caracteriza como una entidad propia, debido básicamente a dos aspectos. En primer lugar, este es un río, al igual que el río Chama, con una amplia cuenca de recepción, que se adentra profundamente con la Cordillera Andina, lo cual da origen a una extensa planicie aluvial; en segundo lugar su sistema deposicional es relativamente homogéneo, lo cual se evidencia por la uniformidad en los suelos, cuyos sedimentos de base son identificables por su riqueza en limo y Mica, y diferenciables de los sedimentos del río San Pedro, al Norte y de los sedimentos de la quebrada La Vichú, al Sur.

Relieve: Es casi plano, con una leve pendiente en sentido Este-Oeste, que

se extiende hasta las orillas del Lago de Maracaibo.

Clima: El clima del sector es sub-humedo, con precipitaciones que oscilan entre 1.000 y 1.400 mm; éstas aumentan desde el Pie de Monte hacia el Lago. El regimen de distribución de las precipitaciones es bimodal, presentando dos máximos que ocurren en los meses de Abril y Octubre, y dos mínimos que ocurren en los meses de Febrero y Julio. La irregularidad de las lluvias y la mayor concentración de uno de los picos hace que solamente una sola cosecha pueda ser obtenida al año.

Uso Actual: En el Nor-Oeste del sector, bajo condiciones de secano, se encuentran cultivos anuales, sobre todo maíz. También se cultiva pero en menor escala yuca, plátano, cambúr y caña de azúcar.

En la zona donde esta ubicado el sistema de riego El Cenizo, se realizaron siembras de algodón, y actualmente se cultiva sorgo.

Sector de la Planicie Aluvial de los Ríos Pueblo Viejo, Machango, Misoa y San Pedro:

Delimitación: Este sector esta delimitado por el Norte, por los aluviones del río Pueblo Viejo, por el Sur, incluye un área transicional cenagoza, entre este sector y el sistema de la planicie aluvial del río Motatán, por el Este, el Pie de Monte de la serranía Misoa-Trujillo y por el Oeste la margen del Lago de Maracaibo.

Clima: la precipitación en el sector fluctúa en el orden de los 1.000 a 1.400 mm. en promedio anual, aumentando de Norte a Sur y de Este a Oeste. El regimen de distribución es bimodal, presentando identicas características del sector Motatán.

Las temperaturas son superiores a los 26°C.

La vegetación corresponde a la de bosque seco tropical, según HOLDRIDGE.

Uso Actual: en el sector, sobre todo al Sur de la población de Bachaquero, ha habido un uso tradicional agrícola. Al Norte de la población de Bachaquero, el tipo de explotación predominante es la ganadería, con establecimientos de potreros de pasto Guinea (*Panicum maximum*).

Definición de Terminos Teóricos:

Agrofísica. Es la aplicación sistemática de principios físicos para caracterizar, describir e interpretar matemáticamente los procesos biológicos del crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas.

Agroecología. Es el estudio de la influencia integral de factores climáticos, edáficos y biológicos sobre la producción agrícola (ver figura No 3).

Índice de Productividad relativo. Es el cociente entre la producción real y la producción potencial.

Producción potencial. Es el crecimiento vegetal máximo (biomasa total - por unidad de área), obtenido en determinado habitat cuando el suelo no impone limitaciones en la nutrición mineral, provisión de agua, aire y además es favorable térmicamente; además no existen pérdidas por parasitismos (plagas y enfermedades), ni por competencia con maleza (ver figura No.2).

Producción real. Es el crecimiento total del cultivo obtenido en determinado habitat, cuando solamente existen limitaciones de humedad en el suelo.

Valor esperado relativo de la producción. Es el producto del índice de pro

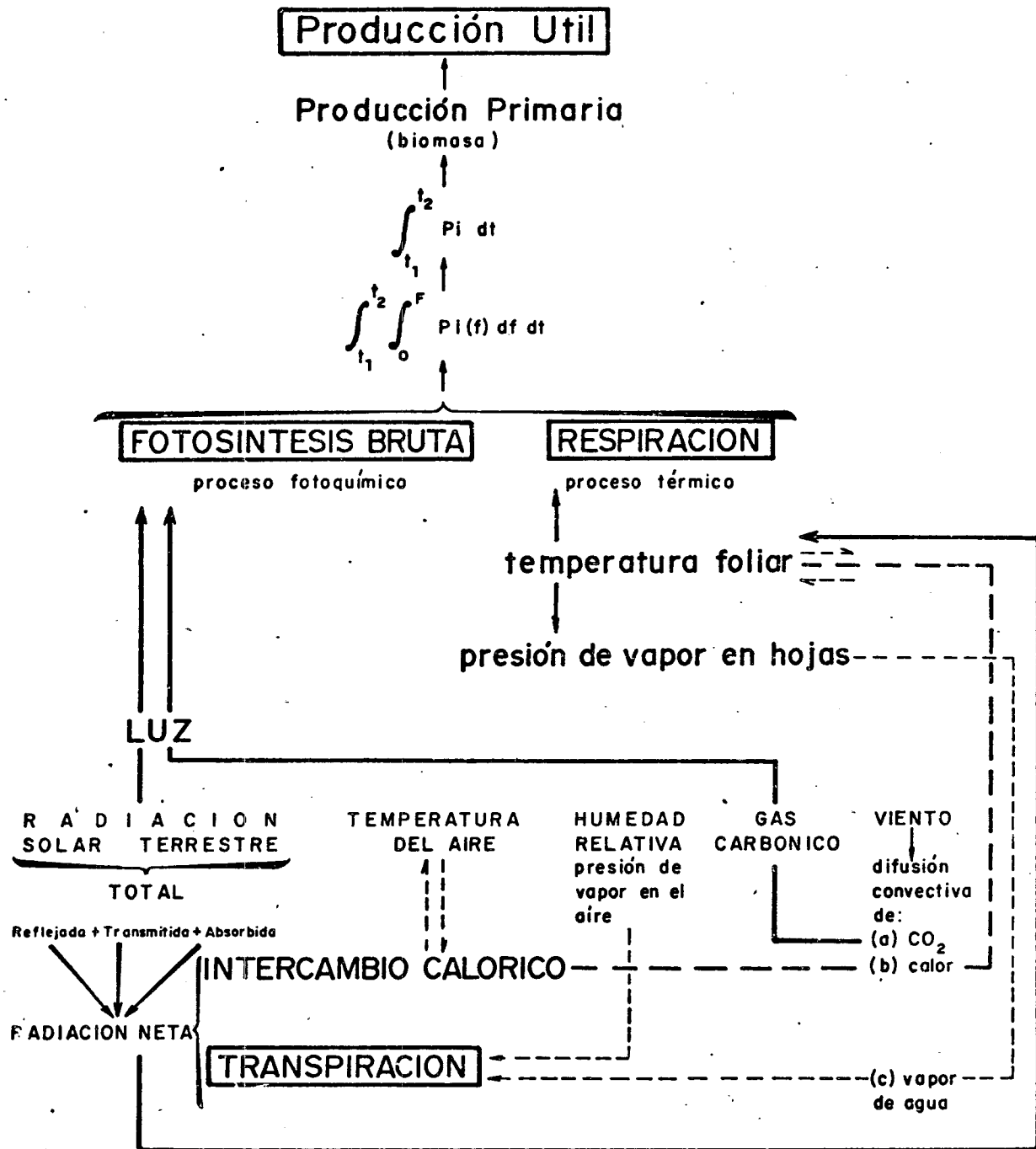


Figura: 2 . Esquema de interpretación de la influencia de factores meteorológicos en la productividad de los cultivos.

