

APLICACION DE DATOS HIDROMETEOROLOGICOS  
EN LA PRODUCCION DE MATERIA SECA EN EL PASTO  
"DIGITARIA DECUMBENS STENT"  
PANGOLA



TUTOR: PROF ABRAHAM SALCEDO C.

PRESENTADO ANTE LA  
ILUSTRE UNIVERSIDAD  
CENTRAL DE VENEZUELA  
POR LOS BACHILLERES  
ESPERANZA COLON C.  
CARMELO A. GIL S.  
PARA OPTAR AL TITULO  
DE INGENIERO  
"HIDROMETEOROLOGISTA"

CARACAS, JUNIO DE 1987

A C T A

El día \_\_\_\_\_ se reunió el Jurado  
formado por los Profesores

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al  
título de: \_\_\_\_\_

Una vez oída la defensa oral que el (los) Bachilleres hicieron de su  
Trabajo Especial, este Jurado decidió las siguientes calificaciones:

N O M B R E	C A L I F I C A C I O N	
	Número	Letras

RECOMENDACIONES (Si las hubiera): \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

FIRMAS DEL JURADO

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Caracas, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19

# DEDICATORIA



DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS AMIGOS

A MIS FAMILIARES

A LA MEMORIA DE MIS ABUELOS

ESPERANZA.

DEDICATORIA

A MIS TRES GRANDES MUJERES:

MI ABUELA

MI MADRE

MI HERMANA

Y A MIS MEJORES AMIGOS

CARMELO

**AGRADECIMIENTO**

## AGRADECIMIENTO

Deseamos dejar constancia de nuestro más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que en todo momento facilitaron su ayuda, apoyo y colaboración para la culminación de este trabajo.

1.- Al Prof. Abraham Salcedo.

Quien más que un tutor, fue el pilar fundamental para el desarrollo de todas nuestras actividades estudiantiles, y por ser el labrador de nuestros pasos en la búsqueda de grandes metas.

2.- Al Prof. Luis G. Novoa.

Por su desinteresada colaboración al facilitar la información disponible, sin la cual hubiese sido imposible la realización de este trabajo.

3.- Al Ing. Emilio Abreu.

Por brindar su experiencia en el desarrollo de modelos.

4.- Al Prof. Mauricio Ramia.

Por su sabios consejos.

5.- A los Profesores Antonio Attias y Valdemar Andrade.

Por su orientación en el aspecto estadístico.

6.- A los Profesores del Dpto. de Meteorología e  
Hidrología.

Por facilitar su colaboración en todo momento

7.- Al personal de la Cátedra de Forrajes.

Por su ayuda desinteresada.

8.- A Leonardo Martín.

Por su valiosa contribución e indiscutible  
colaboración en la elaboración de este trabajo.

9.- A Carmen Arellano.

Por su valiosa y desinteresada ayuda brindada en  
la transcripción y reproducción de gráficos.

10.- A Ramón Colón y Carlos Valero

Por su colaboración en la reproducción de gráficos.

11.- A nuestros Amigos

Por ayudarnos con su comprensión.

A TODOS

MUCHAS GRACIAS

## INDICE GENERAL

	PAG
INTRODUCCION-----	1
DESARROLLO DEL TEMA	
I.-ANALISIS DE SISTEMAS-----	5
I.1.-RELACIONES SUELO AGUA PLANTA-----	5
I.1.1.-NECESIDADES DE AGUA DE LOS CULTIVOS-----	10
I.1.2.-LA VEGETACION COMO FACTOR DE DEMANDA EFECTIVA DE AGUA-----	11
I.2 -ANALISIS-----	13
I.3.-MODELOS MATEMATICOS DE PRODUCCION DE CULTIVOS-----	20
II.-FACTORES ECOLOGICOS EN LA PRODUCCION DE FORRAJES-----	25
III.-CARACTERISTICAS DE HUMEDAD DEL SUELO-----	31
IV.-LAS GRAMINEAS-----	32
DISTRIBUCION DE LAS SABANAS-----	34
V.-PANGOLA (CARACTERISTICAS)-----	35
VI.-ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS-----	39
VII.-EXPERIMENTO-----	44
VIII.-LISIMETRO-----	52
IX.-METODOLOGIA-----	55
XI.-ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES-----	121
XII.-RECOMENDACIONES-----	131
XII.-GLOSARIO-----	133
XIV.-BIBLIOGRAFIA-----	141
XV.-ANEXOS-----	

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No	TITULO	PAG
1	DIAGRAMA DE COMPONENTES Y TRANSFERENCIAS EN RELACION AL CICLO DE NUTRIENTES Y CRECIMIENTO DE PLANTA-----	8
2	COMPLEJO FITOMETEOROLOGICO-----	9
3	ESQUEMA DEL AMBIENTE FISICO DE LAS PLANTAS CULTIVADAS -----	12
4	DISTRIBUCION DE LAS SABANAS EN VENEZUELA-----	34
5	PANGOLA CARACTERISTICAS-----	36
6	PARCELA COMO SISTEMA-----	41
7	SISTEMA DE PRODUCCION AGRICOLA-----	42
8	SISTEMA AGRICOLA-----	43
9	METODO DE RIEGO POR POCETAS Y CANTEROS-----	50
10	DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS EN EL ENSAYO-----	51
11	VARIACION ESTACIONAL DEL COEFICIENTE DE CULTIVO--	119
12	PLANTA DE DESARROLLO DE CICLO LARGO -----	122
13	PLANTA DE DESARROLLO DE CICLO CORTO -----	122

