



FUNDACION PARA EL DESARROLLO DE LA REGION
CENTRO OCCIDENTAL DE VENEZUELA

F U D E C O

**METODO PARA LA DETERMINACION DE
USOS CONSUNTIVOS Y DEMANDAS DE
RIEGO**

ING^º CIVIL. MIGUEL NUCETE H
HIDRO. JOSE M. VOLCAN B.
HIDRO. PEDRO ESCALONA

DIVISION: OBRAS CIVILES

BARQUISIMETO, MARZO 1.971

INDICE GENERAL

	Págs.
1. Introducción general	1
2. Objetivos	3
3. Metodología	3
3.1. Introducción	3
3.2. Información necesaria sobre evaporación	3
3.2.1. Estimación de la evaporación mensual en tina en una zona con información de precipitación única- mente.	5
3.3. Criterios a seguir en la utilización de los factores más importantes que afectan el balance hídrico	7
3.3.1. Evapotranspiración	7
3.3.2. Cultivos	8
3.3.3. Coeficientes de cultivos	8
3.3.4. Almacenamiento del suelo	9
3.3.5. Lluvia	10
3.4. Aplicación de los diversos métodos para el cálculo de las necesidades de riego.	10
4. Conclusiones	14
5. Recomendaciones	16
Bibliografía	18
Plano	19
Cuadros	20 a 40
Gráficos	41 a 50

INDICE DE PLANOS

1. Ubicación de la zona estudiada y estaciones meteorológicas utilizadas	Págs 19
--	------------

INDICE DE CUADROS

1. Estaciones utilizadas	20
2. Evaporación en las estaciones de El Rodeo, Central Matilde y Guarabao.	21
3. Precipitación en El Rodeo y Central Matilde. Temperatura en Guarabao y Barquisimeto.	22
4. Cálculo de la ETP por el método del Thornthwaite distribuido. Central Matilde.	23
5. Coeficientes de cultivo.	24
6. Coeficientes de cultivo escogidos.....	25
7. Capacidad provisional de almacenaje en diferentes combinaciones de suelo y vegetación.....	26
8. Características del perfil Tipo supuesto.....	27
9. Requerimientos de riego. Thornthwaite tradicional	28
10. CAÑA. Requerimientos de riego. Método de la tina.....	29
11. CAÑA. Requerimiento de riego. Método del Thornthwaite distribuido .	30
12. CAÑA. Requerimiento de riego. Método del Thornthwaite sin distribuir	31
13. CAÑA. Requerimientos de riego. Tina x 0,7.....	32
14. Cítricas. Requerimiento de riego. Tina.....	33
15. Cítricas. Requerimiento de riego. Thornthwaite distribuido.....	34
16. Cítricas. Requerimiento de riego. Thornthwaite sin distribuir.....	35
17. Cítricas. Requerimiento de riego. Tina x 0,7	36
18. Rotación maíz-caraota. Requerimiento de riego. Tina.....	37
19. Rotación maíz-caraota. Requerimiento de riego. Thornthwaite distribuido.....	38
20. Rotación maíz-caraota. Requerimiento de riego. Thornthwaite sin distribuir.....	39
21. Rotación maíz-caraota. Requerimiento de riego. Tina x 0,7	40

INDICE DE GRAFICOS

	págs.
1. Evaporación en tina para el año 1970 en Central Matilde y Guarabao	41
2. Comparación de los datos de evaporación en tina obtenidas por los diferentes métodos.....	42
3. Porcentaje de crecimiento v.s. coeficientes de cultivos.....	43
4. Precipitación efectiva según Blaney y Criddle (1962).....	44
5. Comparación entre los valores de ETP obtenidos para caña.....	45
6. Comparación entre los valores de ETP obtenidos para cítricas	46
7. Comparación entre los valores de ETP obtenidos para la rotación -- maíz-caraotas.....	47
8. Comparación entre los requerimientos de riego obtenidos para caña..	48
9. Comparación entre los requerimientos de riego obtenidos para cítricas.....	49
10. Comparación entre los requerimientos de riego obtenidos para la rotación maíz-caraotas.....	50

METODO PARA LA DETERMINACION DE USOS CONSUNTIVOS

Y DEMANDAS DE RIEGO

1. INTRODUCCION GENERAL

Hasta el presente, en Venezuela, se han venido calculando las demandas de riego, generalmente, por dos métodos dependiendo de la información meteorológica de que se disponga en la zona.

1a) Si existe información sobre evaporación en tina Tipo "A", para calcular la evapotranspiración potencial mensual, se multiplica el dato mensual de la tina, por un coeficiente que varía entre 0,7 y 0,80. Una vez obtenida ésta, con la lluvia (generalmente bruta), y con un almacenamiento del suelo (generalmente se supone 100 mm a menos que se tenga información edafotécnica), se realiza un balance hídrico, el cual nos proporciona las demandas netas mes por mes.

2a) Si no existe información de tina en la zona (lo más probable), y dependiendo de la información meteorológica de que se disponga, se utilizan diversas fórmulas, siendo las más difundidas las de Thornthwaite y Blaney-Criddle, debido a la poca información que se necesita para su uso (temperatura y horas de sol teóricas). Con estas fórmulas se obtiene la evapotranspiración potencial, consiguiéndose las demandas de riego mediante un balance hídrico que se realiza de la misma forma que en el caso anterior.

Ahora bien, cada uno de los métodos mencionados presenta una serie de deficiencias e inexactitudes, que redundan en un cálculo errado de las demandas de riego, lo cual ha incidido negativamente en el planeamiento y funcionamiento de los sistemas de riego.

Entre las deficiencias e inexactitudes más importantes podemos mencionar:

- a) En el primer método, al multiplicarse la evaporación en tina - por un coeficiente constante (0,70 a 0,80), se está suponiendo que el uso consuntivo es constante durante el año, lo cual es aproximadamente cierto en el caso de cultivos permanentes (cítricas, cacao etc), aunque el coeficiente es mucho menor.

La diferencia se hace mayor en el caso de cultivos anuales -- (ejem: rotación maíz-caraota), ya que el coeficiente (en este caso coeficiente de cultivo), varía con la etapa de desarrollo del mismo, existiendo épocas (siembra, etc) en la cual el uso consuntivo es muy bajo, pues la transpiración es muy pequeña.

En el segundo método, tampoco se toma en cuenta el tipo de -- cultivo.

- b) Se supone que toda la lluvia caída es aprovechada por el cultivo, lo cual no es cierto.
- c) Al suponer que el almacenamiento es 100 mm, no se está tomando en cuenta que es variable de suelo a suelo y que depende principalmente de la textura y la profundidad radicular, por lo cual habrá casos en que el método puede indicar necesidades de riego, y en la realidad, o estas son mínimas o no existen.
- d) De acuerdo a estudios realizados en Venezuela, por el Ing. -- Agrónomo M.S. Javier López, los análisis de correlación indican que las fórmulas más ampliamente usadas en el país, Blaney -- Criddle y Thornthwaite, no son adecuadas, ya que los elementos meteorológicos en que se basan ambas fórmulas, temperatura media y horas de sol teóricas, son prácticamente constantes durante todo el año, para la latitud 10°

En ese mismo estudio menciona la alta correlación existente entre los valores de evaporación de la tina Tipo "A", y los valores medidos en un lisímetro flotante.

De lo anterior deducimos que el segundo método tiene una base teórica débil, al menos en Venezuela.

2. OBJETIVOS

Uno de los objetivos del presente trabajo es tratar de divulgar una metodología utilizada profusamente en otros países, pero que en Venezuela es incipiente, ya que muy pocos profesionales la utilizan, y dada su importancia creemos que es necesario llevarla al conocimiento de todos aquellos técnicos cuyo trabajo consiste en la planificación y utilización racional de los recursos hídricos. El otro objetivo muy importante es el de proponer un método para el cálculo de la evapotranspiración potencial en una zona que cuente únicamente con información de precipitación.

3. METODOLOGIA

3.1. Introducción

La metodología que se va a proponer puede ser utilizada en estudios a diversos niveles, pues ésta dependerá además de la existencia o no de datos de tina Tipo "A", del conocimiento de las características de los suelos cuya necesidad de riego se piensa estudiar, así como del tipo de cultivo propuesto. Ejemplo, si en la zona se cuenta con un estudio de suelos, a nivel detallado y con datos de tina de varios años, la determinación será más confiable que si en la zona solamente se cuenta con datos de temperatura, y un estudio de suelos de gran visión. De todas formas pensamos que la metodología propuesta proporciona datos mucho más confiables que los métodos tradicionales en las mismas condiciones.

En un futuro cercano, una vez finalizados los estudios de suelos de gran visión que adelanta COPLANARH, se podrá contar con información agrícola en cualquier zona agrícola de Venezuela, lo cual será una gran ayuda para la determinación aproximada de las demandas de riego.

3.2. Información necesaria sobre evaporación en tina

Uno de los datos básicos para el método es la información sobre evaporación mensual en tina Tipo "A".

Si en la zona existe información de tina de varios años, 4 ó más, este problema está resuelto. Si en la zona existe sólo 1 ó 2 años de información, deberá tratarse de correlacionar dicha información con la de alguna tina que se encuentre en una zona con características climáticas semejantes, y tenga mayor número de años con datos.

El problema se presenta, en aquellas zonas donde se carece de información de tina, pues hay necesidad de emplear fórmulas basadas en información meteorológica, siendo las más usuales y sencillas, las de --- Thornthwaite y Blaney-Criddle, que como ya se mencionó no son aplicables en nuestro medio.

Dado que este es el caso más común vamos a explicar una solución - que le hemos conseguido a este problema, aplicandola a una zona del Estado Yaracuy, y que cuenta con una estación pluvioevaporimétrica llevada por la División de Hidrología del M.O.P., dicha estación es Central Matilde.

Se escogió esta estación por varios motivos, a saber:

- a) Tiene información evaporimétrica de tina Tipo "A", con varios años de registro, lo cual nos permitirá chequear la exactitud del método.
- b) Está ubicada en una zona de la cual tenemos conocimiento acerca de las deficiencias reales existentes, basadas en información de agricultores que la habitan.

En el plano N^o 1 puede verse la ubicación de las estaciones cuyos datos se van a utilizar en el estudio. En el cuadro puede verse el nombre de la estación, organismo a que pertenece, tipo, número del serial, y cota aproximada.

En el cuadro N^o 1 está una lista de las estaciones utilizadas.

En el cuadro N^o 2 está la información disponible de evaporación de El Rodeo, Central Matilde y Guarabao.

En el cuadro N^o 3 está la información de precipitación en El Rodeo y Central Matilde.

En el cuadro N.º 3 aparece la información sobre temperaturas promedio mensuales, para Barquisimeto y El Rodeo.

3.2.1. Estimación de la evaporación mensual en tina en una zona con información de precipitación únicamente

Como dijimos anteriormente vamos a suponer que en la zona donde está ubicada la estación pluviométrica del Central Matilde solo existe información de precipitación.

La solución a este problema consiste en estimar la temperatura promedio mensual, y en base a ésta se calcula la "evapotranspiración anual" por el método de Thornthwaite, dicho valor se distribuye mensualmente de acuerdo a los porcentajes promedios de evaporación que representa cada mes del total anual, de una estación que esté ubicada en alguna zona con algunas características climáticas similares. Como se puede observar no importa que el total de la evaporación en la zona -- que se está tomando de patrón de comparación sea mayor o menor que la zona en estudio, lo importante es su distribución en el año.

En nuestro caso nos encontramos con la siguiente información: (suponiendo que no existe tina en Central Matilde).