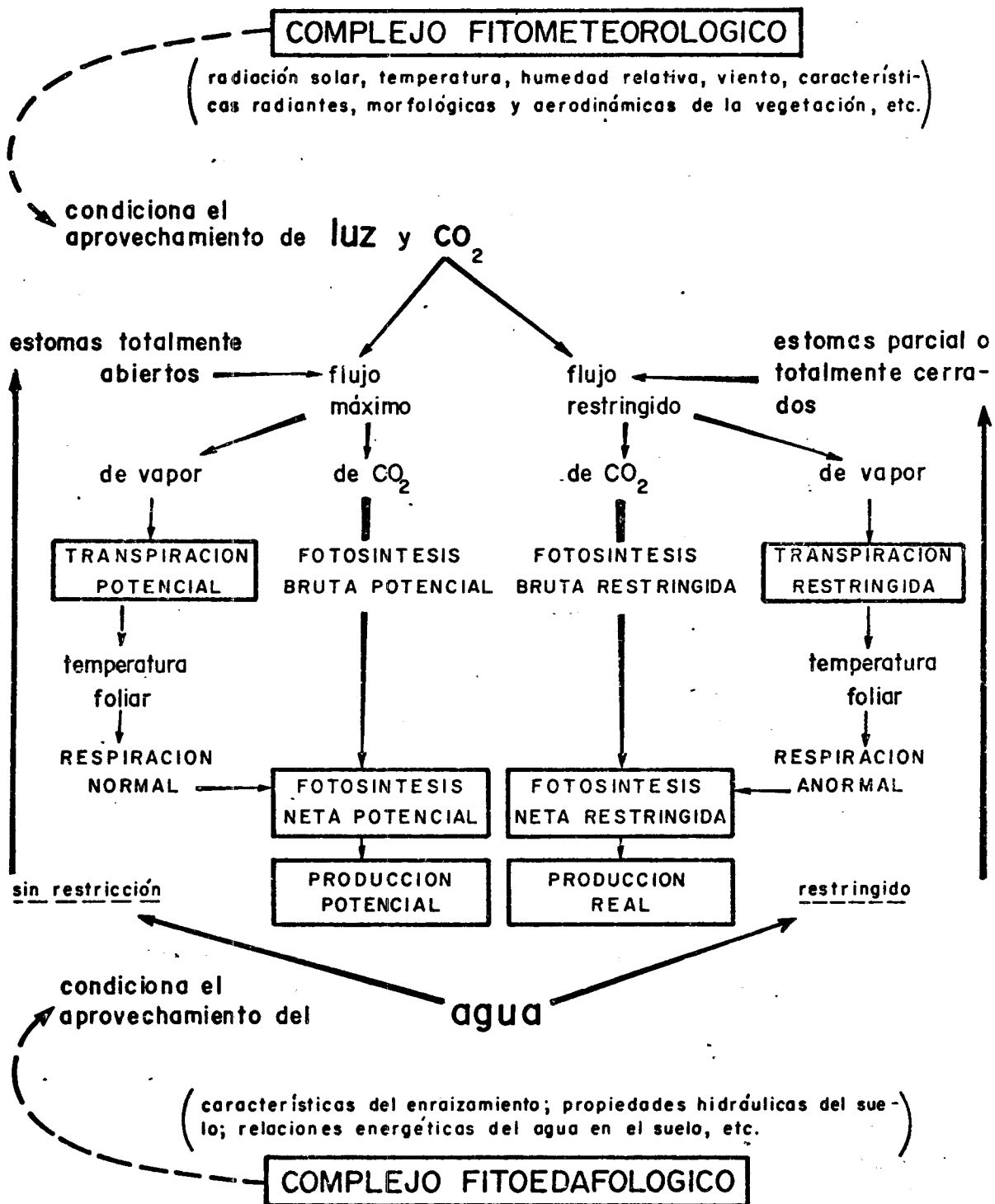


Figura: 3. Esquema agroecológico de la conexión entre la humedad del suelo, transpiración, respiración, fotosíntesis neta, productividad de los cultivos.

ducción relativo por la probabilidad del evento.

Hipotesis:

1. El consumo de agua por los cultivos este regido por factores climáticos, edáficos y de cultivo (Taylor y Ashcroft 1972). Así mismo - esta demostrado que la producción de un cultivo dado, depende especialmente de la transpiración que dicho cultivo experimenta (García et al 1970, Shibles 1966, Weihng 1963, Chang 1968, Loomis et at 1963).
2. La interacción entre características del cultivo como la profundidad de enraizamiento, área foliar, aspectos morfologicos, geneticos etc., y la demanda atmosférica determinaran la evapotranspiración máxima. Si esta se mantiene a lo largo de todo el ciclo de crecimiento y no interfieren limitantes de suelo o parasitarias, se obtiene la producción potencial.
3. El clima determina tanto una oferta a través de la precipitación como una demanda debido a la evaporación.
4. En secano la suplencia de agua debido a la precipitación no es continua ni concuerda siempre con los requerimientos del cultivo. Debido a esto la producción se reducira de acuerdo a la magnitud del déficit y a la etapa de desarrollo en que se presente. Si la productividad se reciente en proporción directa al déficit de evapotranspiración - (Chang 1967), la aplicación del principio de Boulé (Hall 1974), permite expresar la producción relativa final como el producto de la evapotranspiración relativa promedio que se presenta en cada etapa del desarrollo.

5. Al existir un déficit hídrico en el suelo la planta no puede mantener un alto grado de hidratación en los tejidos, entonces se produce una pérdida de turgencia y los estomas comienzan a cerrarse. Bajo estas condiciones la transpiración es inferior a la máxima y su intensidad depende de condiciones climáticas, edáficas y de cultivo (Norero 1974) También factores biológicos como plagas, pestes y malezas afectan la tasa de transpiración (ver figura No. 1), y por lo tanto la producción final resulta de la actuación combinada de los factores antes mencionados.

Modelo Propuesto:

Se considera apta una fecha de siembra si se cumplen tres requisitos y una condición. Los tres requisitos son: (a) suficiente humedad para preparar el terreno; (b) suficiente humedad para asegurar el establecimiento de la siembra, y (c) suficiente sequía para permitir la recolección de la cosecha. La condición es que la humedad del suelo durante todo el desarrollo del cultivo sea suficiente para obtener una cosecha lucrativa.

La secuencia de cálculos es la siguiente (figura 4).

1. Se escoge arbitrariamente un día cualquiera del período de registros climáticos disponible. Este puede ser por ejemplo, la fecha más antigua de esos registros (día 0).
2. Se investigan los tres requisitos ya mencionados, los cuales deben cumplirse simultáneamente. Basta el fallo de uno de ellos para -

1.- Elige el día inicial

2.- Cálculos de requisitos iniciales

3.- Calcular la condición de consumo de agua y producción

4.- Reinicia ciclo de cálculos en el día $n = n + 10$

5.- Cálculo de probabilidades

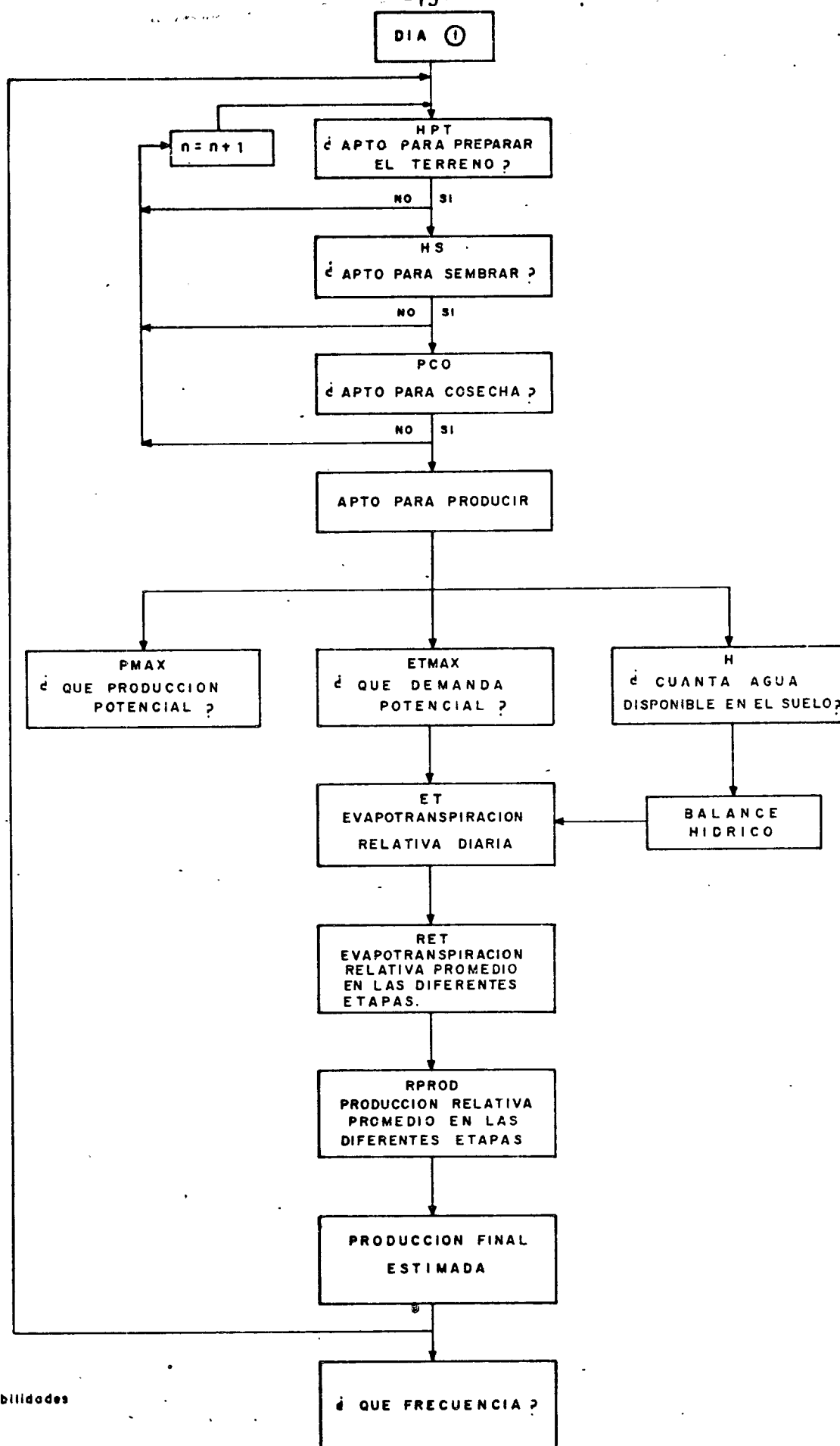


Figura 4 - Esquema de cálculos para la determinación de épocas de siembra cuando el agua es el factor más limitante de la producción.

eliminar la posibilidad de siembra, en cuyo caso se pasa al día siguiente. Se continúa así (días n) hasta conseguir una fecha en que se satisfacen los tres requerimientos (día $n + 1$).

3. Entonces, se procede a calcular la humedad disponible al cultivo sembrado en esa fecha; la magnitud del déficit hídrico que experimenta en diferentes etapas del desarrollo, y las consecuencias de éste en la producción final. Estos cálculos suponen la estimación de las necesidades de agua a lo largo del ciclo de desarrollo (evapotranspiración potencial); de la producción máxima obtenible si se satisfacen esas necesidades y el consumo efectivo diario de agua, de las plantas (balance hídrico). Este último cálculo permite estimar el grado en que es atendida la demanda de agua durante el crecimiento (evapotranspiración relativa). El modelo supone una proporcionalidad directa entre el suministro efectivo de agua y la producción.
4. Se reanuda un nuevo ciclo de cálculos en fechas posteriores hasta analizar sucesivamente el total de días (M) disponibles del registro climático.
5. Si se cuenta con varios años de registro, los resultados indican épocas de siembras que se ajustan a las cuatro especificaciones - en varias temporadas; otras fechas que las satisfacen sólo algunos años, y otras que nunca las cumplen. Los cálculos de varios años de registro permiten establecer entonces (a) la frecuencia con que - ciertas épocas del año son adversas o propicias a la siembra, y (b)

la variabilidad de la producción asociada a ellas, y así, los riesgos y posibilidades de diversas fechas de siembra.