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO No	TITULO	PAG
1	LISIMETRO No 1 PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES-----	65
2	LISIMETRO No 3 PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES-----	69
3	LISIMETRO No 4 PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES-----	73
4	GRAFICO PROMEDIO DE LOS LISIMETRO No 1-3-4-----	77
5	PROMEDIO DE LOS LISIMETROS No 1-3-4-----	78
6	AJUSTE A LA CURVA, METODO DOBLE INTEGRACION-----	79
7	AJUSTE A LA CURVA, METODO ARCO DE PARABOLA-----	81
8	AJUSTE DEL ARCO DE PARABOLA-----	82
9	DISPERSION ETP1 Vs PRODUCCION-----	89
10	DISPERSION ETP2 Vs PRODUCCION-----	91
11	DISPERSION E1/EM Vs Y/YM-----	94
12	DISPERSION E1/EM Vs Y/YM-----	95
13	DISPERSION (E1/EM) <sup>3.5</sup> Vs (Y/YM)-----	99
14	DISPERSION (E2/EM) <sup>1.5</sup> Vs (Y/YM)-----	100
15	PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO-----	108
16	COEFICIENTES DE CULTIVO LISIMETRO 1-----	109
17	COEFICIENTES DE CULTIVO PROMEDIOS-----	113
18	PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO-----	117
19	AJUSTE TEORICO DE LOS COEF. DE CULTIVO-----	118
20	AJUSTE TEORICO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO-----	119
22	VARIACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION-----	126
23	VARIACION DE LA EVT. 1:00pm, 6:30 pm-----	127
24	VARIACION DE LA EVT. 6:00 am, 6:30 pm-----	128
25	TODOS LOS CORTE LISMETRO $\epsilon$ 4-----	129
26	DISTRIBUCION DE LA EVAPOTRANSPIRACION DIARIA-----	130

## INDICE DE TABLAS

TABLA No	TITULO	PAG
1	EDADES DE CORTE-----	49
2	PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 1-----	62
3	PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 3-----	66
4	PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 4-----	70
5	EVAPOTRANSPIRACION (mm)-----	74
6	EVAPOTRANSPIRACION AJUSTE SEGUN ARCO DE PARABOLA-----	80
7	PROMEDIO DE LOS LISIMETROS No 1,3 Y 4-----	84
8	LISIMETRO No 1-----	85
9	LISIMETRO No 3-----	86
10	LISIMETRO No 4-----	87
11	REGRESION LINEAL SIMPLE ETP1 Vs PRODUCCION-----	88
12	REGRESION LINEAL SIMPLE ETP2 Vs PRODUCCION-----	90
13	REGRESION LINEAL MULTIPLE ETP1,ETP2 Vs PRODUCCION-----	92
14	PROMEDIO DE LOS LISIMETRO-----	93
15	PROMEDIO DE LOS LISIMETROS-----	96
16	REGRESION MULTIPLE DE LOS PROMEDIOS ETP1, ETP2-----	97
17	REGRESION LINEAL MULTIPLE ETP1,ETP2 Y ETP3-----	101
18	PRUEBA DE FISHER-----	102
19	COEFICIENTE DE CULTIVO-----	105
20	COEFICIENTE DE CULTIVO PROMEDIO-----	110

## "RESUMEN"

El objetivo central del presente trabajo fué la determinación de la relación existente, entre el Uso Consuntivo y la producción de materia seca del Pasto Pangola, adaptado a las condiciones locales (Maracay Estado Aragua); así como la obtención de la distribución de los coeficientes de cultivo durante el corte. Considerándose que el cultivo se encontraba en condiciones óptimas, no existiendo escasez de nutrientes y un buen balance de agua.

De acuerdo a la distribución de la Evapotranspiración versus días se verificó que en cada corte el comportamiento del pasto se ajusta al desarrollo de una planta de ciclo corto, con lo cual fué posible la realización de un análisis de regresión multivariado, la cual dió como resultado la siguiente ecuación:

$$Y/Y_m = (ET_1/ETM)^{3.5} + (ET_2/ETM)^{1.5} + C$$

Donde Y: Producción

Y<sub>M</sub>: Producción Máxima

ET<sub>1</sub>: Evapotranspiración Potencial en la  
fase 1

EM: Evapotranspiración Potencial Máxima

ET<sub>2</sub>: Evapotranspiración Potencial en la  
fase 2

C: Constante

Del Test de hipótesis se pudo verificar que ET<sub>2</sub>/EM no tenía influencia en la producción final, quedando la ecuación de la siguiente forma

$$Y/Y_M = (ET_1/EM)^{3.5} + C$$

INTRODUCCION

En los últimos 30 años los países desarrollados han logrado un sorprendente progreso en cuanto a un mayor rendimiento en la producción agrícola, sin tener que aumentar las superficies cultivadas. Por otro lado en los países en desarrollo el aumento de la producción ha sido más lenta.

El aumento de los rendimientos agrícolas está basado fundamentalmente en el conocimiento de 3 factores agroecológicos (suelo,planta,clima) los cuales presentan relaciones complejas, ya que están involucrados muchos procesos biológicos, fisiológicos, físicos y químicos que determinan una mayor producción.