- a) La Estación de Guarabao tiene un año de registros, de evaporación, y de temperatura. Esta estación no la vamos a utilizar pues es tan representativa de la zona que no lo sería del método, ya que en ese solo año de registro presenta una correlación magnífica -- con la de Central Matilde, a pesar de no ser un año normal. (ver gráfico N.º 1).
- b) La otra estación climatológica en la zona es la de El Rodeo, la cual si queda bastante alejada del Central Matilde, y cuenta con varios años de registro de evaporación y temperatura.
- c) La Estación de las F.A.V. en Barquisimeto no tiene datos de evaporación en tina sino evaporación a la sombra, la cual no nos sirve. Cuenta con datos de temperatura los cuales han sido siempre una buena base para el cálculo de las temperaturas en otros sitios --

utilizando el gradiente alto térmico de 0,55°C/100 m de desnivel, -- por lo que también los utilizaremos en el presente estudio.

Basándonos en los datos disponibles se hizo lo siguiente:

- a) La temperatura promedio de cada mes del Central Matilde, se calculó en base a las temperaturas promedios mensuales de Barquisimeto, a la diferencia de cota entre ambas estaciones y al gradiente alto -- térmico, o sea.

$$t \text{ mensual Central Matilde} = (t \text{ mensual Barquisimeto} + \Delta H \times 0,55)^\circ\text{C.}$$

(ver cuadro N° 1).

El promedio anual de temperatura así calculado dió 25,7°C, en tanto que el promedio anual real de Guarabao a la misma cota, es de ----- 25,1°C. Como se ve la diferencia es pequeña.

En caso de que no existan planos con curvas de nivel en la zona, se puede hallar la cota suficientemente aproximada mediante un alfiler de precisión.

- b) En base a los datos de temperatura calculados en a) se aplicó el método de Thornthwaite, lo cual nos proporcionó la evapotranspiración mensual mes a mes, y cuya suma nos da el total anual que es el valor que nos interesa. Dicho total anual dividido por un factor de conversión de 0,7, nos proporcionó la "evaporación anual promedio - en tina Tipo "A". (ver cuadro N° 4).

- c) Con los datos de evaporación en tina (años 64-65 a 69-70), de El Rodeo, se calcularon los porcentajes promedios de evaporación que representaba cada mes en el total anual promedio.

Total	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
100%	9,4	7,9	6,1	6,4	7,1	7,7	7,7	6,9	7,9	9,5	10,7	12,7

Se puede ver que los meses de mayor evaporación son: Enero, Febrero, Marzo y Abril.

- d) Con el total anual de evaporación en tina Tipo "A" calculado en b), y los porcentajes calculados en c), se hallaron las "evaporaciones mensuales promedio en tina Tipo "A" en el Central Matilde. (ver cuadro N° 4).

Con el objeto de comparar gráficamente los resultados obtenidos utilizando el método propuesto, con los valores mensuales del - - - - Thornthwaite divididos por 0,7 (esto con el objeto de que sean comparables, además de la distribución, los valores absolutos), y con los valores promedio medidos en la tina Tipo "A" del Central Matilde en el mismo período 64-70, se dibujó el gráfico N° 2.

En dicho gráfico puede observarse en primer término que la correlación entre los valores medidos y los valores calculados según el método propuesto es muy buena.

También puede observarse que la distribución mensual del - - - - Thornthwaite difiere bastante de la realidad en los meses de Diciembre a Marzo, y según la misma tendencia, pero algo mayores en el -- resto del año.

De esto concluimos que el método propuesto es bastante aceptable, y puede ser utilizado en la zona en estudio, con mayor confianza que el Thornthwaite tradicional.

3.3. Criterios seguidos en la determinación de los factores más importantes - que afectan el balance hídrico

3.3.1. Evapotranspiración

Con el objeto de hacer comparaciones, para el cálculo de la evapotranspiración se utilizaron los datos de evaporación en tina, medidos y calculados (ver 3.2.). Así como los obtenidos por el método tradicional de Thornthwaite.

3.3.2. Cultivos

Por considerarlo interesante para el cálculo de las demandas de riego por los diversos métodos, se supusieron los siguientes cultivos: cítricas (permanente), caña (semipermanente) y la rotación maíz-carota (anuales). Para esta última se supusieron las épocas de siembra tradicionales en la zona, las cuales son adecuadas.

Para la caña se supuso el corte en Enero.

3.3.3. Coefficientes de cultivo

Estos coeficientes de cultivos fueron tomados del cuadro N° 5 el cual fué copiado del artículo "consumptive use derived from evaporation pan data" by George H. Hargreaves. Journal of the irrigation and drainage división. Marzo 1968. A.S.C.E.

Como se puede observar en dicho cuadro, el valor del coeficiente de cultivo está dado en función del porcentaje de crecimiento, y deben ser aplicados a datos de tina Tipo "A". En el cuadro N° 6 pueden verse los valores adoptados.

El coeficiente de cultivo mensual se puede calcular en base al cuadro N° 5, analíticamente y gráficamente.

Ej. en el caso del maíz (período vegetativo de cultivo 4 meses) se supone que dicho cultivo se desarrolla un 25% cada mes, y partiendo de esta base se puede efectuar el cálculo de las siguientes maneras:

- a) Analíticamente: Ej. El 25% de crecimiento se divide en etapas de crecimiento de 5% en 5% (con sus correspondientes coeficientes de cultivo), y se calcula el coeficiente de cultivo ponderado. Para el cálculo del coeficiente de cultivo entre el 25% y 50% se procede en forma similar, y así sucesivamente.
- b) Gráficamente: Partiendo de los ejes de coordenadas, se plotea en el eje de las abscisas los porcentajes de desarrollo, y en el eje de las ordenadas el correspondiente coeficiente de cultivo.

Ej. se calcula el área bajo la curva entre 0% de crecimiento y 25%, y dicho valor se divide entre 25%, obteniéndose el coeficiente de cultivo medio. Y así sucesivamente. (ver gráfico N°3).

Para aquellos meses de siembra, y período entre cosecha y siembra se estimó un valor medio del coeficiente de cultivo de 0,20 a 0,30, con el objeto de tomar en cuenta la evaporación (caso de suelo recién arado sin sembrar) o la evapotranspiración (caso de que en un mes no exista cultivo, pero nace maleza la cual también consume agua sobre todo en las zonas con bastante precipitación).

3.3.4. Almacenamiento del suelo

El almacenamiento del suelo se calculó en base a un perfil de suelo supuesto, el cual vamos a considerar representativo de la zona. En cualquier forma las características de cada clase de suelo a considerar en cualquier estudio estarán dadas por el estudio agrológico. Teniendo los datos sobre textura se puede estimar preliminarmente la capacidad de almacenamiento del suelo utilizando el cuadro N° 7 tomado del libro de Grassi (CIDIAT), la cual proporciona la capacidad provisional de almacenaje de agua en diferentes condiciones de suelo y vegetación según "Thorntwaite y Matter", o también se pueden utilizar los datos del Manual de Riego del U.S.D.A. En este caso vamos a suponer que la profundidad de exploración de las raíces, para los cultivos anuales es de 0,90 m, para el cultivo semipermanente (caña) es 1,35 m, y para el cultivo permanente (cítricas) es 1,50 m.

Basándonos en los criterios expuestos en el Manual de Riego del U.S.D.A. pág. 77 y 78, se supuso que del total de agua almacenable, solamente el 80% puede ser utilizada por el cultivo sin sufrir una baja en el rendimiento.

En el cuadro N° 8 puede verse el perfil supuesto, así como el agua almacenable y útil para los cultivos propuestos.

Para todos los balances hídricos vamos a partir de un almacenamien-

to igual a cero al comienzo (mes de Abril), lo cual es lógico, si tomamos en cuenta que los meses de mayor evaporación y menor precipitación son Enero, Febrero, Marzo y Abril.

3.3.5. Lluvia

Debido a que toda la lluvia precipitada no es utilizada por el cultivo, se va a suponer para la rotación maíz-caraota, y para las cítricas que la relación entre lluvia precipitada y lluvia efectiva está dada por el gráfico N° 4 de Blaney-Criddle (año 1962), tomado del libro de Grassi.

Para la caña (zonas planas) dadas las características del cultivo (tupido) se va a suponer que toda la lluvia precipitada es efectiva, ya que esto fué una conclusión a la que se llegó en estudios efectuados -- por FUDECO en el Valle de Aroa, aunque en realidad pudiera ser que en este sitio, la humedad suplida por capilaridad por una mesa de agua cercana a la superficie nos haya hecho llegar a esa conclusión errada.

En nuestro caso usaremos la lluvia promedio de los años 64-70.

3.4. Aplicación de los diversos métodos para el cálculo de las necesidades de riego

Con el objeto de poder comparar los métodos tradicionales y propuestos, para la estimación de las demandas de riego en un ciclo agrícola y para diversos cultivos (caña, cítricas y rotación de maíz-caraota), se hicieron balances hídricos con cada método y cada cultivo. (ver cuadros N° 9 al 19).

Los métodos considerados para calcular los usos consuntivos fueron:

a) Tradicionales

- a.1. Thorntwaite Tradicional. o sea los valores de ETP mensual obtenidos a partir de una temperatura media mensual.

- a.2. Tina x 0,7. o sea la evaporación mensual en tina multiplicado por un factor constante a 0,7.
- b) Propuestos
 - b.1. Tina. o sea la evaporación mensual en tina multiplicada por el respectivo coeficiente de cultivo.
 - b.2. Thorntwaite distribuido. o sea el total anual del Thorntwaite dividido por 0,7 y distribuido según el porcentaje de evaporación que representa cada mes del total anual de la evaporación en tina de la estación de El Rodeo. Esos valores se multiplican por el respectivo coeficiente de cultivo.
 - b.3. Thorntwaite sin distribuir. o sea cada valor mensual del Thorntwaite Tradicional dividido por 0,7 y multiplicado por el respectivo coeficiente de cultivo.

En base a dichos cuadros y con el objeto de permitir una visión clara de los valores del uso consuntivo y de las demandas que se obtienen con cada método, se dibujaron los gráficos N° 5, 6 y 7 y los N° 8, 9 y 10 respectivamente.

Durante el "Estudio de prefactibilidad para el Desarrollo Integral de la Cuenca del Aroa", se pudo constatar que aplicando los criterios -- expuestos (coeficientes de cultivo, lluvia etc) los valores obtenidos se ajustaban bastante a la realidad, ya que por medio de encuestas con diversos agricultores con bastantes años de labor en la zona se chequearon los años en los cuales ellos tuvieron problemas de déficit.

Como en dicho trabajo se usaron valores de tina, vamos a suponer -- que las demandas obtenidas con este método son las reales, y los resultados de los otros métodos los vamos a referir a estos.

Basado en lo anterior pasamos a analizar los resultados de los métodos aplicados a cada cultivo.

- a) Caña. (ver gráfico N° 5 y 8).

Los valores de uso consuntivo proporcionados por el método del Thorntwaite distribuido son los más ajustados a los reales.

Los otros tres métodos (Thorntwaite Tradicional, Tina x 0,7 y Thorntwaite sin distribuir), no se adaptan a la realidad pues en algunos meses dan valores de uso consuntivo muy por encima o muy por debajo.

Como se puede ver el total de las demandas anuales para el cultivo es bastante similar para el Thorntwaite Tradicional, el Thorntwaite distribuido y la realidad, siendo la distribución también parecida.

La distribución de la demanda que da el Thorntwaite sin distribuir es completamente diferente a la real, dando además un déficit 27% mayor.

En el método Tina x 0,7, el total de la demanda es inferior a la real (28%), aunque la distribución es similar.

b) Cítricas. (ver gráficos N° 6 y N° 9)

Al igual que con la caña, el método del Thorntwaite distribuido se ajusta bastante a la realidad.

En este caso el método del Thorntwaite sin distribuir se aproxima un poco más a la realidad, presentando valores de uso consuntivo algo mayores de Abril a Diciembre, y valores menores de Enero a Marzo, lo cual es característico del método de Thorntwaite en esta zona.

Los otros dos métodos (Thorntwaite Tradicional y Tina x 0,7) se apartan mucho de la realidad dando valores de uso consuntivos mucho mayores.