Aplicados a distintos suelos y cultivos, los resultados muestran la aptitud relativa de éstos para la agricultura de secano.

Debido a lo laborioso de los cálculos se elaboró un programa de computación en lenguaje Fortran IV. El listado e. Instructivo para su uso aparece en el anexo 2.

Metodos, Formulas y Convenciones Adoptadas.-

Las variables y parámetros se identifican por los nombres que aparecen en el programa de computación en lenguaje Fortan IV, con el fin de facilitar la comprensión de dicho modelo.

a. Requisito 1. Humedad necesaria para preparar el terreno (HPT).

Se considera un suelo apto para ser labrado si la humedad contenida en los primeros veinte centímetros de suelo (capa arable) es mayor o igual a un limite prefijado, denominado L1M1. Esta humedad debe ser suministrada por la precipitación en un número de días tal que la labor de preparación se pueda realizar (NPT), indudablemente que este número de días necesarios para preparar el terreno depende del tipo de labor a realizar (mecanizada ó manual), ver tabla 1.

$$HPT = 200 \times (Hcc - HPMP)$$
$$HPT = \sum_{IT=1}^{NPT} PRE (IT)$$

Hcc = Humedad a capacidad de campo expresada en volumen y fracción (cms/cm3. suelo).

PRE (IT) = Precipitación en el IT-esimo día (mm).

b. Requisito 2. Humedad necesaria para sembrar (HS).

Se considera que para poder realizar la siembra debemos contar en la capa arable con una humeda como mínimo igual a la mitad del agua aprovechable para las plantas. Para esto se realiza un pequeño balance de humedad considerando el suelo desnudo, el cual posee una evapoaración equivalente a la cuarta parte de la evaporación de tina (Chang, 1968).

Este registro se cumple si:

$$\frac{\sum_{IT=1}^{NPT} PRE (IT) - 0.25 \sum_{IT=1}^{NPT} EVA (IT)}{200} + HPMP \geq Hs = 200 \times (Hcc - HPMP)$$

Hs = Humedad necesaria para la siembra (cms/cm3.suelo).

EVA (IT) = Evaporación de la tina en mm.

c. Requisito 3. Máxima cantidad de agua permisible en el momento de la cosecha LIM2.

El valor de precipitación máxima depende de:

- a) la calidad del producto que se quiera obtener.
- b) del tipo de labor a realizar (manual ó mecanizada)
- c) del cultivo en consideración.

Valores típicos para los cultivos estudiados de la máxima cantidad de agua permisible en la cosecha y del número de días para realizar esta labor aparecen en el anexo 1, tabla No. 1.

d. Crecimiento potencial (I P_{MAX}).

Es la biomasa total del cultivo sin limitaciones hidricas, edafologicas y parasitarias.

$$I P_{MAX} = 0,25 \times EF \times RGT \quad (\text{Kgs/Ha.})$$

RGT = radiación solar total acumulada durante el desarrollo del cultivo (NTC), expresado en $\text{cal. cm}^2 \cdot \text{día}^{-1}$, si no se cuenta con información actinográfica se puede obtener de la información heliográfica (Norero, 1976).

EF: Eficiencia en la conversión de energía radiante a biomasa, expresada en porcentaje, valores tipicos de este valor para los cultivos estudiados aparecen en el anexo 1, tabla No. 2.

0,25 = Factor para cambiar las unidades.

e.) Producción potencial (P_{MAX}).

Es igual a una fracción FC del crecimiento potencial del cultivo, cosechada como producto útil (tabla No. 2).

$$P_{MAX} = FC \times I P_{MAX} \quad (\text{Kgs/Ha.}).$$

f.) Profundidad de enraizamiento (D)

La profundidad de enraizamiento varia con el tiempo y de distinta manera de acuerdo al cultivo.

$$D = DF \times \left(\frac{T}{TF} \right)^c \quad (\text{cms})$$

DF = Máxima profundidad de enraizamiento (cms) (Tabla No. 1).

TF = Tiempo que tarda el cultivo en alcanzar el enraizamiento máximo (días) (tabla No. 1).

T = Tiempo transcurrido desde la siembra (días).

c = Coeficiente de enraizamiento que depende del cultivo (talla No.2).

Cuando existe algún impedimento para el desarrollo radicular, se toma esta profundidad como DF y se calcula TF, y se toman estos valores para realizar las estimaciones de D.

Ej: Si TF = 60 días DF = 60 cms C = 0.4 T = 10 días

Profundidad máxima permitida por el suelo = 40 cms.

$$T = \left(\frac{D \times TF}{DF} \right)^{1/c} = \left(\frac{40 \times (60)}{60} \right)^{1/0.4} = 22 \text{ días}$$

Ahora los nuevos valores son: DF = 40 cms.

TF = 22 días

g.) Evapotranspiración potencial (ETMAX)

Se considera proporcional a la evaporación de la tina Standard. El factor de proporcionalidad varía en el transcurso de desarrollo del cultivo según una función cuadrática (Grassi 1968) (figura 5.).

$$ETMAX (T) = \left[0,25 + 2.3 \left(\frac{T}{NTC} \right) - 1.8 \left(\frac{T}{NTC} \right)^2 \right] \times EVA (T) \quad (\text{mm/día}).$$

ETMAX (T) = Evapotranspiración potencial en el T-esimo día del desarrollo del cultivo (mm).

T = Días de desarrollo del cultivo.

NTC = Ciclo del cultivo (días) (tabla No. 1).

h.) Humedad del suelo durante el desarrollo (H) y evapotranspiración diaria (ET).

Se calcula la variación diaria de la humedad en la zona enraizada (D), a partir de la humedad inicial H(1), calculada previamente para el día (N + NPT), requisito 2.

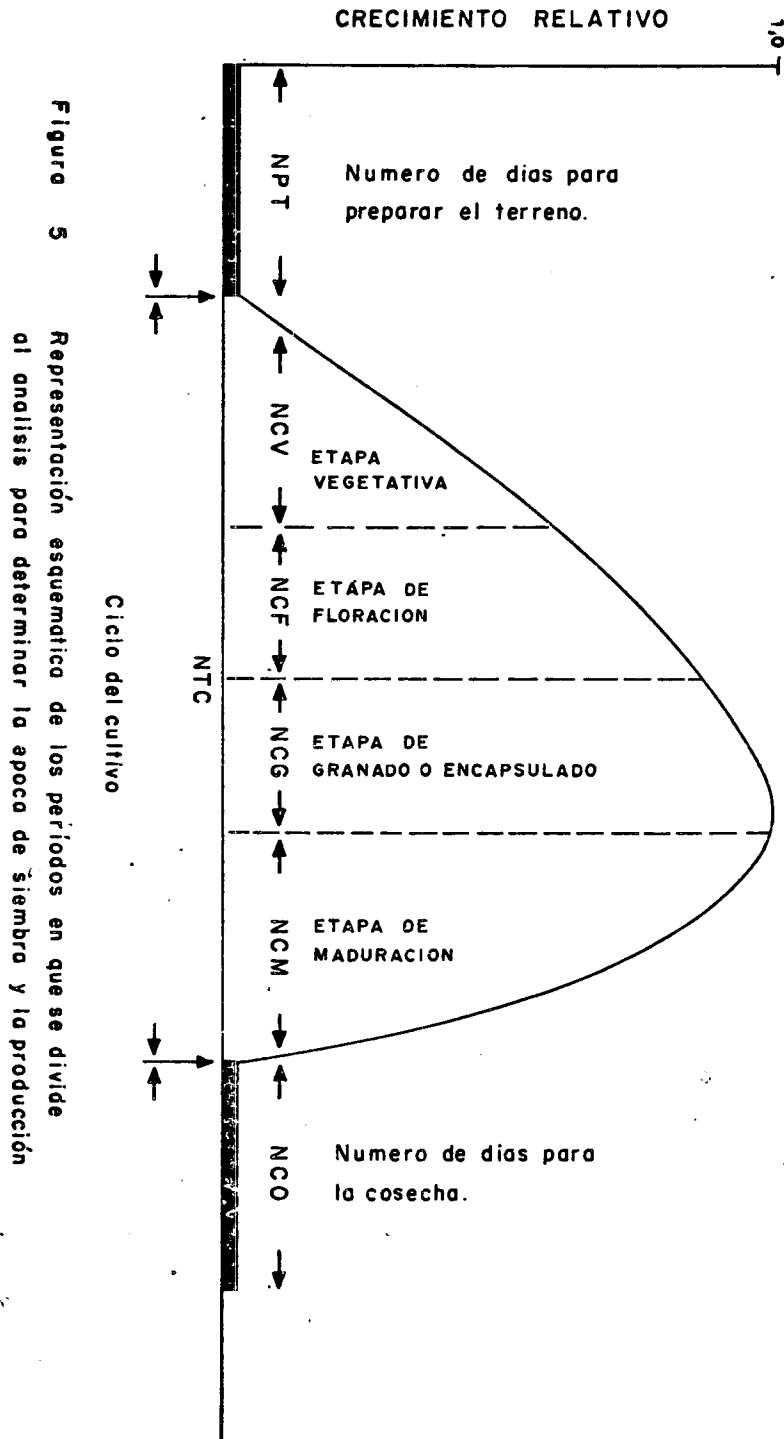


Figura 5 Representación esquemática de los períodos en que se divide al análisis para determinar la época de siembra y la producción

$$H(1) = \frac{\overset{\text{NPT}}{\text{PRE (T)}} - 0.25 \frac{\overset{\text{NPT}}{\text{EVA (T)}}}{\text{IT} = 1}}{200} + \text{HPMP. (cms/cm}^3\text{.suelo)}.$$

Si $H(1) = H_{cc}$ entonces $H(1) = H_{cc}$

Luego se calcula el balance hídrico diario $H (+1)$ agregando a la humedad del día precedente $H (IT)$, la humedad producida por la lluvia caída, y sustrayendo la humedad debido a la evapotranspiración.