Las técnicas utilizadas de simulación permiten predecir la cantidad y calidad de las cosechas, así como la detección con suficiente antelación de la amenaza de situaciones peligrosas que podían conducir a crisis alimentarias lo cual permitirá adoptar medidas adecuadas. El uso de suelos aptos, fertilizantes adecuados y especies genéticamente resistentes permite controlar el suelo y la planta, constituyendo el clima, el factor cuya variabilidad afectará los rendimientos, haciendo la producción económicamente rentable o no.

Motivado a que la evapotranspiración es el resultado de la combinación de cuatro factores climatológicos (radiación, viento, humedad y temperatura), numerosos autores han destacado la dependencia de los rendimientos de los cultivos con la evapotranspiración.

En muchos países se han desarrollado diversos modelos de producción de cultivos. Sin embargo en Venezuela pocos investigadores se han dedicado a trabajar en esta área de agroclimatología, principalmente por la falta de mediciones de producción que permitan calibrar los modelos realizados.

En Maracay de 1973 a 1975 se desarrolló en la Facultad de Agronomía Cátedra de Forrajes un experimento denominado "SEIS (6) PASTOS + DOS (2) METODOS DE RIEGO, Y USO CONSUNTIVO DEL PASTO PANGOLA" del cual fue posible obtener entre otras cosas valiosa información sobre la producción del pasto Pangola (*Digitaria Decumbens* Stent), así como mediciones efectuadas de algunos elementos climáticos. Dada la información disponible y conociendo que las gramíneas constituyen uno de los mayores recursos alimenticios para la supervivencia de la humanidad, por ser la fuente más económica de nutrientes para el ganado, se planteó como principal objetivo de la presente investigación el desarrollo de un modelo de producción del tipo CULTIVO-AMBIENTE el cual permitiera

predecir la producción de materia seca del pasto en base a mediciones hidrometeorológicas.

Las bases del estudio se plantearon en tratar de obtener una ecuación de regresión del tipo multiplicativo, lo cual permitiera la predicción de la producción en función de la evapotranspiración potencial. Sin embargo los modelos existentes utilizan la evapotranspiración real, es por ello que de acuerdo a los resultados obtenidos (Coeficiente de correlación = 0.9214) facilita predecir con mayor rapidez, ya que no es necesario realizar el balance hídrico, a pesar de que se considera aconsejable en un estudio posterior comparar los resultados y estimar los posibles errores.

Los resultados obtenidos son muy interesantes, entre los cuales se pueden resaltar, que en la segunda fase de crecimiento del pasto la evapotranspiración no es determinante en el rendimiento así como la ecuación que ajusta el modelo seleccionado.

Todos los resultados encontrados en este trabajo se dirigen hacia posibles conclusiones, sin embargo es importante resaltar que no es posible dar una aseveración definitiva, ya que el número de años de medición sólo permitía realizar un máximo de doce (12) cortes.

Es por ello que resulta indispensable que en el País se disponga de investigaciones o ensayos futuros los cuales permitan la realización de nuevas técnicas y métodos apropiados para el manejo y desarrollo de la Agricultura Nacional.

# ANALISIS DE SISTEMAS

## I ANALISIS DE SISTEMAS Y MODELOS

### MATEMATICOS DE PRODUCCION DE CULTIVOS

#### I.1 RELACIONES SUELO - AGUA - PLANTA

El suelo almacena el agua, la vegetación la consume, y la atmósfera la extrae. Las plantas aún las llamadas terrestres, son organismos fisiológicamente acuáticos; su máximo rendimiento biológico lo mantienen por una permanente hidratación. La transpiración impulsada por el poder desecante de la atmósfera, hace fluir agua del suelo a las raíces y crea así internamente en la planta el ambiente acuático necesario a su fisiología. Además, por transpiración se desprende una parte considerable de la exagerada carga energética que la vegetación recibe del sol y del calor del aire. Estas pérdidas de agua por las hojas causan un descenso en el potencial del agua en las estructuras vegetales. Por eso la transpiración es una evaporación productiva. En cambio la evaporación de agua directamente del suelo es improductiva. Usar eficientemente el agua y la tierra en agricultura es, en este caso, hacer que el tránsito del agua del suelo, a través de la planta, hacia la atmósfera sea lo más productivo posible.

En condiciones naturales, aún bajo sistemas muy perfeccionados de riego o circunstancias atmosféricas muy favorables las reservas de humedad del suelo no son siempre suficientes o no se extraen con la rapidez requerida para mantener la intensidad potencial de transpiración los

tejidos vegetales experimentan normalmente un ciclo de deshidratación cuyo grado varía principalmente

- a) con las condiciones meteorológicas
- b) las características físicas del suelo
- c) las etapas de crecimiento vegetal.

El agua del suelo se moviliza hacia la planta como consecuencia de diferencia de potencial hídricos, lo cual indica que la aprovechabilidad del agua no puede ser definida en términos de valores límites fijos de contenidos. Si las tasas de transportación son bajas y por ello los potenciales del agua en la planta no requiere ser muy diferentes a los del agua en el suelo, aún cuando la resistencia al flujo de agua en el suelo sea alta. Por otra parte, si la tasa de transpiración es alta, el potencial de agua en la planta tiene que ser mucho más bajo que el potencial del agua en el suelo, aún cuando la resistencia al flujo del agua en el suelo sea mas baja.

Al ocurrir la absorción de agua en la zona circundante a las raíces, ocurre un movimiento de ella a través del suelo hacia las raíces en respuesta a la diferencia de potenciales. El desarrollo radicular hacia otra zona del suelo ayuda a mantener una tasa satisfactoria de toma de agua por las plantas.