En cuanto a la demanda de riego total el Thorntwaite distribuido da un 26% mayor que la real siendo la distribución de la demanda similar.

El Thorntwaite sin distribuir también da un 26% mayor que la real

variando un poco la distribución de la demanda.

El Tina x 0,7 da un 34% mayor que la real aunque con una distribución parecida.

El Thornthwaite Tradicional da una demanda de un 94% mayor que la real variando un poco la distribución.

c) Rotación maíz-carota. (ver gráficos N.º 7 y 10)

Aquí es donde se puede ver con más claridad la diferencia entre los métodos tradicionales y la realidad.

Podemos observar que los valores obtenidos en el Thornthwaite distribuído y en menor grado con el Thornthwaite sin distribuir, se correlacionan bastante bien con los reales, en tanto que los valores obtenidos en el Thornthwaite Tradicional y Tina x 0,7, son muy distintos, estando muy por encima de los valores reales, y con una distribución de los valores mensuales diferente.

Aquí hay algo muy interesante que se debe observar, y es que existe una demanda aparente más alta que la real, pues existen necesidades de riego aparentes en los meses de Febrero (parte del mes), Marzo y Abril, y en dichos meses no hay cultivos sembrados, ya que la carota se cosecharía a finales de Enero y comienzos de Febrero, y se volvería a sembrar maíz a comienzos de Mayo (año promedio). Por lo tanto el déficit en esta rotación es el que aparece cuando hay cultivos.

Esto no se tomaba en cuenta al aplicar los métodos tradicionales, ya que en ellos no se distinguía entre los déficit reales y los aparentes.

Con el Thornthwaite distribuído al igual que en la realidad el riego sería un riego complementario (parte del mes de Enero), y el cual pudiera ser evitado si en vez de sembrarse a comienzo de Noviembre se siembra a mediados de Octubre, y se utilizan prácticas adecuadas de cultivo.

El Thorntwaite sin distribuir da una repartición errada de la demanda, pues indica además de en el mes de Enero, en Junio y Julio.

El Tina x 0,7 nos indica necesidades de riego además de el mes de Enero, en el mes de Marzo.

El que más se aparta es el Thorntwaite Tradicional pues nos indica necesidades de riego además de Enero, en Marzo y Diciembre.

4. CONCLUSIONES

- a) Hasta el presente se han venido calculando las demandas de riego de una forma errada dando valores, en el caso de rotaciones de cultivo anuales, muy por encima de los reales, ya que al no definirse una época de cultivo, se computaba toda la demanda anual, o sea la demanda aparente como se dijo anteriormente. Esto último puede haber contribuido a justificar sistemas de riego en zonas donde no se justificaba una inversión de gran magnitud, pues o no existen demandas definidas para ciertos cultivos, o el riego necesario sería un complemento.
- b) Los métodos tradicionales (Tina x 0,7 y Thorntwaite) en esta zona se apartan de la realidad sobre todo el segundo, proporcionando valores totales en algunos casos por encima y en otros por debajo de los reales lo cual puede llevar a conclusiones erradas acerca de las necesidades de riego.
- c) Las necesidades de riego de la zona estudiada (año promedio) son:
Caña: Para este cultivo el total anual es de 491 mm, distribuidos en 5 meses (Enero, Febrero, Marzo, Abril y Mayo), siendo el mes de mayor déficit el de Marzo.
Cítricas: Para este cultivo el total anual es de 245 mm, distribuidos en 4 meses (Febrero, Marzo, Abril y Mayo), aunque en Abril y Mayo la demanda es bastante baja, mientras Marzo presenta la mayor demanda.

Rotación maíz-caraota: Para el maíz, no habría demanda, en tanto que para la caraota la demanda es menor de 27 mm.

Visto esto se puede concluir que la caña y las cítricas justifican una inversión en riego en tanto que para la rotación maíz-caraota, es necesario estudiar una serie de años de precipitación con el objeto de estudiar cada cuantos años se presenta una sequía de magnitud.

La sequía de Enero pudiera controlarse anticipando la época de siembra unos 15 días, y/o utilizando mejores prácticas de cultivo. (ej. arado más profundo).

- d) Si se desean conocer las necesidades de riego en cualquier zona que tenga información de tina de varios años, se deberá utilizar esta información, pero aplicando los criterios expuestos sobre coeficientes de cultivo, lluvia, almacenamiento, épocas de siembra etc., ya que ésta metodología fué chequeada con datos de campo, y se encontró que los resultados encontrados se aproximaban mucho a la realidad.
- e) En caso de que en la zona de estudio no se cuente con información de tina, se deberá usar el método del Thornthwaite distribuido, utilizando la información de tina de alguna zona con características climáticas similares. Al respecto, debido a que es de esperar que en la mayor parte de las zonas se cuenta solo con información de precipitación, una guía importante que pudiera determinar esta semejanza sería buscar otra zona con precipitación promedio total anual y distribución mensual similar a la zona en estudio.
- f) El método del Thornthwaite sin distribuir resultó ser poco aplicable.
- g) Se notó que cuando la precipitación en el mes excede a 140 mm, la lluvia efectiva continúa constante en 100 mm, lo cual puede llevar a que en un mes con precipitación de más de 200 mm, y evapotranspiración alta también, se nos presente una demanda, la cual

en la realidad es aparente.

En los casos en que esto suceda debería considerarse dicha demanda como aparente.

5. RECOMENDACIONES

- a) Que la presente metodología propuesta, sea estudiada por aquellos técnicos que trabajan en el cálculo de usos consuntivos, con el objeto de someterla a un análisis crítico a la luz de sus experiencias en zonas con características similares o distintas a la estudiada.
- b) Los valores de los coeficientes de cultivo escogidos están basados en experiencias no venezolanas, por lo cual es conveniente realizar estudios que nos permitan saber si esos valores son siempre aplicables en los diversos climas que se encuentran en nuestro medio.

Al respecto le transmitimos la inquietud a los pocos ingenieros que han dedicado esfuerzos a la experimentación en ese campo (Ing^o Carlos Grassi, Javier López, Kenneth Mathinson etc).

Esta materia pudiera ser también motivos de tesis de grado para ingenieros agrónomos.

- c) También es materia de investigación, el gráfico N^o 4 de Blaney-Cridle que relaciona la lluvia total precipitada con la realmente efectiva para el desarrollo del cultivo, ya que presenta deficiencias en su aplicación en aquellas zonas donde llueven normalmente más de 140 mm, al mes. En consulta efectuada al Dr. Carlos Grassi a este respecto, nos manifestó que dicho gráfico "ha sido desarrollado para determinado ambiente edafoclimático y régimen de precipitación en el Oeste de Estados Unidos y no siempre da buenos resultados el trasladarlo a condiciones del Trópico. Mi impresión es que la reducción es exagerada para elevada precipitación mensual. Al respec

to le sugiero considerar una pérdida del 20% por escurrimiento superficial, o sea tomar 0,80 de la precipitación".

- d) Que aquellos embalses con fines de riego, actualmente en estudio --- sean analizados bajo los criterios expuestos, con el objeto de determinar en primer lugar su conveniencia, y en segundo lugar su magnitud.
- e) Sugerimos a la División de Hidrología del M.O.P. , I.N.O.S., M.A.C., F.A.V., que dada la escasez e importancia del dato de evaporación en tina Tipo "A" incrementen el plan de instalación de estaciones plu--vioevaporimétricas.

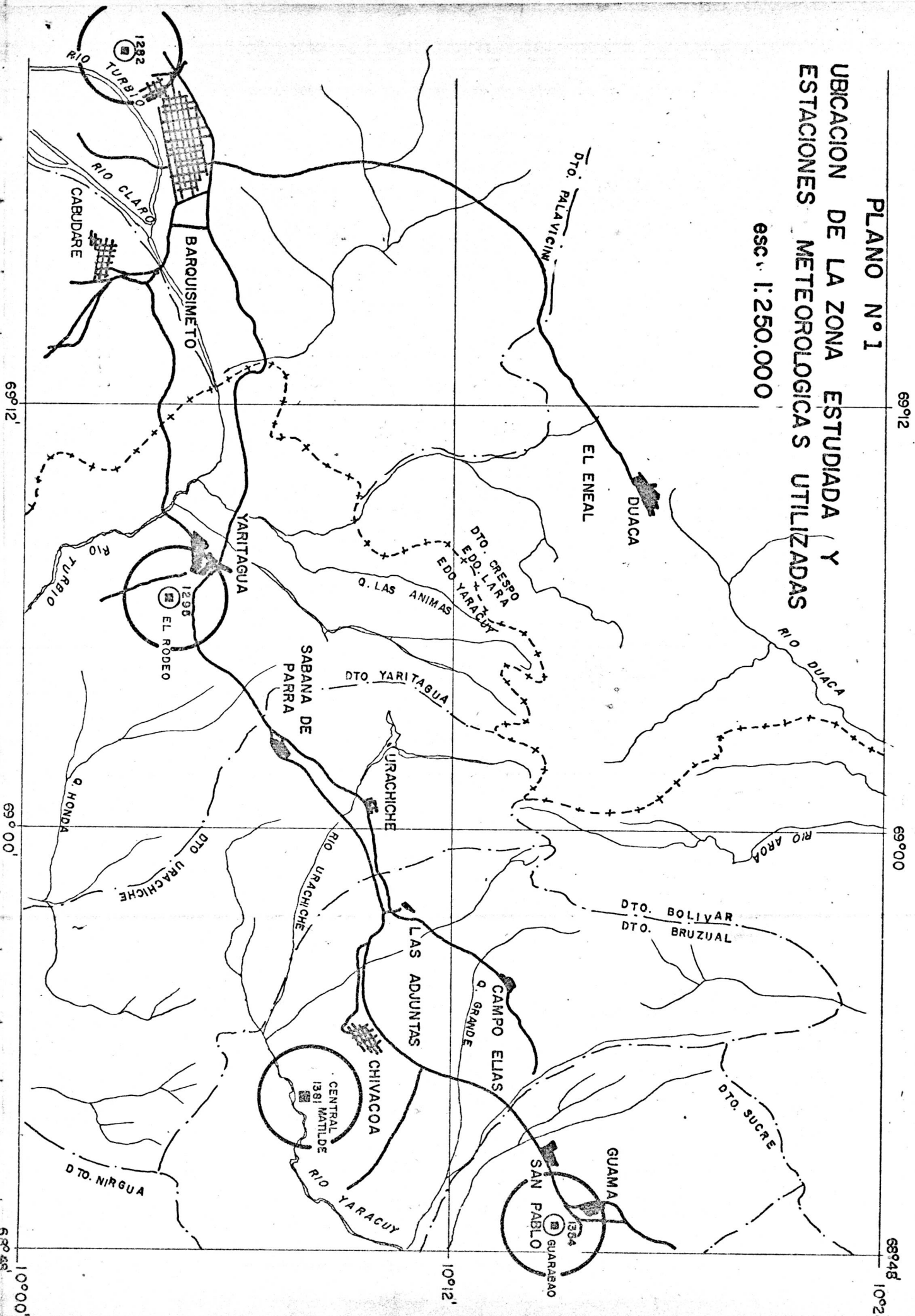
PR-DOC

MNH/JMVB/PE/efl.-

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

- 1) GRASSI, C.J. Estimación de los usos consuntivos de agua y requerimientos de riego con fines de formulación y diseño de proyectos. Mérida. CIDIAT. 1968. 140P.
- 2) HARGREAVES, George H. Consumptive use derived from evaporation pan data. Journal of the irrigation and drainage division. New York. A.S.C.E. 1968. 123P.
- 3) KEY SANCHEZ, Fernando. y SERPA, Diego. Consideración de factores climáticos y su variación - para el planeamiento del desarrollo agrícola bajo riego.
- 4) LOPEZ, Javier. Resultado comparativo de Mediciones y Computos. Caracas. Jornadas de riego. 1968.
- 5) NUCETE H, Miguel;
VOLCAN B, José Manuel. Estudio de prefactibilidad para el desarrollo integral de la Cuenca del Aroa. Volumen III. FUDECO. Barquisimeto. 1971.
- 6) URRIOLA MUÑOZ, Pedro J. El clima de Venezuela y su relación con las necesidades de riego. II Jornadas Venezolanas de riego. M.O.P. Caracas.