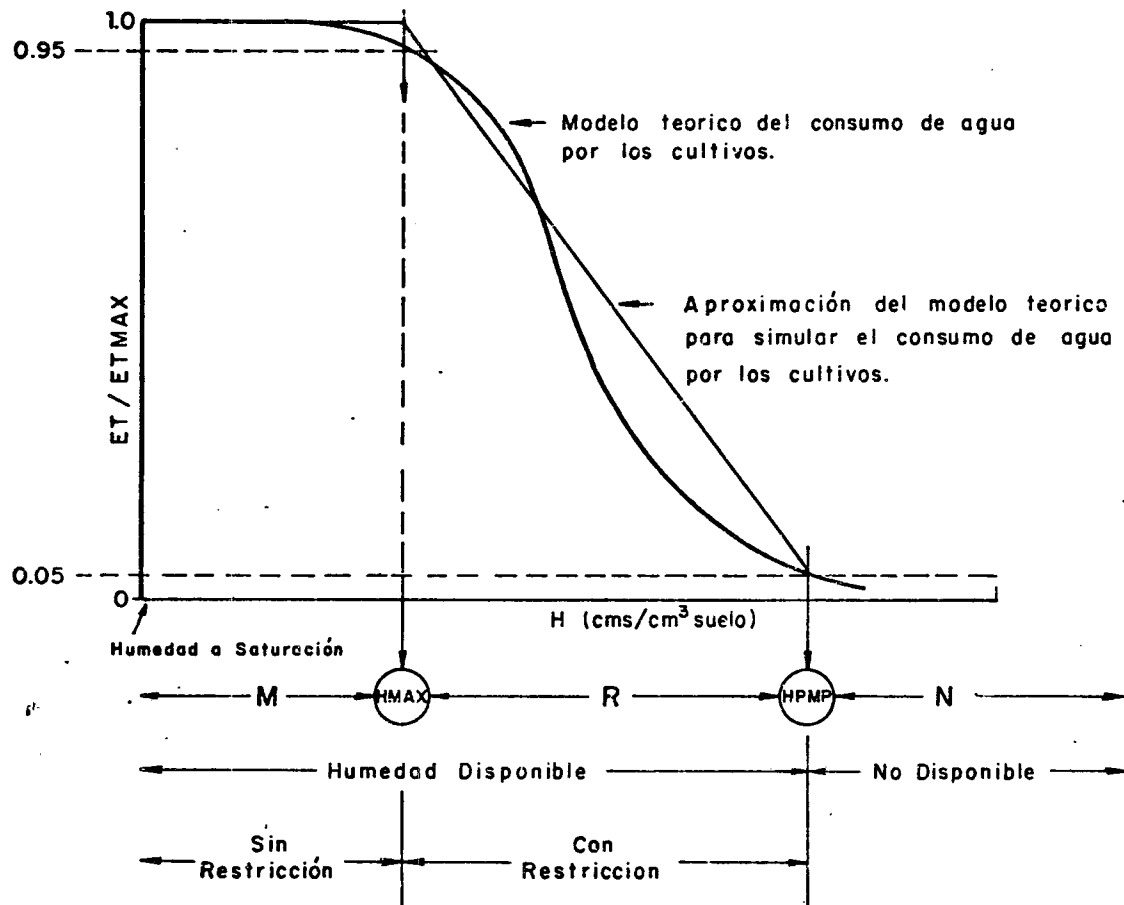
$$H (T+1) = H (T) + \frac{\text{PRE (T)}}{10 \times D(T)} - \frac{\text{ET (T)}}{10 \times D(T)}$$

Los valores de precipitación (PRE), evaporación (EVA), evapotranspiración (ET), profundidad radicular (D), corresponde al T-esimo día de desarrollo del cultivo.

La profundidad de enraizamiento varía con el tiempo y es diferente para distintos cultivos. La evapotranspiración (ET), puede ser igual o inferior a la potencial (ETMAX), según el contenido de humedad del suelo. Según el criterio dinámico de la humedad aprovechable (Nore-ro, 1974b), existe un potencial hídrico crítico (SPI), por encima del cual el cultivo transpira al máximo, satisfaciendo la demanda evaporadora de la atmósfera. A potenciales menores el cultivo reduce gradualmente su transpiración por insuficiente flujo de agua del suelo a las raíces (figura 6). El valor SPI depende fundamentalmente de exigencia evaporadora de la atmósfera, de la profundidad enraizada (D), y de la textura del suelo (ANS).

$$\text{SPI (I)} + \left(\frac{8 \text{ ETMAX (T)}}{D (T)} \right) \times (\text{SPI (T)})^{\text{ANS}} = 10 - \text{ETMAX (T)}$$

$\text{SPI (T)} = \text{Succión crítica en el T-esimo día (atmósfera)}.$



- M = Zona de utilización del agua sin restricción
- R = Zona de utilización del agua con restricción
- N = Zona donde el agua no puede ser utilizada por los cultivos.

Figura 6. Clasificación dinámica de la humedad disponible en el suelo.

ANS = Paramétero que indica la textura del suelo.

ANS = 2 Suelo arcilloso

ANS = 3 Suelo franco

ANS = 4 Suelo arenoso.

El valor de SPI se obtiene por tanteo. Si ETMAX es mayor que 10 mm, se adopta SPI = 0.1. Los valores de SPI, ETMAX, D, corresponde al T-esimo día de desarrollo del cultivo.

A cada valor de SPI hay asociado un valor de HMAX, es decir una humedad por encima de la cual ET será igual a ETMAX. La relación esta expresada por la curva característica de retención de humedad figuras 7, 8, 9, 10) y frecuentemente descrita por una función logarigmica que llevada graficamente a papel doble logarigmico, obtenemos la ecuación de una linea recta que es la siguiente:

$$HMAX (T) = A \times SPI^{-B} (T)$$

Donde A y B son constantes empiricas obtenidas graficamente (figuras, 7, 8, 9, 10).

Por lo tanto si $H(T) = HMA$, implica que $ET = ETMAX$.

Entonces una aproximación de la función dinámica del agua aprovechable (figura 6) permite describir:

$$ET = \left[\frac{(H(T) - HPMP)}{(Hcc - HPMP)} \right] \times ETMAX.$$

De tal manera que en los casos de restricción de humedad en el suelo, en balance hídrico en el día T es el siguiente:

$$H (T + 1) = H(T) + \frac{PRE(T)}{10 \times D} - ET.$$

i. Evaporación relativa en los diferentes etapas del desarrollo.

La duración de cada etapa de desarrollo del cultivo (vegetativa, floración, granado y maduración), es diferente (figura 5). La evapotranspiración relativa promedio ($\bar{RET}$) de cada una de ellas es la siguiente:

$$\bar{RET}_j = \frac{1}{NTC} \sum_{i=1}^{NC_j} (ET/ETMAX)_j$$

El sufijo j se refiere a cada una de las etapas.

NC_j = tiempo que dura cada etapa.

j. Crecimiento relativo a relación de producción (RPRO).

Se considera que el crecimiento (biomasa) alcanzado en cada etapa de desarrollo es directamente proporcional al déficit hídrico, expresado este último, por $\bar{RET}_j$. Los valores de $\bar{RET}_j$ varían entre 0 (déficit total) y 1 (ausencia de déficit). Las etapas de desarrollo se suceden unas tras otras casi sin yuxtaposición y el crecimiento de una depende del crecimiento de la anterior. Por estas razones el efecto del déficit hídrico de las diferentes etapas sobre el crecimiento relativo final (R PRO), se considera multiplicativo (Hall y Dracup, 1970).

Por lo tanto la producción final se expresa:

$$PRODUC = P_{MAX} \times \bar{RET}_V \times \bar{RET}_F \times \bar{RET}_G \times \bar{RET}_M \text{ (Kgs/Ha)}.$$

Los sub-índices V,F,G,M) se refieren a cada una de las etapas de desarrollo (vegetativa, floración, granado, maduración).

k. Frecuencia relativa de siembras aptas (FR).

Es igual a la razón entre el número de veces que determinadas fechas de

siembras (expresadas quincenalmente) aparecen favorables y el número de años de registros climáticos.

Información:

En este trabajo se presentan los cálculos aplicados a cuatro cultivos: - maíz, soya, caraota y algodón; y cuatro suelos: series Tigre, Auxiliadora, Cenizo y Socorro; en dos localidades explotadas bajo condiciones de secano en el Estado Zulia: Mene-Grande y Agua Viva (figura 11).

Los datos requeridos para los cultivos fueron obtenidos de la bibliografía y están consignados en las tablas 1 y 2. La información edafológica se obtuvo de estudios agrológicos realizados por el Ministerio de Obras Públicas (1968) y por la Universidad del Zulia (1972). Los datos aparecen en las tablas 3,4,5,6,7.

La información climática se consiguió en el Ministerio de Obras Públicas (hidrología) y el Ministerio de la Defensa (Meteorología). El registro abarcó desde los años 1965 hasta 1975, e incluyó los datos diarios de precipitación, evaporación de tina y heliográficos., en las figuras 22,23,24 y 25, aparecen tabulados gráficamente estos registros.

CAPITULO V.

RESULTADOS Y DISCUSION:

En las tablas 21 al 51 se muestran las épocas de siembra recomendables para los cultivos de algodón, caraota, maíz y soya; sembrados en cuatro series de suelo, Socorro, Auxiliadora, Cenizo y Tigre, bajo dos condicio

nes climáticas diferentes (Mene-Grande y Agua Viva), en el período de re
gistro 1965 - 1974 inclusive. Los resultados aparecen agrupados por quin
cena, puesto que en la práctica no hace falta una escala de tiempo más -
detallada para planificar las siembras. Las fechas indicadas como favo-
rables corresponden a ocasiones en las cuales fueron satisfechos los tres
requisitos: a. Condiciones favorables para preparar el terreno, b. Hume-
dad apta para la siembra y c. Condiciones aptas para la cosecha. La ta
bla incluye para cada fecha favorable la precipitación registrada durante
el desarrollo del cultivo, la producción potencial del cultivo y la -
producción estimada (producción real).