La deshidratación de los tejidos trae consigo una reducción de la presión hidrostática en las células vegetales. Esta reducción repercute sensiblemente en las células estomáticas que entonces comienzan a ejercer control en el flujo de vapor de agua; pero, al reducirse la apertura de los estomas se restringe también el acceso del gas carbónico esencial para la fotosíntesis.

De aquí la estrecha asociación entre cantidad de agua en el suelo, transpiración y fotosíntesis, esta última a su vez directamente relacionada con el crecimiento. No obstante la estrecha vinculación de estos fenómenos su interrelación es complicada ya que depende de factores climáticos, edáficos y vegetales animados de un dinamismo, y que afectan en distinta medida al flujo de vapor (transpiración) de anhídrido carbónico (fotosíntesis).

Ha quedado demostrado que el suelo, la planta y la atmósfera forma un sistema inseparable y continuo para el transporte del agua en el ambiente natural, y que la transpiración depende de las interacciones que se establecen entre estos tres componentes del Ecosistema. De aquí que para estimar las necesidades de agua de un cultivo y para tomar decisiones prácticas más eficaces respecto al riego, es conveniente comprender y evaluar cuantitativamente las interacciones entre esos tres tipos de factores agrofísicos. (ver fig. No 2).

La deshidratación de los tejidos trae consigo una reducción de la presión hidrostática en las células vegetales. Esta reducción repercute sensiblemente en las células estomáticas que entonces comienzan a ejercer control en el flujo de vapor de agua; pero, al reducirse la apertura de los estomas se restringe también el acceso del gas carbónico esencial para la fotosíntesis.

De aquí la estrecha asociación entre cantidad de agua en el suelo, transpiración y fotosíntesis, esta última a su vez directamente relacionada con el crecimiento. No obstante la estrecha vinculación de estos fenómenos su interrelación es complicada ya que depende de factores climáticos, edáficos y vegetales animados de un dinamismo, y que afectan en distinta medida al flujo de vapor (transpiración) de anhídrido carbónico (fotosíntesis).

Ha quedado demostrado que el suelo, la planta y la atmósfera forma un sistema inseparable y continuo para el transporte del agua en el ambiente natural, y que la transpiración depende de las interacciones que se establecen entre estos tres componentes del Ecosistema. De aquí que para estimar las necesidades de agua de un cultivo y para tomar decisiones prácticas más eficaces respecto al riego, es conveniente comprender y evaluar cuantitativamente las interacciones entre esos tres tipos de factores agrofísicos. (Ver fig. No 2).

DIAGRAMA DE COMPONENTES Y TRANSFERENCIA EN RELACION  
AL CICLO DE LOS NUTRIENTES Y CRECIMIENTO DE LA  
PLANTA PROPUESTO POR P. MILLER.