PLANO N° 1
 UBICACION DE LA ZONA ESTUDIADA Y
 ESTACIONES METEOROLOGICAS UTILIZADAS
 Esc. 1:250.000



CUADRO Nº 1

ESTACIONES UTILIZADAS

ESTACION	ORGANISMO	TIPO	SERIAL	COTA (m. s. n. m.)
GUARABAO	M. O. P.	CLIMATOLOGICA	1.354	250
YARITAGUA ESTACION EXPERIMENTAL DE OCCIDENTE EL RODEO	M. A. C.	CLIMATOLOGICA	1.295	370
CENTRAL MATILDE	M. O. P.	PLUVIO-EVAPORIMETRICA	1.381	250
BARQUISIMETO AEROPUERTO	F. A. V.	CLIMATOLOGICA	1.282	590

CUADRO Nº 2
EVAPORACION (mm)

EL RODEO

AÑOS	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	TOTAL
64-65	206	208	121	140	167	169	167	173	169	207	206	287	2220
65-66	261	173	117	149	143	159	156	126	156	186	214	286	2126
66-67	204	167	124	131	144	136	166	130	157	210	247	281	2097
67-68	217	165	146	134	157	181	184	149	180	232	261	270	2276
68-69	182	151	148	140	157	171	167	174	196	198	206	265	2155
69-70	155	155	134	136	145	179	156	141	165	202	253	255	2076
PROM.	204	170	132	138	152	166	166	149	171	206	231	274	2159
%	9,4	7,9	6,1	6,4	7,1	7,7	7,7	6,9	7,9	9,5	10,7	12,7	100,0

CENTRAL MATILDE

64-65	178	205	106	129	140	144	157	133	139	164	176	257	1928
65-66	228	140	99	133	146	162	143	108	115	152	196	264	1886
66-67	195	158	123	136	146	141	155	147	149	163	186	222	1921
67-68	178	145	122	123	127	179	168	182	164	209	245	279	2121
68-69	185	171	159	147	155	159	159	172	181	191	175	253	2107
69-70	182	195	180	139	171	183	160	133	139	160	216	231	2089
PROM.	191	169	132	135	148	161	157	146	148	173	199	251	2010

GUARABAO

70-71	253	200	154	137	143	140	183	182	134	180	226	239	2192
-------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------

CUADRONº 3
EL RODEO
LLUVIA en (m m)

AÑOS	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	TOTAL
64-65	32	49	210	156	83	61	24	30	2	5	7	4	663
65-66	20	56	136	155	153	99	131	36	28	8	1	1	824
66-67	73	72	277	125	76	102	106	110	50	2	0	5	998
67-68	118	136	114	300	145	74	53	59	23	0	0	4	1026
68-69	136	79	126	225	89	37	49	6	10	51	1	1	810
69-70	128	123	131	131	203	15	110	121	52	18	2	1	1035
PROM.	84	86	166	182	125	65	79	61	28	14	2	3	893

CENTRAL MATILDE
LLUVIA en (m m)

AÑOS	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	TOTAL
64-65	38	48	236	309	111	156	91	71	16	19	6	0	1101
65-66	40	67	195	200	211	141	152	113	63	43	5	4	1234
66-67	45	78	178	194	104	119	144	151	59	10	10	14	1106
67-68	86	168	139	271	137	17	72	12	54	1	3	13	973
68-69	103	91	182	190	197	100	110	64	12	24	6	0	1079
69-70	185	58	102	108	140	27	187	105	57	10	2	4	985
PROM.	83	85	172	212	150	93	126	86	44	18	5	6	1080

G U A R A B A O

TEMPERATURA MEDIA (°C)

1970	25,9	26,3	25,3	24,4	25,8	24,6	25,5	24,8	24,3	24,7	24,9	25,5	25,2
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

B A R Q U I S I M E T O

51-60	24,6	24,1	23,6	23,2	23,7	24,2	24,3	24,2	23,4	23,1	23,4	24,2	23,8
-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

TEMPERATURA MEDIA (°C)

CUADRO N° 4
CALCULO DE LA E.T.P POR EL METODO DEL THORNTHWAITE DISTRIBUIDO
CENTRAL MATILDE

		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
AÑO	MES	TEMP. (°C)	i	E.T.P	CORR.	E.T.P AJUST. mm.	EVAP TINA mm.	%	E.T.P mm.
59-65	A	26,5	12,49	135	1,03	139	199	9,4	201
	M	26,0	12,13	125	1,08	135	193	7,9	169
	J	25,5	11,78	119	1,06	126	180	6,1	130
	J	25,1	11,50	112	1,08	121	173	6,4	137
	A	25,6	11,85	120	1,07	128	183	7,1	150
	S	26,1	12,21	128	1,02	133	187	7,7	165
	O	26,2	12,28	130	1,02	133	190	7,7	165
	N	26,1	12,21	128	0,98	125	179	6,9	148
	D	25,3	11,64	114	0,99	113	161	7,9	169
	E	25,0	11,44	110	1,00	110	157	9,5	203
	F	25,3	11,64	114	0,91	104	148	10,7	229
	M	26,1	12,21	128	1,03	132	188	12,7	272
TOTAL		25,7	143,38			1497	2138	100,0	2138

① = TEMPERATURA MEDIA EN EL CENTRAL MATILDE OBTENIDA DE LA DE BARQUISIMETO AFECTADA DE UN COEFICIENTE ALTOTERMICO.

⑤ = E.T.P OBTENIDA POR LA FORMULA DE THORNTHWAITE

$$\textcircled{6} = \frac{\textcircled{5}}{0,7}$$

⑦ = % DE EVAPORACION EN TINA. (EST. EL RODEO)

$$\textcircled{8} = \textcircled{6} \times \textcircled{7}$$

CUADRO Nº 5
COEFICIENTES DE CULTIVO

CULTIVO	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO DEL CULTIVO										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ALFALFA	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	0,95	0,95	0,95	0,90	0,80	0,65
ALGODON	0,10	0,20	0,40	0,55	0,75	0,90	0,90	0,85	0,75	0,55	0,35
ARROZ	0,80	0,95	1,05	1,15	1,20	1,30	1,30	1,20	1,10	0,90	0,50
FRIJOL	0,20	0,30	0,40	0,65	0,85	0,90	0,90	0,80	0,60	0,35	0,20
HORTALIZAS CON (a) RAICES PROFUNDAS	0,20	0,20	0,25	0,35	0,50	0,65	0,70	0,60	0,45	0,35	0,20
HORTALIZAS CON (b) RAICES SUPERFICIALES	0,10	0,20	0,40	0,50	0,60	0,60	0,60	0,55	0,45	0,35	0,30
MAIZ	0,20	0,30	0,50	0,65	0,80	0,90	0,90	0,85	0,75	0,60	0,50
MANI	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,60	0,65	0,65	0,60	0,45	0,30
PAPA	0,20	0,35	0,45	0,65	0,80	0,90	0,95	0,95	0,95	0,90	0,90
REMOLACHA AZUCARADA	0,25	0,45	0,60	0,70	0,80	0,85	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
SORGO	0,20	0,35	0,55	0,75	0,85	0,90	0,85	0,70	0,60	0,35	0,15
UVA	0,15	0,15	0,20	0,35	0,45	0,55	0,55	0,45	0,35	0,25	0,20
CITRICAS Y (c) AGUACATE	0,50	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,55	0,60	0,55	0,50
CAÑA DE (d) AZUCAR	0,55	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,00	0,90	0,80	0,70	0,55

a) LECHUGA, CEBOLLA, AJO, REPOLLO, COLIFLOR, APIO ESPAÑA, ESPINACA, RABANO, BROCOLI.

b) MELON, AUYAMA, BATATA, TOMATE, PATILLA, VAINITAS, REMOLACHA, ZANAHORIA, BERENJENA, PERINO, PIMENTON.

c) SE ADOPTO 0,50 PARA TODOS LOS MESES.

d) SE TOMO DE LOS APUNTES DE GRASSI.

COEFICIENTES DE CULTIVOS ESCOGIDOS

M E S	ROTACION		
	MAIZ - - CARAOTA	C A Ñ A	CITRICAS
A	0, 2 0	0, 8 3	0, 5 0
M	0, 3 7	0, 9 1	0, 5 0
J	0, 7 6	1, 0 0	0, 5 0
J	0, 8 8	1, 0 0	0, 5 0
A	0, 6 0	0, 9 4	0 5 0
S	0, 2 0	0, 8 5	0, 5 0
O	0, 2 0	0, 7 6	0 5 0
N	0, 4 0	0, 6 5	0, 5 0
D	0, 8 7	0, 6 0	0, 5 0
E	0, 5 2	0, 5 5	0, 5 0
F	0, 2 0	0, 6 5	0, 5 0
M	0, 3 0	0, 7 5	0, 5 0

CUADRO N° 7

CAPACIDAD PROVISIONAL DE ALMACENAJE DE AGUA EN DIFERENTES
COMBINACIONES DE SUELO Y VEGETACION
(SEGUN THORNTWHAITE-MATHER 1957)

TIPO SUELO	ZONA RADICULAR (m)	DISPONIBILIDAD DE AGUA (mm)
a) ESPINACAS, ARVEJAS, REMOLACHAS, ZANAHORIAS, ETC.		
A - ARENA FINA	0.50	50
B - FRANCO ARENOSO FINO	0.50	75
C - FRANCO LIMOSO	0.62	125
D - FRANCO ARCILLOSO	0.40	100
E - ARCILLOSO	0.25	75
b) MAIZ, ALGODON, TABACO, CEREALES, GRANOS.		
A - ARENA FINA	0.75	75
B - FRANCO ARENOSO FINO	1.00	150
C - FRANCO LIMOSO	1.00	200
D - FRANCO ARCILLOSO	0.80	200
E - ARCILLOSO	0.50	150
c) ALFALFA, PASTOS, ARBUSTOS		
A - ARENA FINA	1.00	100
B - FRANCO ARENOSO FINO	1.00	150
C - FRANCO LIMOSO	1.25	250
D - FRANCO ARCILLOSO	1.00	250
E - ARCILLOSO	0.67	200
d) MONTES FRUTALES		
A - ARENA FINA	1.50	150
B - FRANCO ARENOSO FINO	1.67	250
C - FRANCO LIMOSO	1.50	300
D - FRANCO ARCILLOSO	1.00	250
E - ARCILLOSO	0.67	200
e) BOSQUES DESARROLLADOS		
A - ARENA FINA	2.50	250
B - FRANCO ARENOSO FINO	2.00	300
C - FRANCO LIMOSO	2.00	400
D - FRANCO ARCILLOSO	1.60	400
E - ARCILLOSO	1.17	350

CUADRO N° 8
 CARACTERISTICAS DEL PERFIL TIPO
 SUPUESTO

PROF.	TEXTURA	mm. ALMA- CENADOS EN EL IN- TERVALO.	CAPACIDAD DE ALMACENAJE			ALMACEN UTIL(mm)
			ROTACION MAIZ CARAOTAS	CANA	CITRICAS	
0 - 20	F - FL	20				
20 - 50	AF	50				
50-90	FL	96	166			133
90-135	FL	108		274		219
135-150	FL	36			310	248

CUADRO N° 9
REQUERIMIENTOS DE RIEGO
(METODO DE THORNTHWAITE)