De las 240 quincenas analizadas durante el período de registro -
(1965 - 1974), en promedio solamente 49 quincenas son aptas para la siem
bra tabla 8a, lo que representa que un 20% de las épocas analizadas cum-
plen con los tres requisitos antes mencionados, lo cual demuestra lo pre
cario de una explotación de secano. Observamos así mismo que el número
de siembras favorables varía de acuerdo al cultivo y al tipo de suelo y
la localidad; lo que demuestra la adaptabilidad de ciertos cultivos a con
diciones de secano, y el papel que el suelo juega como amortiguador de -
las fluctuaciones de humedad en el suelo. Se advierte además que las fe
chas favorables se agrupan siguiendo el patrón de distribución de las llu
vias en ambas localidades (bimodal), sin embargo hay una marcada concen-
tración en el segundo ciclo de precipitaciones especialmente en la segun-
da quincena de agosto (2/8), que ocurren en más del 50% de los años estu-
diados. Para el primer ciclo de lluvias aparecen aptas algunas épocas, -
pero se repiten con muy poca frecuencia y además con producciones muy bajas.

Tabla 8a. Número de siembras favorables en el período 1965-1974 y valores promedios para diferentes suelos y cultivos.

Localidad	Mene-Grande				Agua Viva.			
	SOCORRO	AUXILIAD.	TIGRE	CENIZO	SOCORRO	AUXILIAD.	TIGRE	CENIZO
Suelo Cultivo								PROMEDIO
ALGODON	42	43	43	46	20	28	28	34
CARAOTA	34	42	42	39	32	36	35	37
MAIZ	65	68	75	75	58	70	71	68
SOYA	53	68	69	64	43	49	50	56
PROMEDIO	50	55	55	56	38	46	46	49

De las tablas 52 a la 83 podemos observar que la producción potencial en los diferentes cultivos, presentan variaciones muy pequeñas alrededor del 4%, lo cual se evidencia a través de la desviación típica. Así mismo observamos de las tablas 21 a la 51 que los valores de producción potencial son menores para las épocas de mayor nubosidad y precipitación y mayores en el caso contrario; donde las condiciones son menos favorables para una explotación de secano (menor precipitación).

La producción restringida por falta de humedad en el suelo varía considerablemente con las diversas épocas de siembra y aún para una misma quincena en distintas temporadas. Es interesante destacar la gran variación esperada en la producción en las diversas temporadas, aún tratándose de igual época de siembra, debido a las fluctuaciones de las lluvias de año en año. Las figuras 13, 14, 15, 16, ilustran estas situaciones para las siembras comprendidas entre la primera quincena de agosto (1/8) y la segunda de septiembre (2/9), que son las que aparecen con mayor frecuencia; allí observamos una relación casi lineal entre la precipitación y la producción para los cultivos de maíz, caraota y soya; mientras que para el algodón no se observa ninguna tendencia definida. Sin embargo, observamos que para los cultivos estudiados existe un valor mínimo de precipitación, por debajo del cual no se observa producción, teóricamente dicho límite queda definido para los diversos cultivos estudiados en los siguientes valores:

<u>Cultivo:</u>	<u>Límite mínimo de Precipitación (mm)</u>
Caraota	200 mm.
Maíz	300 mm.
Soya	225 mm.
Algodón	200 mm.

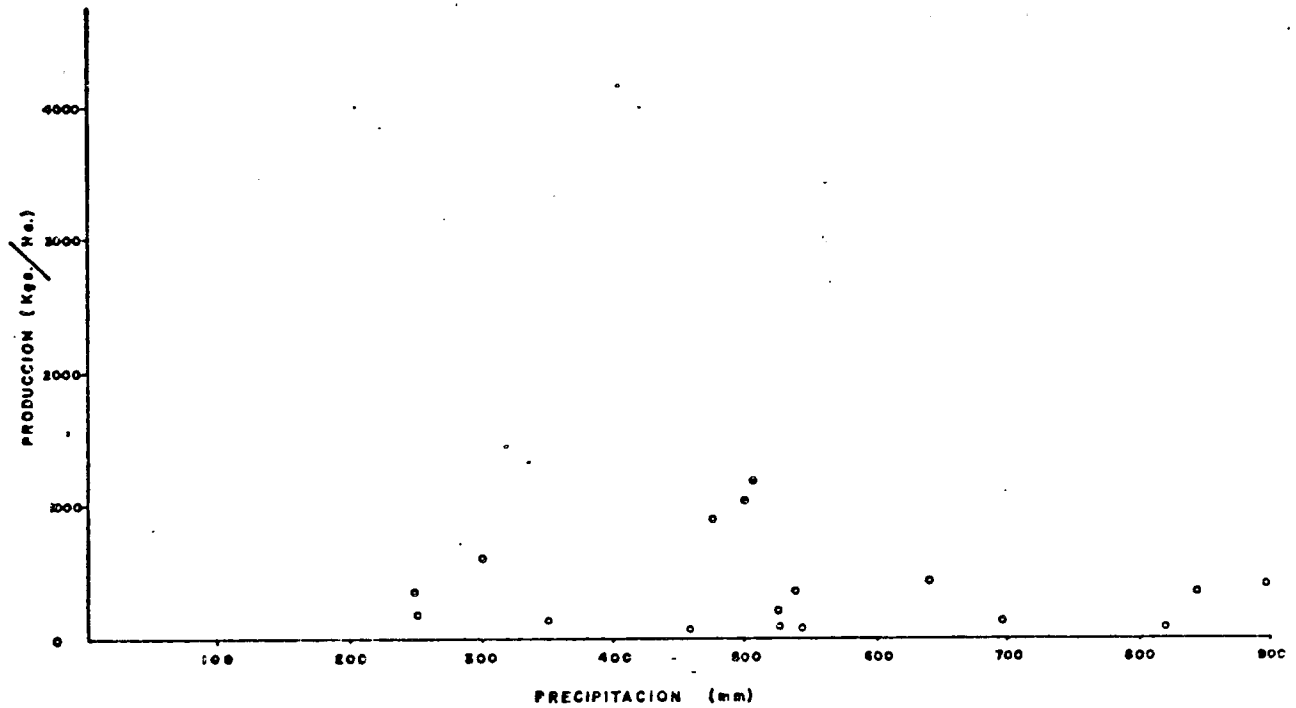


Figura 13. Relación entre la producción estimada de algodón, sembrado entre agosto y septiembre, y la precipitación, en diversas temporadas entre 1965-1974

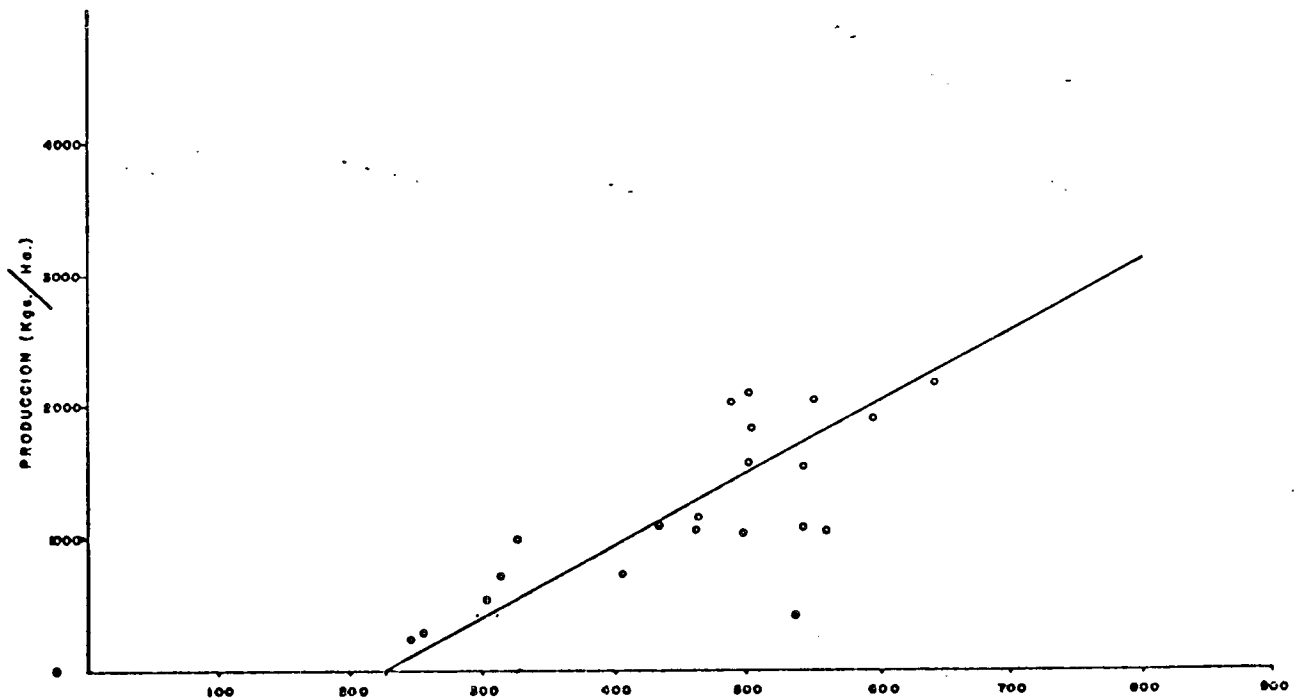


Figura 14. Relación entre la producción estimada de Soya, sembrado entre agosto y septiembre, y la precipitación, en diversas temporadas entre 1965-1974