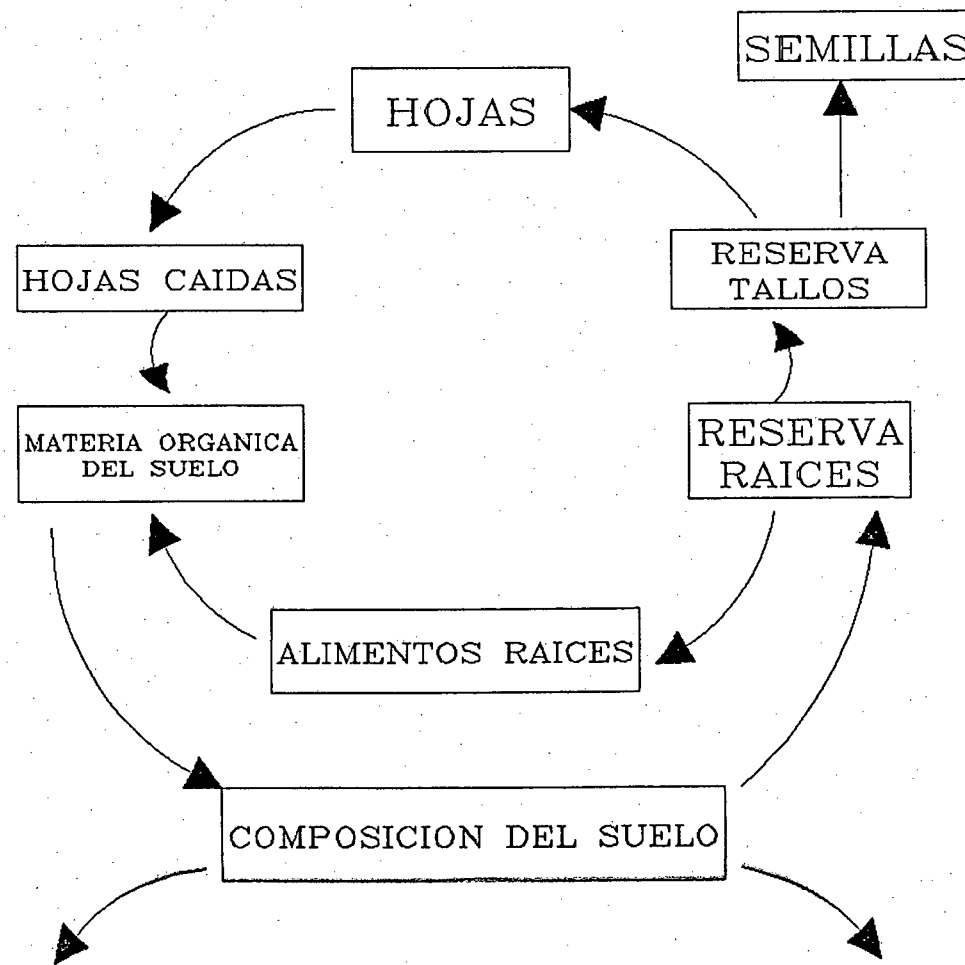
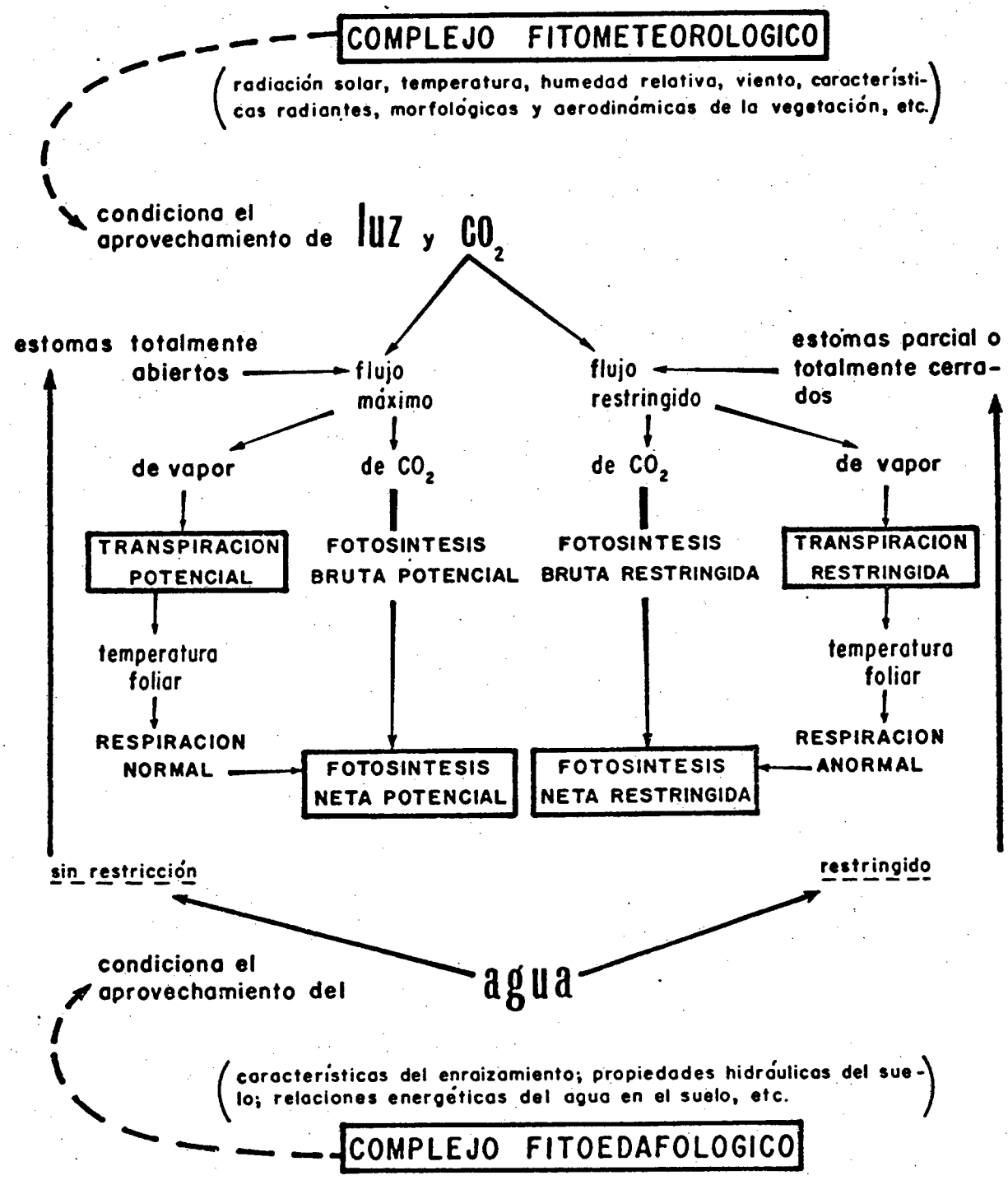


FIG 1

FIG 2



Esquema agroecológico de la conexión entre la humedad del suelo, transpiración, respiración y fotosíntesis neta de los cultivos.

### I.1.1 NECESIDADES DE AGUA POR LOS CULTIVOS

El agua es fundamental para la producción de cultivos debiendo hacerse el mejor uso del agua disponible para lograr una producción eficiente y unos altos rendimientos. Esto exige un conocimiento adecuado del efecto de agua sobre el crecimiento del cultivo y su rendimiento en distintas condiciones de desarrollo.

El límite superior de producción de un cultivo viene determinado por las condiciones climáticas y por el potencial genético del mismo. Hasta que punto puede alcanzarse, depende siempre de la precisión con que los aspectos técnicos del suministro de agua están en consonancia con las necesidades biológicas de agua en la producción del cultivo. Por ello la utilización eficiente del agua en la producción de un cultivo sólo puede lograrse cuando la planificación, el proyecto y la operación de suministro del agua y del sistema distribución estén orientados a atender, en cantidad y tiempo, incluyendo los períodos de escasez de agua, las necesidades de agua del cultivo, necesaria para un crecimiento óptimo y unos altos rendimientos.