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TEMP. (°C)	I	E.T.P	CORREC	E.T.P AJUST.	LLUVIA	DIF. ALM. SUELO	ALMAC. LLUVIA	E.T. R	DEFICIT	
A	26,5	12,49	13,50	1,03	139	83	-56	0	83	56
M	26,0	12,13	12,48	1,08	135	85	-50	0	85	50
J	25,5	11,78	11,84	1,06	126	172	46	46	126	0
J	25,1	11,50	11,20	1,08	121	212	91	100	128	0
A	25,6	11,85	12,00	1,07	128	150	22	100	128	0
S	26,1	12,21	12,80	1,02	131	93	-38	62	131	0
O	26,2	12,28	13,04	1,02	133	126	-7	55	133	0
N	26,1	12,21	12,80	0,98	125	86	-39	16	125	0
D	25,3	11,64	11,36	0,99	113	44	-69	0	60	53
E	25,0	11,44	10,96	1,0	110	18	-92	0	18	92
F	25,3	11,64	11,36	0,91	103	5	-98	0	5	98
M	26,1	12,21	12,80	1,03	132	6	-126	0	6	126
TOTAL	25,7	143,38			1496	1080			1021	475

CUADRO N. 10

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap. Tina Tipo "A"	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM.	A	191	0,83		159	83	83	- 76	0	83	76	
	M	169	0,91		154	85	85	- 69	0	85	69	
	J	132	1,00		132	172	172	+ 40	40	132	0	
	J	135	1,00		135	212	212	+ 77	117	135	0	
	A	148	0,94		139	150	150	+ 11	128	139	0	
	S	161	0,85		137	93	93	- 44	84	137	0	
	O	157	0,76		119	126	126	+ 7	91	119	0	
	N	146	0,65		95	86	86	- 9	82	95	0	
	D	148	0,60		89	44	44	- 45	37	89	0	
	E	173	0,55		95	18	18	- 77	0	55	40	
	F	199	0,65		129	5	5	- 124	0	5	124	
	M	251	0,75		188	6	6	- 182	0	6	182	
Total					1571		1080			1080	491	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina Cultivo Caña
 Capac. almac. 274 Almac. útil 219 Lluv. efec. 100%
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededor Central Matilde

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	201	0,83		167	83	83	- 84	0	83	84	
	M	169	0,91		154	85	85	- 69	0	85	69	
	J	130	1,00		130	172	172	+ 42	42	130	0	
	J	137	1,00		137	212	212	+ 75	117	137	0	
	A	150	0,94		141	150	150	+ 9	126	141	0	
	S	165	0,85		140	93	93	- 47	79	140	0	
	O	165	0,76		125	126	126	+ 1	80	125	0	
	N	148	0,65		96	86	86	- 10	70	96	0	
	D	169	0,60		101	44	44	- 57	13	101	0	
	E	203	0,55		112	18	18	- 94	0	31	81	
	F	229	0,65		149	5	5	- 144	0	5	144	
	M	272	0,75		204	6	6	- 198	0	6	198	
Total					1656		1080			1080	576	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thornth Dist. Cultivo Caña
 Capac. almac. 274 Almac. útil 219 Lluv. efec. 100%
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededor Central Matilde.

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	199	0,83		165	83	83	- 82	0	83	82	
	M	193	0,91		176	85	85	- 91	0	85	91	
	J	180	1,00		180	172	172	- 8	0	172	8	
	J	173	1,00		173	212	212	+ 39	39	173	0	
	A	183	0,94		172	150	150	- 22	17	172	0	
	S	187	0,85		159	93	93	- 66	0	110	49	
	O	190	0,76		144	126	126	- 18	0	126	18	
	N	179	0,65		116	86	86	- 30	0	86	30	
	D	161	0,60		97	44	44	- 53	0	44	53	
	E	157	0,55		86	18	18	- 68	0	18	68	
	F	148	0,65		96	5	5	- 91	0	5	91	
	M	188	0,75		141	6	6	- 135	0	6	135	
Total					1705		1080			1080	625	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thornth sin dist. Cultivo Caña
 Capac. almac. 274 Almac. útil 219 Lluv. efec. 100%
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededor Central Matilde

CUADRO N. 13

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
	A	191	0,7		134		83	- 51	0	83	51	
	M	169	0,7		118		85	- 33	0	85	33	
	J	132	0,7		92		172	80	80	92	0	
	J	135	0,7		95		212	117	197	95	0	
	A	148	0,7		104		150	46	219	104	0	
	S	161	0,7		113		93	- 20	199	113	0	
	O	157	0,7		110		126	+ 16	215	110	0	
	N	146	0,7		102		86	- 16	199	102	0	
	D	148	0,7		104		44	- 60	139	104	0	
	E	173	0,7		121		18	- 103	36	121	0	
	F	199	0,7		139		5	- 134	0	41	98	
	M	251	0,7		176		6	- 170	0	6	170	
					1408		1080			1056	352	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina (C.M.) x 0,7 Cultivo Caña

Capac. almac. 274 Almac. útil 219 Lluv. efec. 100%

Ubicación de la zona estudiada: Alrededor Central Matilde

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap. Tina Tipo "A"	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	191	0,50		96	83	74	- 22	0	74	22	
	M	169	0,50		85	85	75	- 10	0	75	10	
	J	132	0,50		66	172	100	+ 34	34	66	0	
	J	135	0,50		68	212	100	+ 32	66	68	0	
	A	148	0,50		74	150	100	+ 26	92	74	0	
	S	161	0,50		81	93	80	- 1	91	81	0	
	O	157	0,50		79	126	96	+ 17	108	79	0	
	N	146	0,50		73	86	76	+ 3	111	73	0	
	D	148	0,50		74	44	42	- 32	79	74	0	
	E	173	0,50		87	18	17	- 70	9	87	0	
	F	199	0,50		100	5	1	- 99	0	10	90	
	M	251	0,50		126	6	3	- 123	0	3	123	
Total					1009		764			764	245	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina Cultivo Cítricas
 Capac. almac. 310 Almac. útil 248 Lluv. efec. Blaney-Criddle
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 15

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	201	0,50		101	83	74	- 27	0	74	27	
	M	169	0,50		85	85	75	- 10	0	75	10	
	J	130	0,50		65	172	100	+ 35	35	65	0	
	J	137	0,50		69	212	100	+ 31	66	69	0	
	A	150	0,50		75	150	100	+ 25	91	75	0	
	S	165	0,50		83	93	80	- 3	88	83	0	
	O	165	0,50		83	126	96	+ 13	101	83	0	
	N	148	0,50		74	86	76	+ 2	103	74	0	
	D	169	0,50		85	44	42	- 43	60	85	0	
	E	203	0,50		102	18	17	- 85	0	77	25	
	F	229	0,50		115	5	1	- 114	0	1	114	
	M	272	0,50		136	6	3	- 133	0	3	133	
Total					1073		764			764	309	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thornth. Dist. Cultivo Cítricas
 Capac. almac. 310 Almac. útil 248 Lluv. efec. Blaney-Criddle
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde.

CUADRO N. 16

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	199	0,50		100	83	74	- 26	0	74	26	
	M	193	0,50		97	85	75	- 22	0	75	22	
	J	180	0,50		90	172	100	+ 10	10	90	0	
	J	173	0,50		87	212	100	+ 13	23	87	0	
	A	183	0,50		92	150	100	+ 8	31	92	0	
	S	187	0,50		94	93	80	- 14	17	94	0	
	O	190	0,50		95	126	96	+ 1	18	95	0	
	N	179	0,50		90	86	76	- 14	4	90	0	
	D	161	0,50		81	44	42	- 39	0	46	35	
	E	157	0,50		79	18	17	- 62	0	17	62	
	F	148	0,50		74	5	1	- 73	0	1	73	
	M	188	0,50		94	6	33	- 91	0	3	91	
Total					1073		764			764	309	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thorntn sin dist. Cultivo Cítricas

Capac. almac. 310 Almac. útil 248 Lluv. efec. Blaney-Criddle

Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 17

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
	A	191	0,7		134	83	83	- 51	0	83	51	
	M	169	0,7		118	85	85	- 33	0	85	33	
	J	132	0,7		92	172	172	80	80	92	0	
	J	135	0,7		95	212	212	117	197	95	0	
	A	148	0,7		104	150	150	46	243	104	0	
	S	161	0,7		113	93	93	- 20	223	113	0	
	O	157	0,7		110	126	126	16	239	110	0	
	N	146	0,7		102	86	86	- 16	223	102	0	
	D	148	0,7		104	44	44	- 60	163	104	0	
	E	173	0,7		121	18	18	- 103	60	121	0	
	F	199	0,7		139	5	5	- 134	0	65	74	
	M	251	0,7		176	6	6	- 170	0	6	170	
					1408		1080			1080	328	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina x 0,7 Cultivo Cítricas
 Capac. almac. 310 Almac. útil 248 Lluv. efec. 100%
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 18

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap. Tina Tipo "A"	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	191	0.20		38	83	74	+ 36	36	38	0	
	M	169	0.37		63	85	75	+ 12	48	63	0	
	J	132	0.76		100	172	100	0	48	100	0	
	J	135	0.88		119	212	100	- 19	29	119	0	
	A	148	0.60		89	150	100	+ 11	40	89	0	
	S	161	0.20		32	93	80	+ 48	88	32	0	
	O	157	0.20		31	126	96	+ 65	133	31	0	
	N	146	0.40		58	86	76	+ 18	133	58	0	
	D	148	0.87		129	44	42	- 87	46	129	0	
	E	173	0.52		90	18	17	- 73	0	63	27	
	F	199	0.20		40	5	1	- 39	0	1	39	
	M	251	0.30		75	6	3	- 72	0	3	72	
Total					864		764			726	138	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina Cultivo Maíz-carota
 Capac. almac. 166 Almac. útil 133 Lluv. efec. Blaney-Cridde
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 19

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	201	0,20		40	83	74	+ 34	34	40	0	
	M	169	0,37		63	85	75	+ 12	46	63	0	
	J	130	0,76		99	172	100	+ 1	47	99	0	
	J	137	0,88		121	212	100	- 21	26	121	0	
	A	150	0,60		90	150	100	+ 10	36	90	0	
	S	165	0,20		33	93	80	+ 47	83	33	0	
	O	165	0,20		33	126	96	+ 63	133	33	0	
	N	148	0,40		59	86	76	+ 17	133	59	0	
	D	169	0,87		147	44	42	- 105	28	147	0	
	E	203	0,52		106	18	17	- 89	0	45	61	
	F	229	0,20		46	5	1	- 45	0	1	45	
	M	272	0,30		82	6	3	- 79	0	3	79	
Total					919		764			734	185	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thornth Dist. Cultivo Maíz-caraota
 Capac. almac. 166 Almac. útil 133 Lluv. efec. Blaney-Criddle
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 20

REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo 0	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
PROM	A	199	0,20		40	83	74	+ 34	34	40	0	
	M	193	0,37		71	85	75	+ 4	38	71	0	
	J	180	0,76		137	172	100	- 37	1	137	0	
	J	173	0,88		152	212	100	- 52	0	101	51	
	A	183	0,60		110	150	100	- 10	0	100	10	
	S	187	0,20		37	93	80	+ 43	43	37	0	
	O	190	0,20		38	126	96	+ 58	101	38	0	
	N	179	0,40		72	86	76	+ 4	105	72	0	
	D	161	0,87		140	44	42	- 98	7	140	0	
	E	157	0,52		82	18	17	- 65	0	24	58	
	F	148	0,20		30	5	1	- 29	0	1	29	
	M	188	0,30		56	6	3	- 53	0	3	53	
Total					965		764			764	201	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Thorntn sin dist. Cultivo Maíz-caraota
 Capac. almac. 166 Almac. útil 133 Lluv. efec. Blaney-Criddle
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