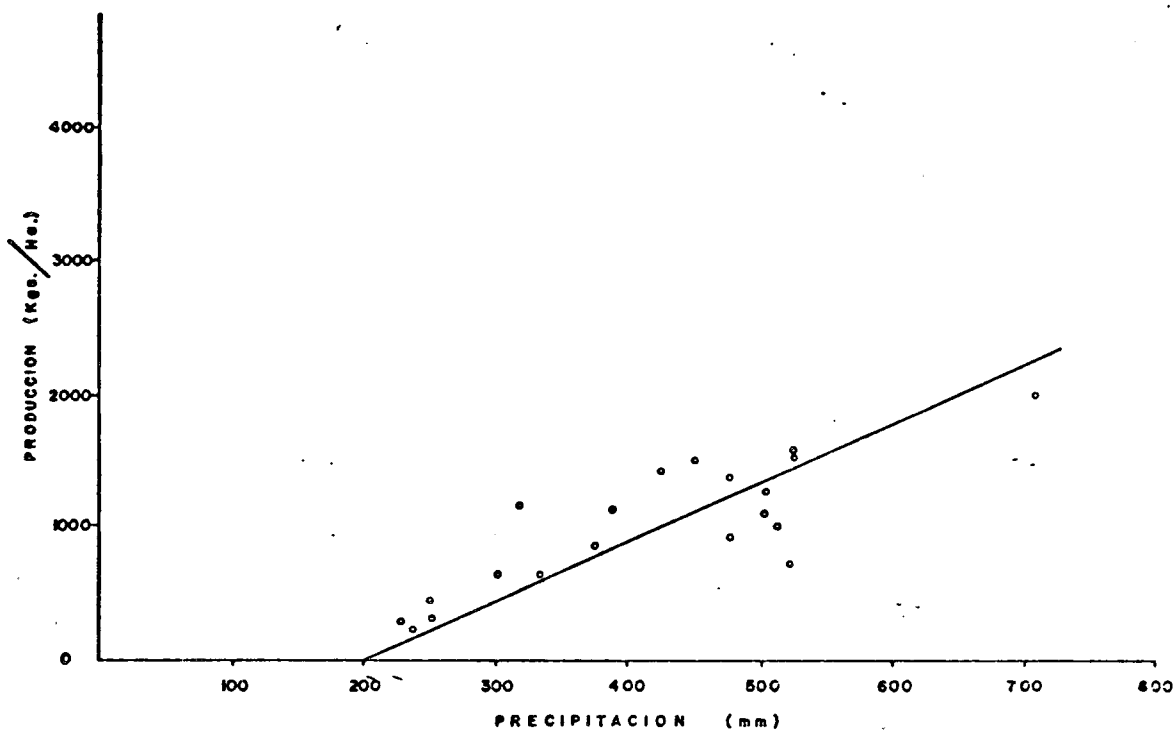


Figura 15. Relación entre la producción estimada de Cereales, sembrado entre agosto y septiembre, y la precipitación, en diversas temporadas entre 1965-1974

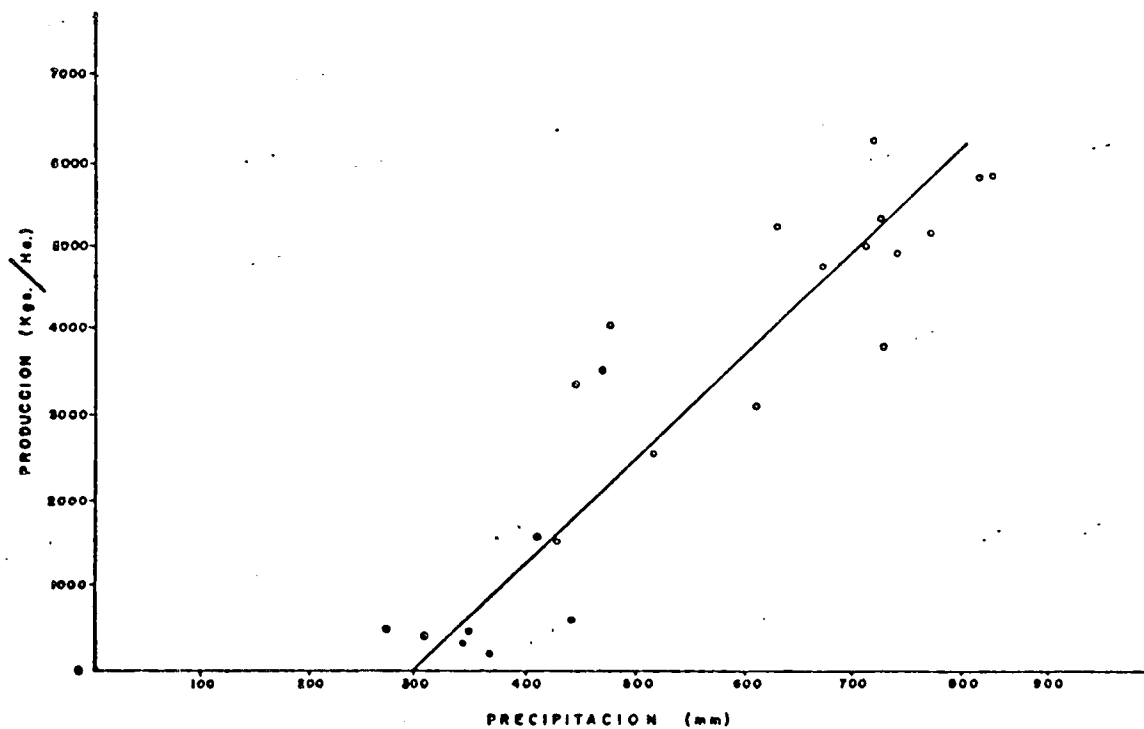


Figura 16. Relación entre la producción estimada de maíz, sembrado entre agosto y septiembre, y la precipitación, en diversas temporadas entre 1965-1974

Observamos que la producción potencial para los diferentes cultivos se logra con los siguientes valores de precipitación.

<u>Cultivo:</u>	<u>Produc.Potencial (Kgs/Ha)</u>	<u>Precipitación (mm)</u>
Caraota	2.100	650
Maíz	5.776	780
Soya	3.086	750

Hay que destacar el hecho de que en algunas temporadas las precipitaciones son altas, sin embargo, la producción no experimenta un valor alto, lo cual se debe a una mala distribución de la precipitación durante el ciclo de desarrollo del cultivo.

También advertimos las tendencias contrapuestas entre las producciones esperadas y la frecuencia con que determinadas fechas se muestran aptas: un atraso en el período de siembra tiende a disminuir la producción esperada, pero aumenta las posibilidades de obtener una cosecha, aunque esta sea inferior. Comparase por ejemplo la producción promedio de algunas quincenas y las frecuencias con que ellas aparecen favorables para el cultivo del maíz, en la serie el Tigre, localidad Mene-Grande:

<u>Fecha de Siembra</u>	<u>Frecuencia</u>	<u>Produc.Promedio</u>
<u>Qna. Mes</u>	<u>(años)</u>	<u>Kgs/Ha.</u>
1 Agosto	4 en 10	5.159
2 Agosto	6 en 10	4.700
2 Septiembre	7 en 10	1.937

Los demás cultivos siguen la misma tendencia (ver tablas de la 81 a la 115). Esta situación plantea diversos criterios para decidir la mejor oportunidad de sembrar: a. Un criterio conservador basado solo en la frecuencia relativa; este criterio selecciona aquellas épocas que se repi-

ten el mayor número de veces durante el período de registro. Aquí se desea disminuir el riesgo de perder el cultivo aún sacrificando la posibilidad de obtener una buena cosecha y garantizar una producción en mayor número de años (ejemplo la 2da. quincena de septiembre), b. Énfasis en la producción, buscando los mayores rendimientos a corto plazo, aún arriesgando la pérdida del cultivo (ejemplo la 1ra. quincena de agosto); c. Adoptar un criterio intermedio entre los anteriores. Este se obtiene multiplicando la frecuencia relativa, por la producción estimada. En el caso señalado anteriormente, esto sería:

1ra. quincena de Agosto	$0.4 \times 5.159 = 2.063$	Kgs/Ha.
2da. quincena de Agosto	$0.6 \times 4.700 = 2.820$	Kgs/Ha.
2da. quincena de Septiembre	$0.7 \times 1.937 = 1.355$	Kgs/Ha.

Según estos cálculos la siembra más recomendable sería la segunda quincena de Agosto que producirán a largo plazo los mayores promedios de producción. Si se trata de comparar varios cultivos de diferente capacidad productiva, los criterios anteriores se deben expresar en términos relativos: la frecuencia de siembra ya lo está; la producción relativa es el cociente entre la producción estimada y la potencial; el producto de las anteriores produce el valor esperado relativo, asociado a los promedios de producción relativa a largo plazo.

Aplicando estos conceptos se han confeccionado las figuras (16 a la 48). Del análisis de estas figuras se confeccionó la tabla 8 que muestra las épocas de siembras más recomendables según el criterio del valor esperado relativo. Se denominaron épocas recomendables aquellas que posean un valor esperado mayor ó igual a 0.25, lo que significa que en forma pro

Tabla. 8 Epocas de siembras recomendables (Quincena/mes)
Criterio: Valor esperado ≥ 0.25 .

	SERIE SUELO	CENIZO		AUXILIADORA		TIGRE		SOCORRO	
		M. GRANDE	AGUA VIVA	M. GRANDE	AGUA VIVA	M. GRANDE	AGUA VIVA	M. GRANDE	AGUA VIVA
C U L T I V O S	MAIZ	1/8 hasta 2/9	1/8 hasta 1/9	1/8 hasta 2/9	1/8 hasta 1/9	1/8 hasta 1/9	2/8 hasta 1/9	2/8	2/8
	CARAOTA	2/9		2/9		2/9			
	SOYA	2/8 hasta 1/9	2/9	2/8 hasta 1/9	2/9	2/8 hasta 1/9		2/8	
	ALGODON								

medio las fechas aptas para las siembras se produzcan como mínimo 5 de cada 10 años, con producciones en el orden del 50% de la potencial.

El cultivo que mejor se adapta a condiciones de secano es el maíz, con una amplitud en las siembras comprendidas entre la primera quincena de Agosto y segunda de Septiembre, le sigue la soya (2/8 al 1/9), la caraota presenta una sola época favorable (2/9) para las condiciones de Mene-Grande ; en la localidad de agua Viva no se recomienda el cultivo de caraota. El cultivo del algodón es muy precario en ambas localidades, por la cual no se recomienda.