### I.1.2 LA VEGETACION COMO FACTOR DE DEMANDA EFECTIVA DE AGUA

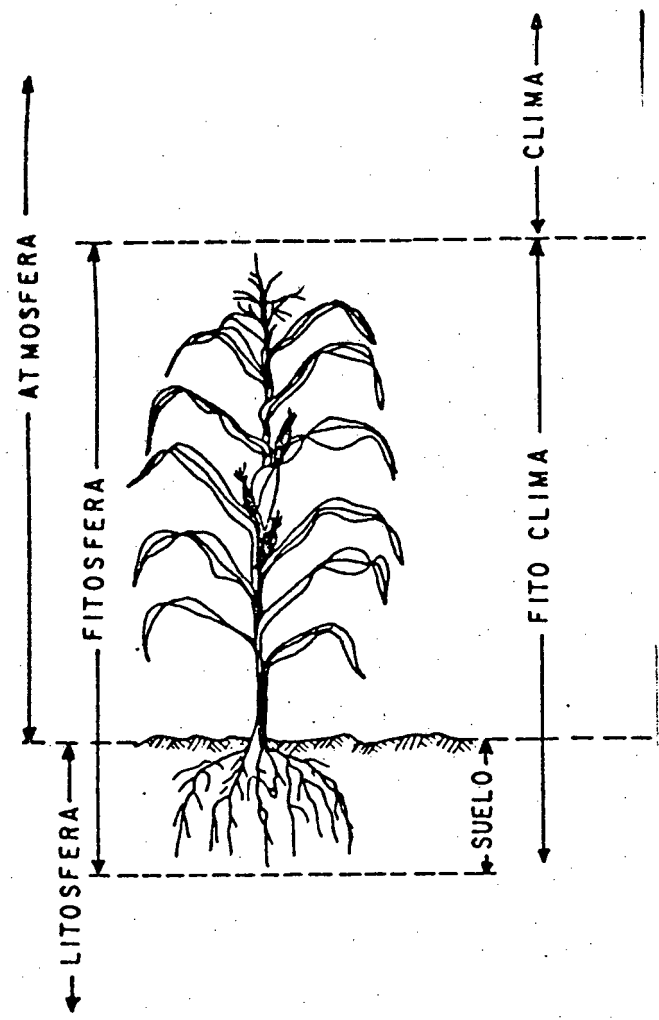
En iguales circunstancias climáticas, diferentes tipos de evaporímetros pierden agua a diferente intensidad. Lo mismo ocurre con diferentes tipos de vegetación, puesto que las plantas se comportan físicamente como un complejo sistema de superficies evaporantes. La morfología de la vegetación altera las características de la atmósfera superficial y establece un microclima especial o fitoclima.

Las características ecofisiológicas que determinan el fitoclima son aquellas relacionadas con la absorción, reflexión y transmisión de energía radiante, y las que afectan la turbulencia o velocidad del aire entre las hojas.

Entre las principales características vegetales cabe mencionar el albedo o coeficiente de reflexión, la inclinación tamaño forma y densidad del follaje, la altura y flexibilidad de las plantas y si se trata de cultivos en líneas distanciadas la orientación de la siembra.

El fitoclima se manifiesta por la distribución vertical de los parámetros meteorológicos que afectan la evaporación. La transpiración en un estrato foliar dado depende del balance de energía y las condiciones de

FIG 3



Esquema del ambiente físico de las plantas cultivadas.

ámbitos ecológicos principales

transferencia de vapor y de calor entre las hojas de ese estrato y el aire circundante.

(ver fig. No 3)

## I.2 ANALISIS DE SISTEMAS

El crecimiento y producción de un cultivo cualquiera según William y Joseph depende de las interacciones que suceden en un SISTEMA BIOLÓGICO, que es la planta ó población de plantas con el medio físico en el cual éstas crecen.

Nonero (31)

Sostiene que el crecimiento y producción de un cultivo involucra un gran número de procesos individuales que no deben ser interpretados en forma aislada e inconexa, puesto que es ampliamente reconocido que las plantas en comunidad reaccionan en forma diferente ante estímulos ambientales que las plantas aisladas. Por otra parte la respuesta de las plantas obedece a la influencia simultánea de varios factores, es decir a un complejo de factores ambientales más que a causa de uno de ellos exclusivamente. Cuando se trabaja en condiciones experimentalmente controladas, es a menudo conveniente mantener muchos factores constantes mientras se modifican uno poco a poco.

La integración es entonces una de las características principales de este enfoque y se refiere tanto al hecho de considerar al conjunto de plantas (el

cultivo) como la unidad biológica de estudio y al complejo de condiciones ambientales como la causa influyente del comportamiento vegetal.

Grassi (21)

El desarrollo agrícola basado en la explotación del recurso tierra depende básicamente del aprovechamiento de las condiciones climáticas y de los recursos hídricos existentes en una determinada zona. Radiación, agua y tierra representan los tres factores naturales que interrelacionados, hacen posible la actividad vegetativa y como consecuencia la producción de los cultivos.

Estos tres factores que se presentan en cada zona con características propias e intensidades distintas, marcan las diferencias entre áreas de una región y entre regiones. Los cultivos así mismo tienen exigencias óptimas y límites que definen el rango de utilización combinada de estos recursos.