CUADRO N. 21
REQUERIMIENTOS DE RIEGO

AÑO	M E S	Evap.	Coef. Cult.	Factor Estac.	E.T.P.	Lluv.	Lluvia Efect.	Dif. Almac. Suelo	Almac. Suelo	E.T.R.	Déficit (L.Neta)	Lámina Bruta
	A	191	0,7		134	83	83	- 51	0	83	51	
	M	169	0,7		118	85	85	- 33	0	85	33	
	J	132	0,7		92	172	172	+ 80	80	92	0	
	J	135	0,7		95	212	212	+ 117	133	95	0	
	A	148	0,7		104	150	150	+ 46	133	104	0	
	S	161	0,7		113	93	93	- 20	113	113	0	
	O	157	0,7		110	126	126	+ 16	127	110	0	
	N	146	0,7		102	86	86	- 16	113	102	0	
	D	148	0,7		104	44	44	- 60	53	104	0	
	E	173	0,7		121	18	18	- 103	0	71	50	
	F	199	0,7		139	5	5	- 134	0	5	134	
	M	251	0,7		176	6	6	- 170	0	6	170	
					1408	1080				970	438	
	A											
	M											
	J											
	J											
	A											
	S											
	O											
	N											
	D											
	E											
	F											
	M											

Precipitación: Central Matilde Evaporación Tina x 0,7 Cultivo Maíz-caracota
 Capac. almac. 166 Almac. útil 133 Lluv. efec. 100%
 Ubicación de la zona estudiada: Alrededores Central Matilde

GRAFICO N° 1

EVAPORACION EN TINA (AÑO 1970)

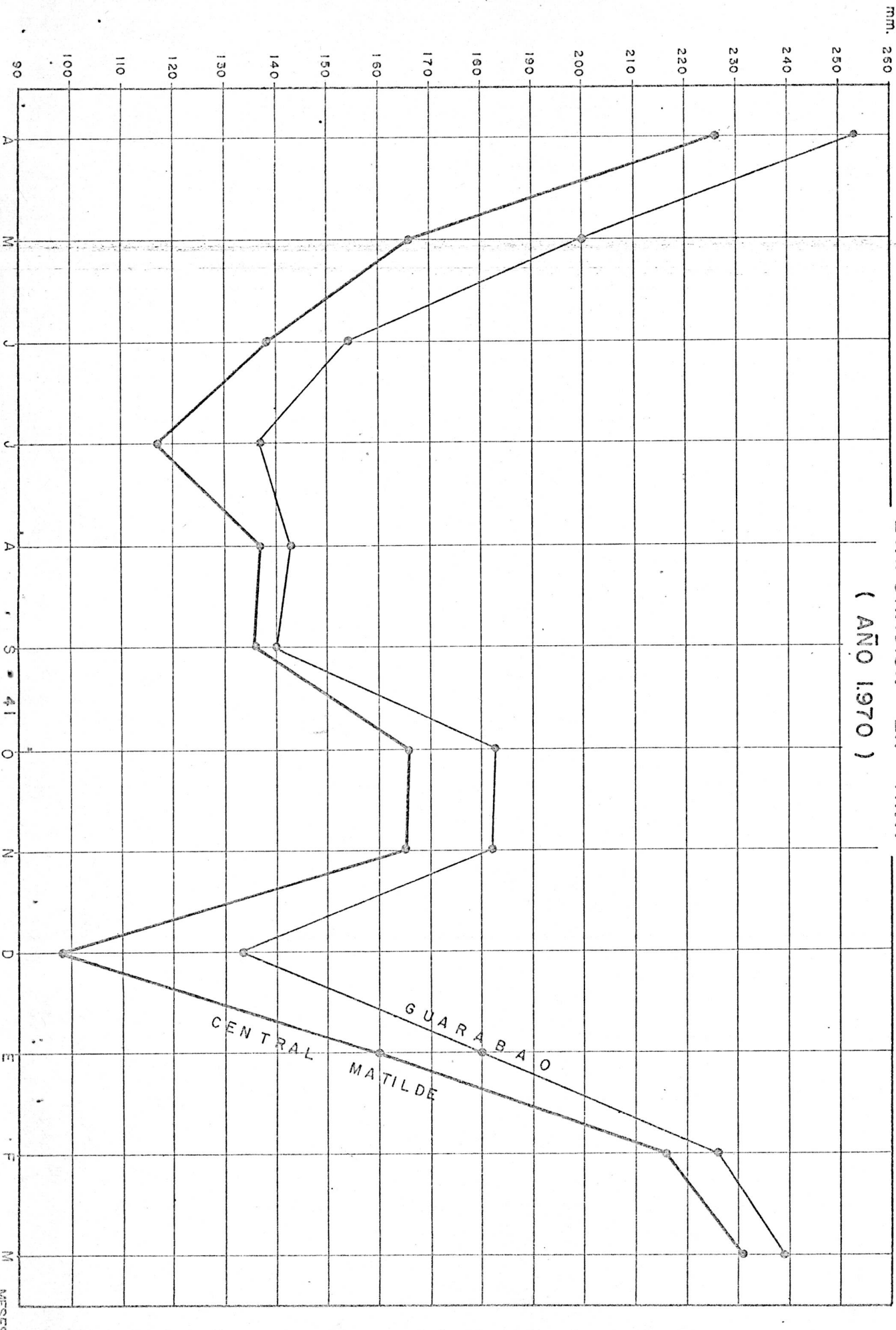


GRAFICO N° 2
 COMPARACION DE LOS DATOS DE EVAPORACION
 EN TINA OBTENIDAS POR DIFERENTES METODOS

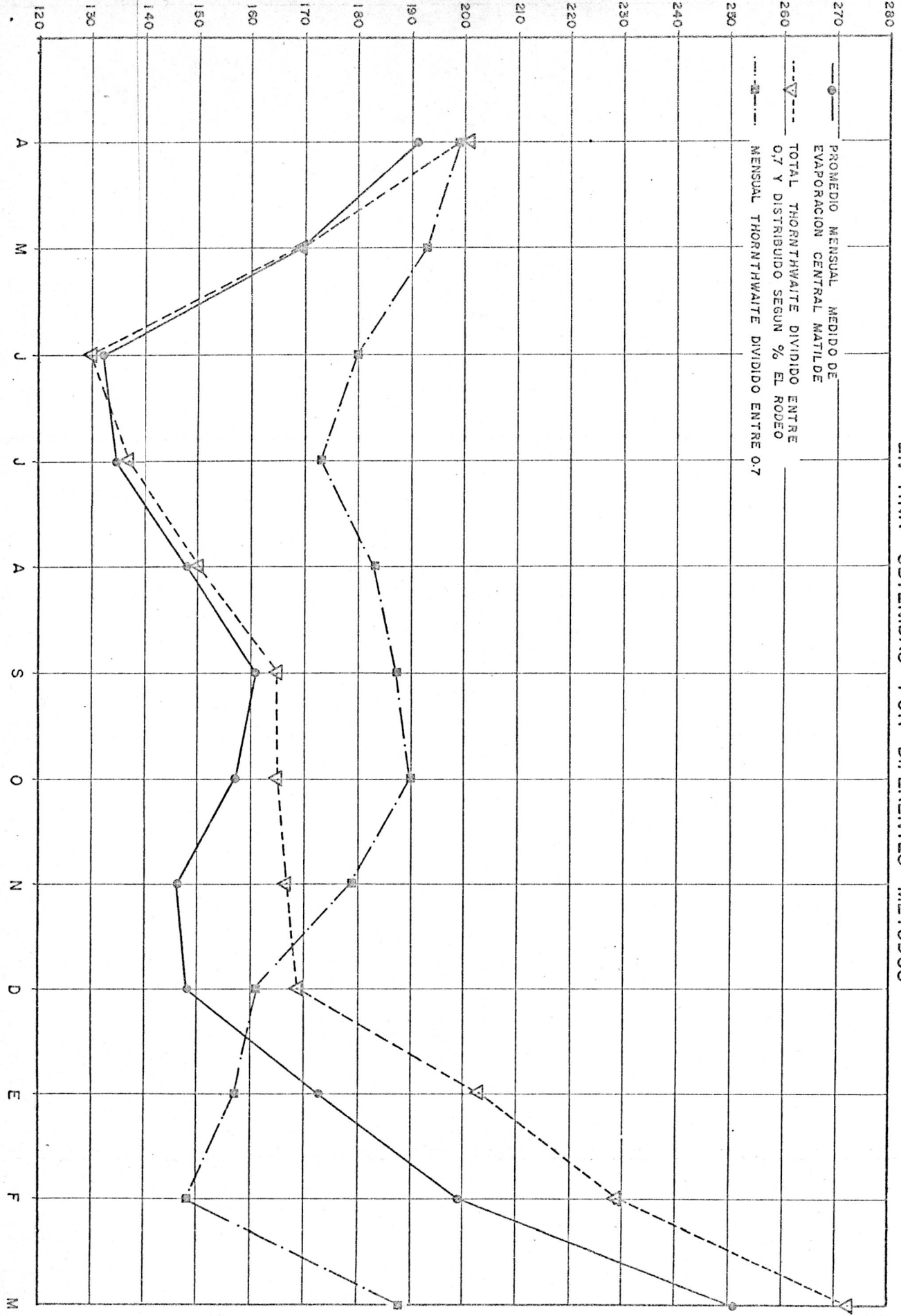


GRAFICO N° 3
PORCENTAJE DE CRECIMIENTO VS. COEFICIENTE DE CULTIVO

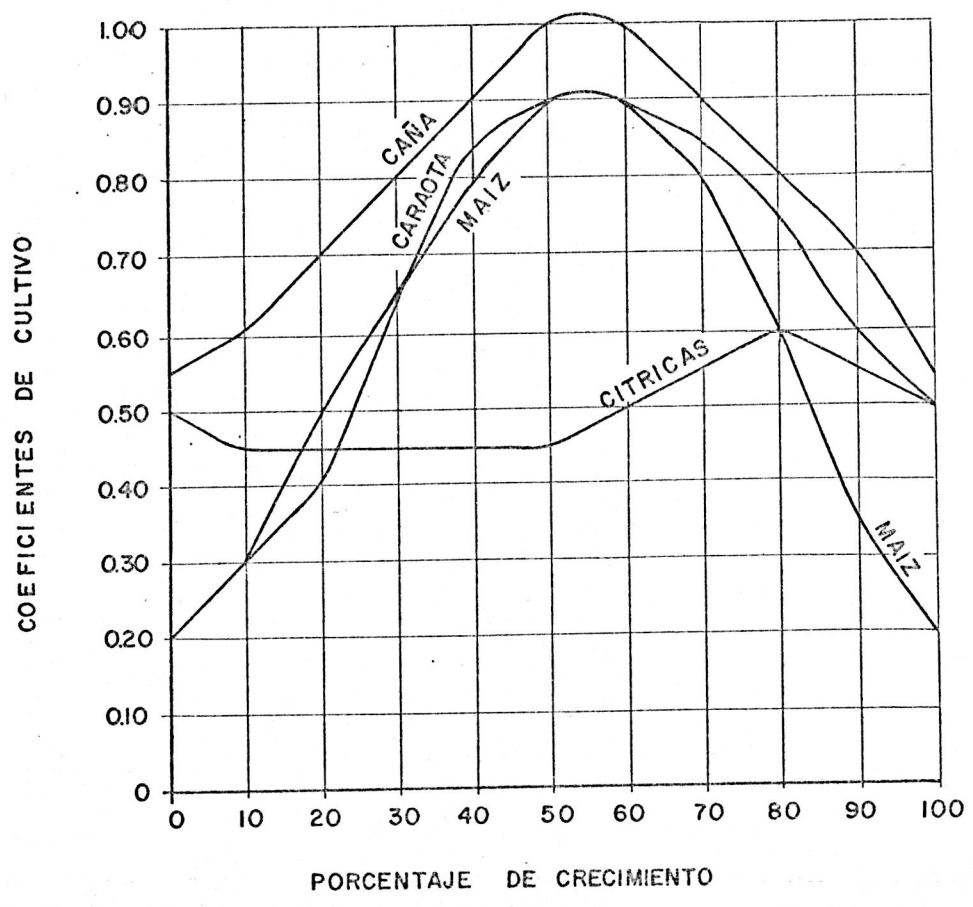


GRAFICO Nº 4
PRECIPITACION EFECTIVA SEGUN Blaney y Criddle (1962)