En la práctica el maíz es el único cultivo anual de cierta importancia en la región estudiada. La soya esta siendo introducida solo recientemente. Las pocas y esporádicas experiencias agronómicas sobre épocas de siembra (Meléndez, 1975); efectuadas en la región no desmienten lo deducido mediante el modelo. Las épocas de siembras son concordantes y las estimaciones de producción comprenden los obtenidos experimentalmente. Además se advierte la misma tendencia en las siembras tardías respecto a la óptima a reducir la producción (ver tabla 9).

Las comparaciones anteriores muestran que para un mismo complejo clima-suelo (Mene-Grande, serie el Tigre) la época de siembra y la productividad en los distintos cultivos es variable; en las épocas favorables de siembra el maíz alcanza un 40% de su productividad potencial, la caraota 34%, la soya 33% y el algodón 20%. Estos porcentajes pueden interpretarse como un Indice Biológico de adecuación al secano (tabla 10).

De aqui podemos deducir que en forma general podemos calcular un

Tabla 10. Diferencias en la adaptación bajo condiciones de secano de los cultivos y suelos indicados.

SERIE DE SUELO	LOCALIDAD	INDICES DE PRODUCTIVIDAD.				EFECTO GLOB. DEL SUELO
		ALGODON	CARAOTA	MAIZ	SOYA	
SOCORRO	AGUA VIVA	0.08	0.20	0.21	0.16	0.21
	MENE-GRANDE	0.14	0.27	0.32	0.23	
	PROMEDIO	0.11	0.24	0.27	0.20	
AUXILIADORA	AGUA VIVA	0.13	0.31	0.32	0.26	0.33
	MENE-GRANDE	0.26	0.44	0.50	0.38	
	PROMEDIO	0.20	0.38	0.41	0.32	
CENIZO	AGUA VIVA	0.13	0.32	0.32	0.26	0.33
	MENE-GRANDE	0.26	0.44	0.51	0.38	
	PROMEDIO	0.20	0.38	0.42	0.32	
TIGRE	AGUA VIVA	0.10	0.27	0.25	0.21	0.27
	MENE-GRANDE	0.20	0.38	0.40	0.33	
	PROMEDIO	0.15	0.33	0.33	0.27	
EFECTO GLO-BAL CULTIVO		0.17	0.33	0.36	0.28	0.29

TABLA 9. Comparación entre los estimados de fechas de siembra y producción y observaciones experimentales efectuadas - en suelo El Tigre, Mene Grande.

<u>Cultivo</u>	<u>Información experimental</u> ^{1/}	<u>Estimados</u>	<u>teóricos</u>
a. Épocas de siembra, quincena / mes.			
		<u>amplitud</u>	<u>más apropiada</u>
Maíz	2/9 2/10	2/8-1/11	2/9 - 2/10
Caraota	1/10 1/11	1/9-1/10	1/10
Soya	1/11	2/8-2/10	1/10 - 2/10
Algodón	2/9	1/8-1/9	1/9
b. Producción, kgs./Ha.			
		<u>Variación</u>	<u>Promedio</u>
Maíz	1418 1070	301-4277	2289
Caraota	1289 382	327-1275	801
Soya	1645	330-1728	1029
Algodón	1110	150-1219	684

^{1/} Melendez, I. 1975. Experimentos inéditos, Universidad del Zulia.

efecto global del cultivo medido a través del índice biológico para determinar la adaptabilidad de los cultivos al secano, obteniendo así la siguiente adaptabilidad en forma desendente maíz, caraota, soya y algodón.

La época mas favorable de siembra varía con el cultivo, el suelo y la localidad (tabla 8). En forma general la serie Cenizo y Auxiliadora muestran mayor amplitud que la serie Tigre y Socorro. En todo caso las fechas de siembras convenientes para las cuatro series de suelo y los tres cultivos más apropiados se concentran entre la 2da. quincena de Agosto - (2/8) y la 2da. quincena de Septiembre (2/9). Esto tiene como consecuencia excluir cualquier prosibilidad de rotar o suceder estos cultivos; - además solo es factible realizar una siembra al año.

Bajo las condiciones climaticas analizadas el potencial productivo de los suelos no difieren mucho si la suplencia de agua fuera óptima. En cambio en condiciones de secano las diferencias son de consideración. La serie Cenizo y Auxiliadora indican los mayores valores en la producción estimada, seguidas por la serie Tigre y Socorro. En las dos primeras se pronostican valores superiores en un 60 a 90% respecto a las dos ultimas. Estas diferencias reflejan basicamente la distinta capacidad de retención hidrica de los suelos. La humedad aprovechable por unidad de volúmenes - es 25% en la serie Cenizo y Auxiliadora, 18% Tigre y 11% Socorro.

De la tabla 11 y 12 podemos realizar una comparación entre localidades, observando que ambas presentan un potencial productivo semejante - si no hubieran limitaciones de humedad (Explotación bajo riego). difieren notablemente en cuanto a su capacidad productiva en secano. En Mene-Gran

TABLA 11. Influencia de los suelos y cultivos sobre el potencial productivo de una localidad determinada.

		LOCALIDAD: A.Viva.					
		CULTIVOS					
		ALGODON	CARAOTA	MAIZ	SOYA	Efecto promedio del suelo	
SERIES DE SUELOS	SOCORRO	Precipitación total en el ciclo (mm.)	585.91	364.15	385.15	360.82	0.16
		Producción maxima (Kg/Ha.)	3370.04	2094.49	5760.83	3096.31	
		Producción real (Kg/Ha.)	283.91	418.34	1218.16	502.09	
		Indice de producción	0.08	0.20	0.21	0.16	
	AUXILIADORA	Precipitación total en el ciclo (mm.)	559.22	350.99	393.89	365.24	0.26
		Producción maxima (Kg/Ha.)	3374.66	2092.14	5775.50	3066.03	
		Producción real (Kg/Ha.)	438.40	650.10	1826.59	800.24	
		Indice de producción	0.13	0.31	0.32	0.26	
	GENIZO	Precipitación total en el ciclo (mm.)	559.22	351.74	390.87	365.24	0.26
		Producción maxima (Kg/Ha.)	3374.66	2088.65	5778.36	3066.03	
		Producción real (Kg/Ha.)	433.21	674.55	1839.72	911.16	
		Indice de producción	0.13	0.32	0.32	0.26	
	TIGRE	Precipitación total en el ciclo (mm.)	564.97	359.97	383.97	358.77	0.21
		Producción maxima (Kg/Ha.)	3384.04	2100.25	5774.00	3076.59	
		Producción real (Kg/Ha.)	354.72	560.76	1432.17	634.76	
		Indice de producción	0.10	0.27	0.25	0.21	
	Efecto promedio del cultivo	Precipitación total media (mm.)	567.36	356.71	388.50	362.52	0.22
		Producción maxima media Kg/Ha.	3375.86	2003.88	5772.17	3076.24	
		Producción real media Kg/Ha.	379.06	575.94	1579.16	687.06	
		Indice de producción medio	0.11	0.28	0.28	0.22	

Efecto global de la localidad

Efecto global de la localidad

TABLA 12. Influencia de los suelos y cultivos sobre el potencial productivo de una localidad determinada.

		LOCALIDAD: M. Grande.					
		CULTIVOS					
		ALGODON	CARAOTA	MAIZ	SOYA	Efecto promedio del suelo	
SERIES DE SUELOS	SOCORRO	Precipitación total en el ciclo (mm.)	759.87	461.50	531.21	476.69	0.24
		Producción máxima (Kg./Ha.)	3354.66	2105.99	5780.68	3100.61	
		Producción real (Kg./Ha.)	470.39	577.94	1837.12	723.87	
		Indice de producción	0.14	0.27	0.32	0.23	
	AUXILIADORA	Precipitación total en el ciclo (mm.)	743.74	447.85	533.86	478.53	0.40
		Producción máxima (Kg./Ha.)	3365.14	2108.57	5781.98	3096.61	
		Producción real (Kg./Ha.)	883.24	923.35	2911.39	1181.07	
		Indice de producción	0.26	0.44	0.50	0.38	
	CENIZO	Precipitación total en el ciclo (mm.)	743.74	447.85	433.46	475.14	0.40
		Producción máxima (Kg./Ha.)	3365.14	2108.57	5781.98	3099.32	
		Producción real (Kg./Ha.)	886.43	936.10	2960.76	1182.26	
		Indice de producción	0.26	0.44	0.51	0.38	
	TIGRE	Precipitación total en el ciclo (mm.)	741.34	463.56	522.49	480.66	0.33
		Producción máxima (Kg./Ha.)	3355.50	2106.31	5783.61	3096.09	
		Producción real (Kg./Ha.)	684.53	801.68	2289.32	1029.21	
		Indice de producción	0.20	0.38	0.40	0.33	
	Efecto promedio del cultivo	Precipitación total media (mm.)	747.17	455.19	530.36	477.76	0.34
		Producción máxima media Kg./Ha.	3360.11	2107.36	5777.06	3098.16	
		Producción real media Kg./Ha.	731.15	809.77	2499.65	1803.64	
		Indice de producción media	0.22	0.38	0.43	0.33	

Efecto global de la localidad

de la precipitación es mayor que en Agua Viva de un 11 a un 38% y como consecuencia de ello, las producciones de secano superan de un 40 a un 100% las de la segunda. En terminos generales en Mene-Grande podemos obtener un 34% de la producción potencial, mientras que en Agua Viva se puede lograr un 22%.

Experimentos realizados en la localidad de Mene-Grande tablas 13 y 14, demuestran que no existe respuesta a la aplicación de fertilizantes, debido a que en secano la humedad es el factor más limitante y el suelo esta en capacidad de suministrar los nutrientes necesarios para los niveles de producción alcanzados en la época indicada y bajo las condiciones de humedad existentes.