FAO (18)

El límite superior de producción de un cultivo viene determinada por las condiciones climáticas y por el potencial genético del mismo. Hasta que punto puede alcanzarse la máxima producción, depende siempre de la precisión con que los aspectos técnicos del suministro del agua estén en consonancia con las necesidades biológicas de agua en la producción de cultivo. Por ello la utilización eficiente de agua de un cultivo sólo puede

lograrse cuando la planificación, el proyecto y la operación de suministro del agua y del sistema de distribución estén orientados a atender en cantidades y tiempo (incluyendo los períodos de escasez de agua) las necesidades de agua del cultivo, necesarios para un crecimiento óptimo y un alto rendimiento.

La respuesta en producción al agua suministrada por riego o precipitación, ha sido estudiada desde hace mucho tiempo su modelación matemática busca una formulación funcional que permita evaluar las necesidades hídricas de los cultivos, de modo de optimizar el uso del agua para una maximización en la producción.

De los estudios de la producción en función de las relaciones hídricas en el sistema suelo-planta-atmosfera, una de las más importantes conclusiones ha sido que el rendimiento de un cultivo dado básicamente depende de la distribución temporal del agua durante el ciclo de desarrollo, así como las cantidades suministradas.

Stewart y Hagan(1974)

Destacan la importancia de la distribución del suministro del agua durante el desarrollo vegetal, lo cual se evidencia por el hecho que muchos cultivos exhiben una etapa crítica del crecimiento, durante el cual las demandas hídricas son mayores y los déficit de humedad afectan más adversamente la producción final.

James, Hanks y Jurunak (1982)

Reportan resultados experimentales, en donde se relacionan las cantidades de agua suministradas con rendimientos de algunos cultivos, para distintas localidades y épocas. Los resultados indican que el incremento de la producción no es constante según la localidad y que varía de año a año. Esto demuestra que el fenómeno es algo más complejo, lo que sugiere la búsqueda de otros factores responsables de la producción en el sistema suelo-agua-planta.

Cordova y Bras(1980)

En una extensa revisión de los modelos matemáticos de producción y sus relaciones hídricas, destacan numerosos resultados que demuestran experimentalmente, la dependencia de los rendimientos de los cultivos con la evapotranspiración. Esta experiencia pone de manifiesto que las plantas crecen a su tasa máxima, siempre que la evapotranspiración actual sea igual a la tasa de evapotranspiración potencial.

Hank y Hill(1980)

En una recopilación de los modelos de respuesta de los cultivos del riego, destaca que la relación de los rendimientos con el agua suministrada a las plantas carece de funcionalidad, puesto que los resultados se ven afectados por el escurrimiento, la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y el drenaje interno por

lo que insiste en relacionar la producción con el agua evapotranspirada.

Las evidencias son numerosas para apoyar los modelos de producción de cultivos, en el proceso de transpiración, que además presenta la ventaja de facilidad en el diseño, ya que se puede desviar del análisis de regresiones sobre la base de experiencias de campo.

En Venezuela por su parte, las investigaciones de la producción vegetal y sus respuestas a las condiciones hídricas se han dirigido hacia la determinación de épocas y frecuencias de riego, así como cantidades de agua a aplicar para mejorar las cosechas, ejemplo de ellos son los trabajos de Campero et al (1974) y Wolf y Monais (1976).

La mayoría de los modelos que se han propuesto hasta el presente, se basa en la subrogación de la producción a los déficit de humedad expresado como relación de evapotranspiración actual y potencial.

Las formas matemáticas en la que estos déficit estacionales de evapotranspiración, adversan a la producción del cultivo, varía entre los distintos modelos que se reportan en la literatura Cordova y Bras (1980), los clasifican en modelos de tipos aditivos y multiplicativo según se considera los efectos de evapotranspiración en la producción final del cultivo.

### I.3 MODELOS MATEMATICOS DE PRODUCCION DE CULTIVOS

Es la descripción del sistema, simulando la respuesta dada por el cultivo en unidades producidas con una combinación determinada de factores productores.

Baier(1979) clasifica los tipos básicos de modelos cultivos-tiempo de la siguiente manera:

- 1.\_ Modelos de simulación del crecimiento de los cultivos.
- 2.\_ Modelos de análisis cultivo-ambiente.

#### I.3.1 MODELOS DE SIMULACION DEL CRECIMIENTO DE LOS CULTIVOS

Se puede definir un modelo de simulación del crecimiento de los cultivos como una representación simplificada de los mecanismo físicos, químico y fisiológicos implícito en el proceso de crecimiento de las plantas. (19)

La simulación permite penetrar al interno de las relaciones cultivo-tiempo, explica por que algunos factores son más importantes que otros a los fines del rendimiento, sugiere factores que probablemente tengan relevancia estadística y provee la base para nuevos experimentos sobre procesos que parecen ser importantes pero que aún no han sido suficientemente comprendidos. Por ello, el enfoque

mediante simulación no reemplaza el enfoque estadístico sino que lo complementa.

En la actualidad los programas de simulación deben ser vistos más como una guía para estudiar el comportamiento biológico que como una solución final.