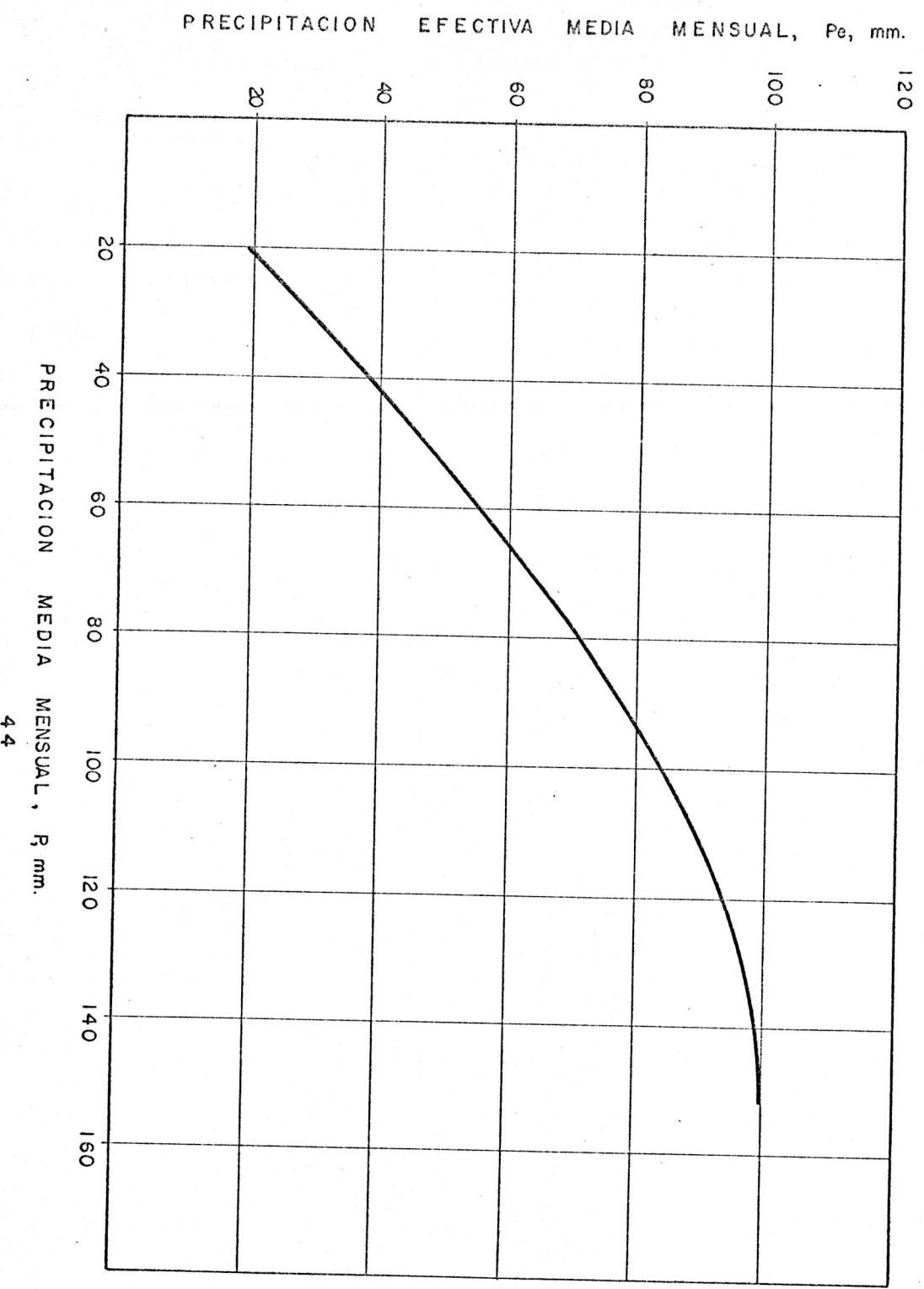


GRAFICO N° 5
 COMPARACION ENTRE LOS VALORES DE ETP OBTENIDOS
 PARA CAÑA

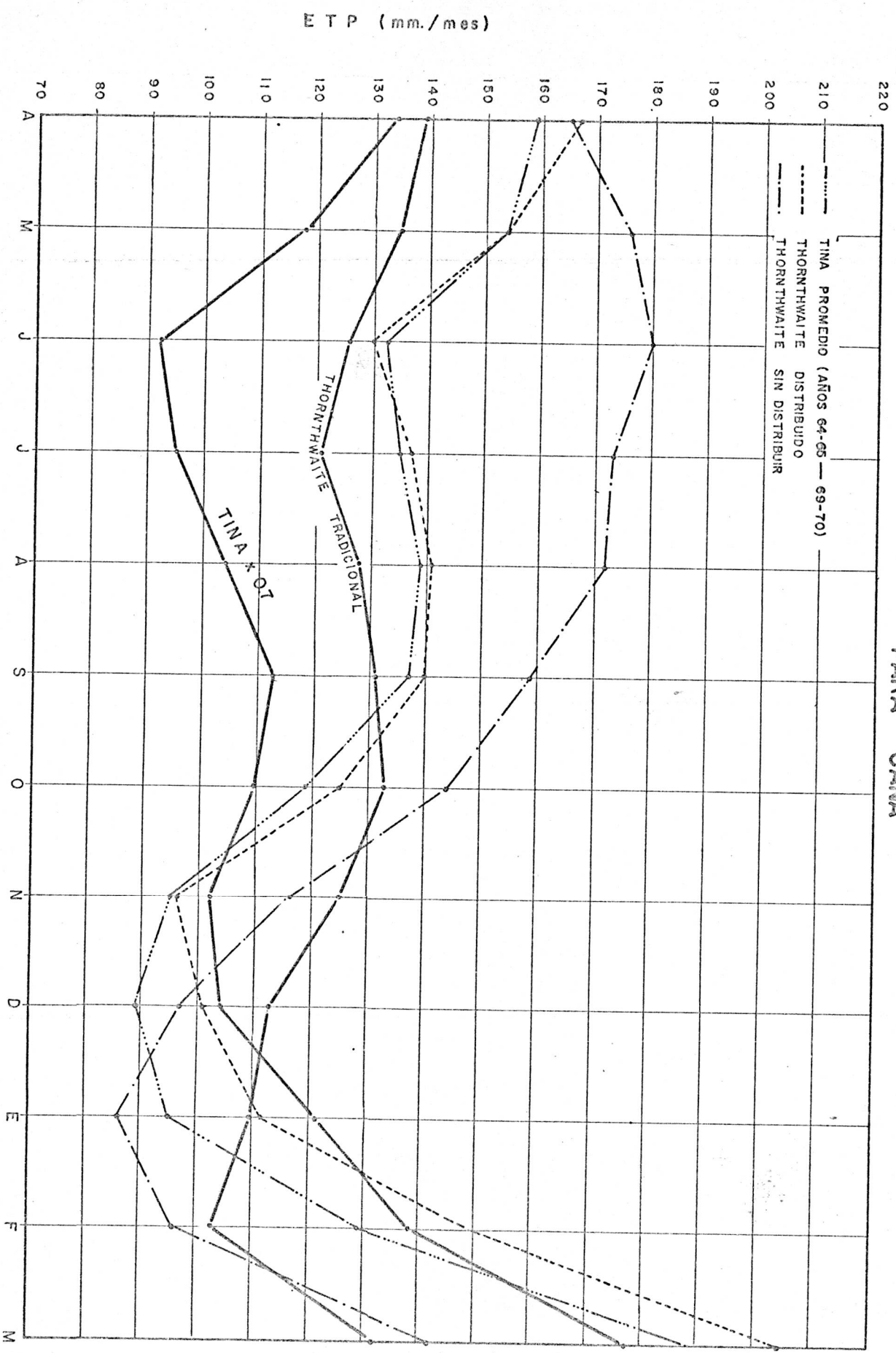


GRAFICO Nº 6
 COMPARACION ENTRE LOS VALORES DE ETP OBTENIDOS
 PARA CITRICAS

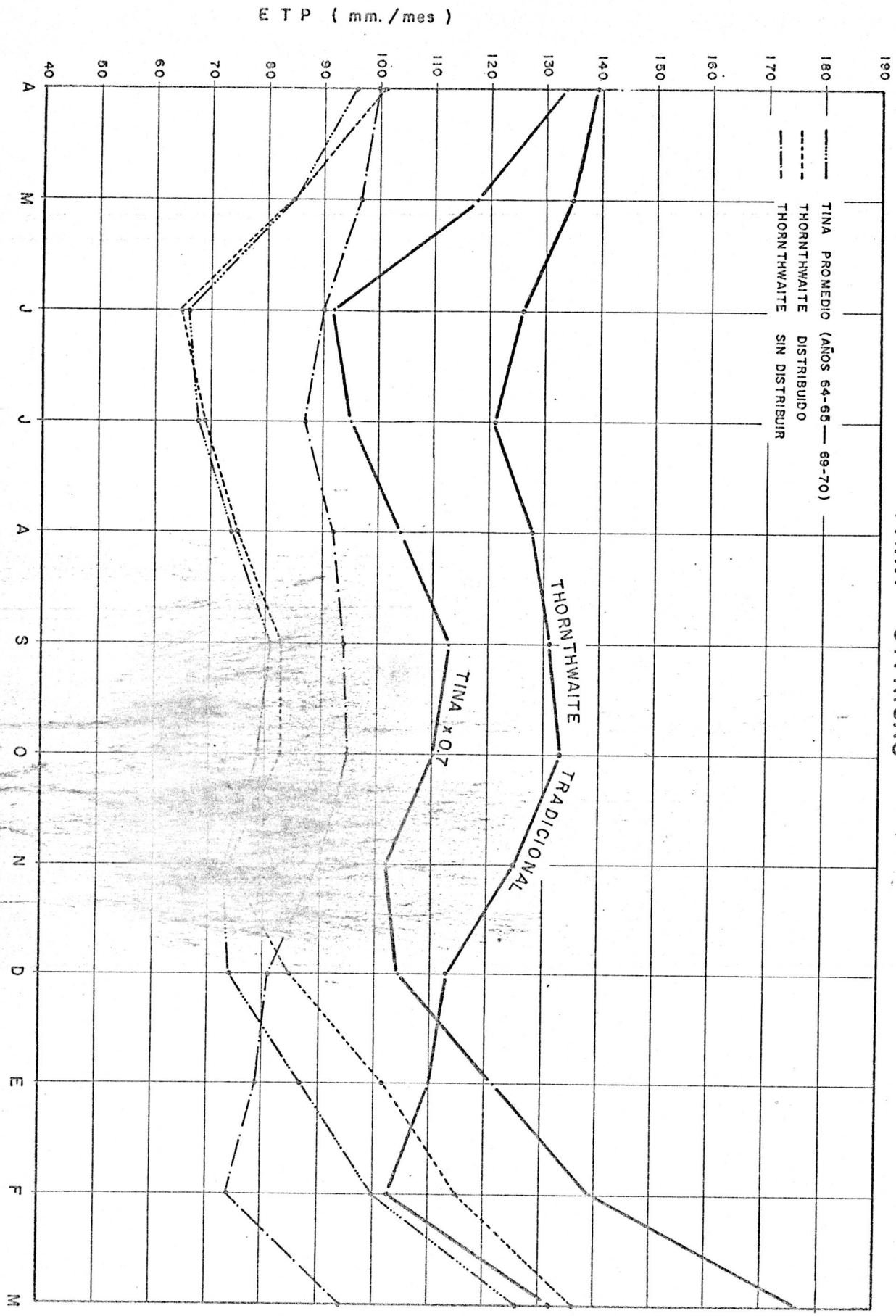


GRAFICO N° 7
 COMPARACION ENTRE LOS VALORES DE ETP OBTENIDOS
 PARA MAIZ — CARAOTAS

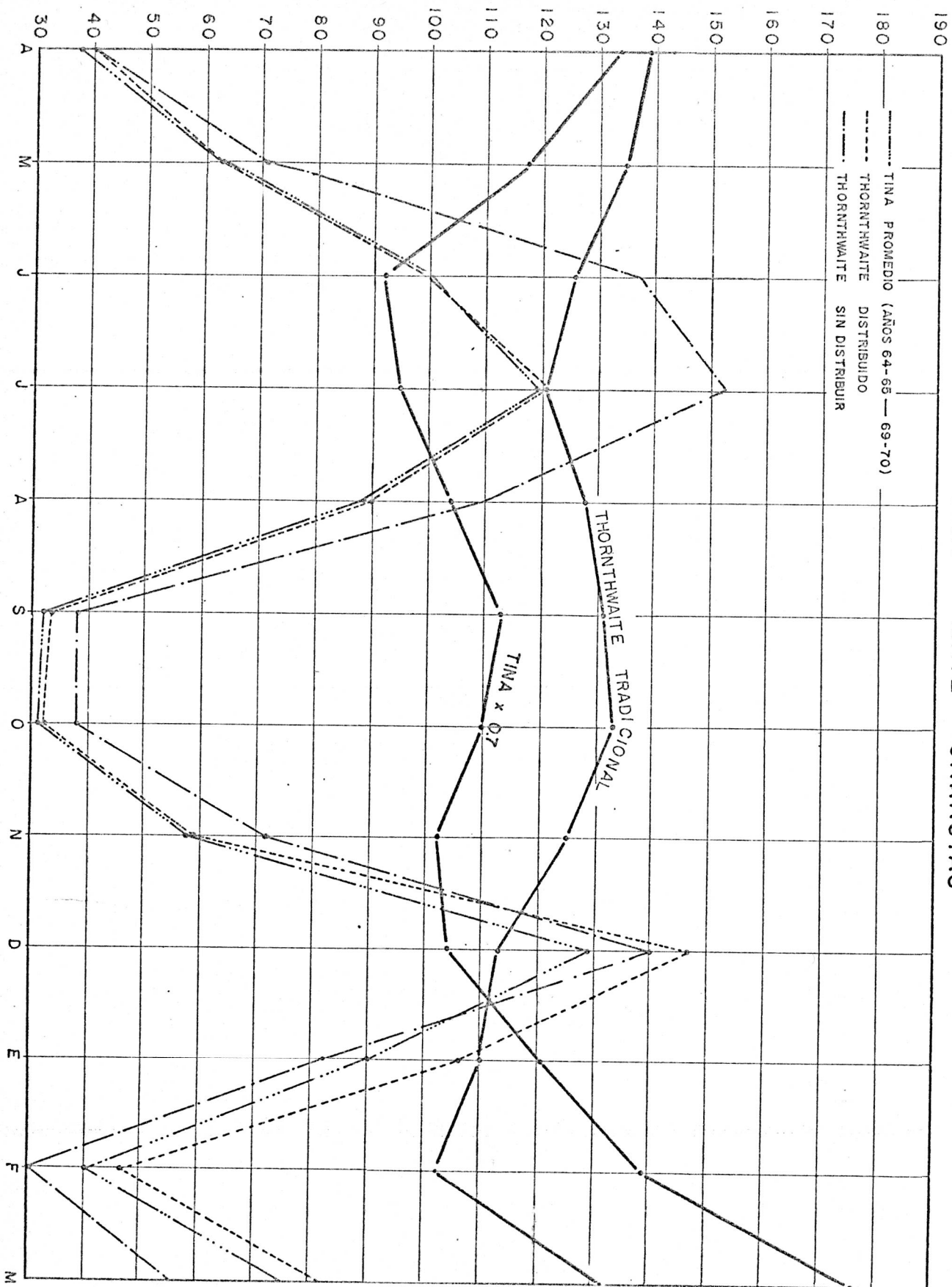


GRAFICO Nº 8