Los resultados discutidos anteriormente dependen naturalmente, de las convenciones adoptadas y las omisiones en que se incurren en el modelo propuesto. Entre estas últimas cabe destacar que no se ha considerado la situación de excedencia de lluvias y sus daños por inundación; tampoco se considera el agua que en ciertos períodos se almacena a profundidades mayores que el enraizamiento y es utilizada más adelante cuando el desarrollo de raíces ocupa estas zonas. La indefinición de lo que constituye una cosecha lucrativa impide llevar el análisis a los aspectos económicos en la selección de cultivos. El modelo puede no obstante, expandirse o modificarse para incorporar convenciones más razonables o realistas sin necesidad de alterar sustancialmente el concepto del procedimiento. El interés de éste radica básicamente (a) en la posibilidad de combinar la información climática, edafotécnica y agronómica para la planificación agroecológica de las regiones de secano (b) prever los probables beneficios de Obras

o labores de riego, y (c) analizar, evaluar, comparar y planificar las experiencias agronómicas dirigidas a establecer las épocas más propicias de cultivo, ahorrando el tiempo y el costo, a menudo elevados, de esta clase de investigación.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES.

1. El factor más limitante en la producción de los cultivos analizados es la existencia de un déficit hidrico muy prolongado, lo cual dificulta que exista una planificación agrícola adecuada, en el tiempo y en el espacio lo que se manifiesta por un índice de producción medio de 0.29.
2. Bajo las condiciones climáticas analizadas todavía se está lejos de alcanzar el potencial productivo en ambas localidades, por lo que es necesario la introducción del riego para poder mantener una producción estable.
3. La gran variabilidad existente en la producción en condiciones de secano (alrededor de un 50%), nos dificulta una planificación adecuada.
4. Las épocas de siembras más apropiadas varían con el cultivo, el suelo y la localidad, pero en general quedan comprendidas entre los meses de Agosto y Octubre. Las posibilidades de éxito de estas siembras fluctúan entre 5 a 9 de cada 10 años, siendo las más corrientes entre 6 a 7 años en 10. A esta situación relativamente poco favorable,

se añade la gran variabilidad estacional de las producciones estimadas para esas fechas.

5. Entre los cultivos estudiados el maíz representa el más propicio para ser explotado en seco, le siguen la soya y la caraota. El algodón no se recomienda para ser explotado bajo estas condiciones.
6. Bajo las condiciones analizadas solamente una cosecha al año puede ser obtenida con cierta seguridad (6 a 7 en 10 años), sin posibilidades de rotar cultivos.
7. La producción estimada sigue también el orden de creciente, maíz, -soya, caraota y algodón. En terminos absolutos se han calculado producciones de 1218 y 2960 Kgs/Ha en maíz, en las épocas con mayores posibilidades de cosechar; de 502 a 1182 Kgs/Ha de soya; 418 a 936 Kgs/Ha de caraota y 283 a 886 Kgs/Ha en algodón, dependiendo del suelo y de la localidad.
8. La aptitud para las siembras de seco de los suelos estudiados descrece en el orden Cenizo, Auxiliadora, Tigre y Socorro. Por lo general los dos primeros aparecen con un 50 a 90% más productivos que los dos últimos.

La precipitación en la localidad de Mene-Grande es mayor que en Agua Viva en el orden de un 11 a 38%.

9. Bajo estas condiciones las prácticas de fertilización no son recomendables pues no existe una respuesta favorable a esta práctica, debido a que la humedad es la principal limitación, sin embargo, en ciertas temporadas las producciones son elevadas, lo cual justificaría el uso

de fertilizantes, pero es difícil prever en que año se van a obtener estas producciones

10. Mediante el procedimiento propuesto es posible cuantificar la combinación de variables estudiadas y compararlas para finalmente escoger aquellas combinaciones que nos aseguren un mayor potencial productivo y una mayor estabilidad de la producción.

CAPITULO VII.

RECOMENDACIONES

1. Instalación de una red meteorológica más densa y completa con el fin de poder caracterizar con mayor realismo el factor clima.
2. Realizar investigaciones en las relaciones agua, suelo y planta.
3. Realizar ensayos de épocas de siembra y producción.
4. Realizar estudios sobre características hidrodinámicas de los suelos.
5. Obtener información de las características morfológicas de los cultivos tales como: a) profundidad de enraizamiento, b) área foliar, - - c) eficiencia de conversión de energía radiante a materia seca, d) de finir las etapas de crecimiento etc.

CAPÍTULO VIII.

RESUMEN

Se desarrolla un método para investigar las épocas de siembra más convenientes para condiciones de secano. Se aplica a las localidades

LITERATURA CITADA.

- Amisial, R. 1971. Disponibilidad de agua superficial, CIDIAT, Mérida, - Venezuela. 83 pag.
- Barriga B. Patricio. 1972. Mejoramiento por ideotipo de maíz. Turrialba 22 (4): 454-461.
- Chang, J.H. 1968. Climate and Agriculture, an ecological Survey. Aldine publ. co. Chicago 304 pag.
- Cobo Margarita., Freddy Leal., J.J. Villasmil y Pedro González. 1970. Estudio sobre la probabilidad de lluvias y otros factores climaticos y su aplicación en el sector agrícola. Maracay, Venezuela. 16 pag.
- Consejo de Bienestar Rural. 1966. La Caraota. Caracas, Venezuela.
- COPLANARH. 1974. Inventario Nacional de Tierras región del Lago de Maracaibo, publicación No. 34 Caracas, Venezuela. 295 pag.
- Galeano Concepción, y Bernardino Zurita. 1975. Determinación de la época de siembra más apropiada para la producción de Caraota en condiciones de secano. Trabajos especiales CIDIAT, Mérida, Venezuela: 26-41.
- García Eldón. 1975. Adaptación de un modelo de simulación con aplicación al cálculo del déficit agrícola. Tesis de grado para obtener el titulo de Magister Scientae. CIDIAT, Mérida, Venezuela. 163 Pag.
- García Benavides. J. 1967. Zonificación de *Phaseolus vulgaris* en función de su regimen hídrico Agronomía Tropical. 19 (3). Maracay, Venezuela: 197-203.
- Gutiérrez Omar, Roger Amisial. 1974. Determinación de la época de siembra más apropiada para la producción de *Phaseolus vulgaris* (L). en condiciones de secano. IX reunión de la asociación Latino Americana de Fitotécnia, Panama 17 pag.
- Grassi J. Carlos. 1968. Variación de la evapotranspiración relativa durante el ciclo vegetativo de los cultivos. II Jornadas Venezolanas de

- riego. Octubre Caracas. Venezuela: 257-266.
- Hall, A Warren, and John Dracup. 1974. Ingeniería de sistemas en los Recursos Hidráulicos. Editorial Continental. Mexico. 436 Pag.
- IBM. 1974. Manual de Programación digital Fortran IV. 117 pag.
- Jaurequi Eduardo. 1975. Apuntes de Fortran IV. CIDIAT, Mérida, Venezuela 101 pag.
- Loomis. R.S, and Williams. W.A. 1963. Maximun Crop Productivity, an estimate. Crop Science: 67-72.
- Mc. Cree, K.J, and J.H. Troughton. 1966. Predicción of. Growth rate at different light levels from measured photosynthesis and respiration rates. Plant Physiolosy. 41 (4). April: 559-566.
- Meléndez Isidro. 1975. Investigación sobre Manejo de suelo y cultivos. Universidad del Zulia. Maracaibo. Venezuela. sin publicación.
- Michelangelli Alavares José. 1971. Comportamiento Agronómico del Algodón variedad El Cerro, en la serie El Cenizo, primera etapa, Ministerio de Obras Públicas, Caracas, Venezuela, 44 pag.
- Melga, M. 1962. Agricultural Meteorology. offic. Tech. Serv; U.S Dept.of comm. Washinton 25, DC. s/p.
- Norero Aldo. 1974a. Concepto dinámico de la humedad disponible y su estimación para fines técnicos. V Jornadas Venezolanas de Riego. Caracas, Venezuela. Noviembre. 26 pag.
- Norero Aldo. 1974b. Formula para estimar la influencia de la humedad del suelo en la productividad de los cultivos. V Jornadas Venezolanas de Riego. Caracas, Venezuela Noviembre. 43 pag.
- Norero Aldo. 1975. Lecciones de Agrofísica. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
- Ortega S. Y. 1967. Zonificación del Cultivo de la Caraota (*Phaseolus Vulgaris* L.) en Venezuela Agronomía Tropical 17 (3). Maracay, Venezuela: 153-161.
- Papadaskis, J. 1970. Fundamentals of Agronomy. Compendium of Crop ecology.

Edit. por autor. Córdoba 4564; Buenos Aires, Argentina s/p.

Rojas Eybar. 1975. Lecciones de Agrofísica. CIDIAT. Mérida, Venezuela.

Salter, P.J. y J.E. Goode. 1967. Crop response to water at different Stages of Growth. Research Rev. No. 2 comm. Agric. Bur Bucks. Inglaterra. 246 pag.

Shibles R.M. and C.R Weber. 1966 interception of solar radiation and dry matter production by various soybean planting patterns. Crop Science, volumen 6. January: 55-59.

Stapleton N.N, Fol Watson, D.J. Nolting, and D.N Baker. 1972. A computer Simulation of cotton growth. Agricultural experiment Station. Technical Bulletin No. 206. The University of Arizona. 123 pag.

Taylor, S.A and G.L. Ashcroft. 1972. Physical Edaphology. The Physics of Irrigated and non. irrigated soils. W.H. Freeman & Co. San Francisco 553 pag.

Ventskevich, G.Z. 1961 Agrometeorology. Israel Prog. Sci. Trans; offic. Techserv; U.S Dept. of. comm, Washington 25, D.C. s/p.

Webster, C.C. and P.N. Wilson. 1964. Agriculture In the tropics. Longmans, Londres 488 pag.

Weinling Ralph. M. 1963. Growth of Ryegrass as Influenced by temperature and solar radiation. Agronomy Journal: 519-521.