COMPARACION ENTRE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO OBTENIDOS PARA CAÑA

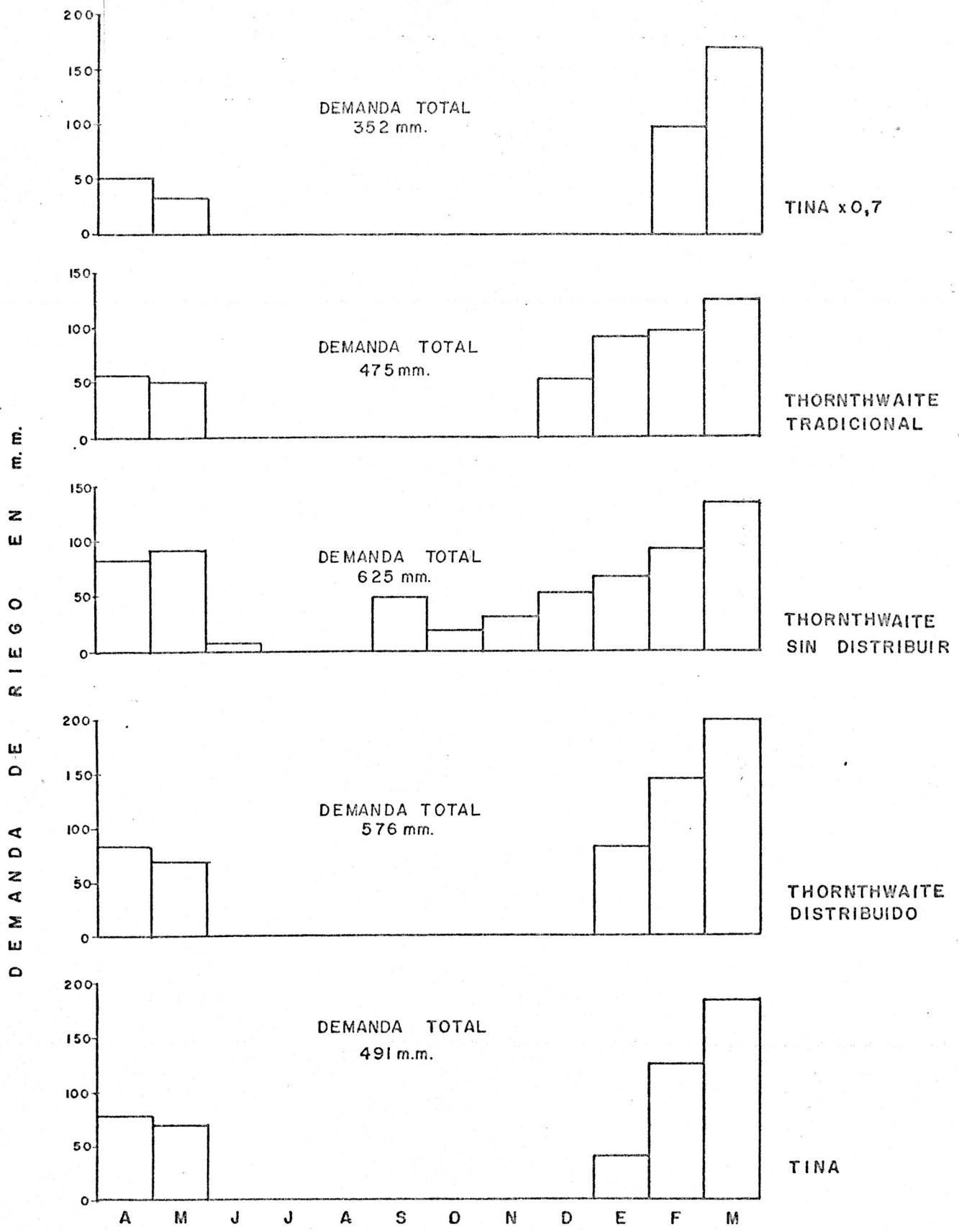


GRAFICO Nº 9

COMPARACION ENTRE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO OBTENIDOS PARA CITRICAS

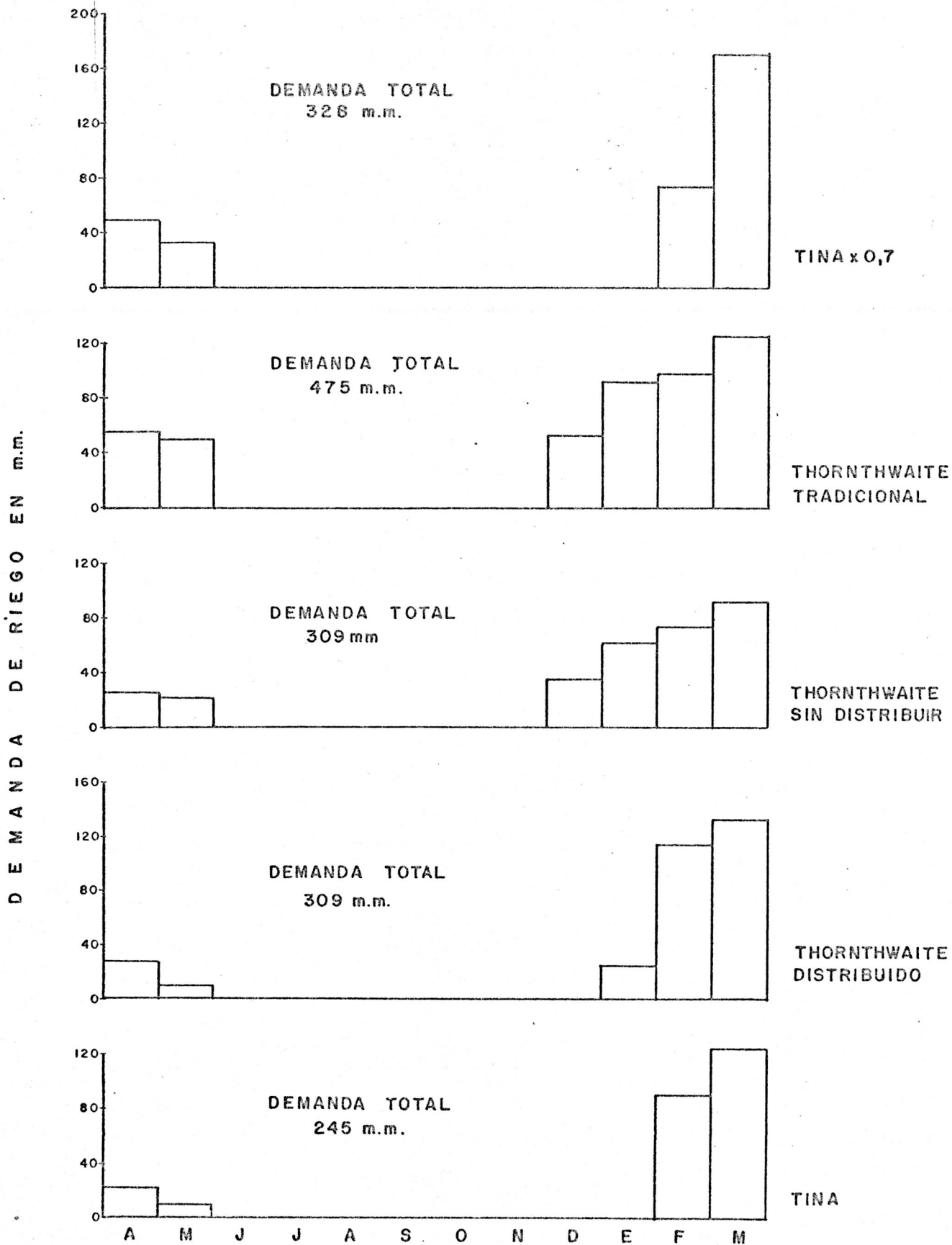


GRAFICO Nº 10

COMPARACION ENTRE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO OBTENIDOS PARA LA ROTACION MAIZ - CARAOTA