Wareing y Cooper(1971) editaron el "POTENTIAL CROP PRODUCTION"

Smiht(1975) creó "PROGRESS IN BIOMETEOROLOGY. Division C, PROGRESS IN PLANT BIOMETEOROLOGY"

Stone(1974) editó "PLANT MODIFICATION FOR MORE EFFICIENT WATER USE"

Van Kenlen y de Vries(1982), presentó un modelo desarrollado de la experiencia acumulada en modelación dinámica del crecimiento y producción de cultivos, denominado "SUCRO" (A SIMPLE AND UNIVERSAL CROP GROWTH SIMULATOR)

### 1.3.2 MODELO DE ANALISIS

#### CULTIVO-AMBIENTE

Los modelos de análisis cultivo ambiente se definen como el producto de dos ó más factores, cada uno de los cuales representa la relación funcional (simplificada) entre una respuesta particular de la planta (rendimiento) y las fluctuaciones de determinadas variables en diferentes fases de desarrollo de las plantas.(19)

Estos modelos no requieren la formulación de una hipótesis sobre el proceso básico de la planta y del medio ambiente, de este modo los requisitos respecto a los datos de entrada son menos estrictas pero la información de salida depende en mayor medida de ello, y es menos detallado que en el caso de los modelos de simulación.

Uno de los primeros supuestos en la modelación son los realizados por Moore (1961), quien considera que el máximo potencial ocurre cuando la humedad edáfica alcanza la capacidad de campo, lo cual supone independencia de evapotranspiración por la humedad del suelo. Por otra parte los efectos de los déficits hídricos afectan por igual a la producción independientes de la etapa de desarrollo del cultivo en el cual ocurre déficit.(1)

Finn y Musgrave (1967) desarrollaron un modelo que considera las variaciones de evapotranspiración con el contenido de humedad edáfico. Suponen que el crecimiento decrece cuando la tasa de evapotranspiración actual es menor que la potencial.

Hall y Butcher (1968) formulan una relación multiplicativa para el crecimiento en diferente período y definen una función, que representa el efecto del contenido de humedad, durante el período de desarrollo K, sobre el total de la producción.

Jensen (1968) sugiere un modelo multiplicativo que relaciona la razón de producción máxima, con la razón de evapotranspiración para cada etapa de crecimiento. El modelo es :

$$Y/Y_m = (E_t/ETP)^{1k}$$

Y..... Producción Real

Y<sub>m</sub>.... Producción Máxima potencial

K..... Etapa

N..... Total de etapas

ET y ETP, evapotranspiración actual y evapotranspiración potencial respectivamente.

1k.... Factor de sensibilidad del cultivo de déficit hídrico.

Hiller y Clark (1971), proponen un modelo aditivo que relaciona la producción relativa con la evapotranspiración relativa y lo expresa como:

$$Y/Y_m = \sum (S_{dk} + S_{sk})$$

donde:

$$S_{dk} = 1 - (e_t/e_{tp})^k$$

S<sub>sk</sub>..... factor de sensibilidad del cultivo a los déficit de humedad del período k

Minhas, Panihhm (1974), describe otro modelo del tipo multiplicativo cuya formulación es:

$$Y/YM = \prod_{k=1}^n (1 - (1 - (ET/ETP)^2)^{b_k})$$

Donde  $b_k$  es un factor de sensibilidad del cultivo ó déficit de humedad.

Blank (1975) de datos experimentales de maíz, usa el modelo propuesto por Jensen un modelo aditivo de la forma

$$Y/YM = \sum_{k=1}^n A_k (ET_a/ETP)^k$$

Donde  $A_k$  es un parámetro de sensibilidad del cultivo. Por regresión, obtuvo los coeficientes de los modelos multiplicativos y aditivos.

## II FACTORES ECOLOGICOS EN LA PRODUCCION DE FORRAJES

Los factores del ambiente que tienen mayor influencia sobre la producción de forrajes son:

### II.1 TEMPERATURA

Las reacciones bioquímicas que ocurren en la planta, y de las cuales depende la producción de materia seca están afectados como cualquier otra reacción química, por la temperatura ambiental.

La temperatura afecta los procesos de fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, actividad de las enzimas, coagulación de las proteínas, crecimiento y metabolismo de las plantas.

#### II.2.1 EFECTO DE LAS TEMPERATURAS

##### ALTAS

Bajo condiciones de alta temperatura se registra un descenso en el contenido de fructosanas, una disminución en el contenido de sucrosa y un aumento en los porcentajes de celulosa, lignina y pentosanas.

Las raíces son más afectadas que la parte aérea con las altas temperaturas. La muerte de las raíces es el resultado de un agotamiento de los carbohidratos y un aumento en las sales de amonio ó compuestos nitrogenados similares.

### II.3 EFECTO DE LAS BAJAS

#### TEMPERATURAS

No se conoce muy bien el modo como las bajas temperaturas matan las células, pero está relacionado con la formación de cristales de hielo dentro de los tejidos. Las células casi siempre mueren cuando se forman cristales de hielo dentro del citoplasma. La formación de hielo ocurre en los espacios intercelulares. Los cristales aumentan en número y tamaño a medida que el agua va saliendo de las células. Mientras más baja sea la temperatura, mayor es la cantidad de agua que sale de la células y que se cristaliza en los espacios intercelulares.

La baja productividad estacional del pasto P3 (Pangola) en los periodos de baja temperatura ha sido reportado con frecuencia. Este fenómeno ha sido objeto de varios reportes científicos, principalmente en Australia, Florida y Hawai (una temperatura nocturna de 14.5 °C).

### II.4 LUZ

La respuesta de las plantas a la acción de la luz no es lineal; la cantidad de luz interceptada por la superficie floral incide significativamente en la eficiencia de la utilización de la luz.

Los factores de la luz que influyen el crecimiento de las plantas se pueden separar entre 3 factores intensidad, calidad, duración.

## INTENSIDAD

Las plantas responden de diferentes manera a los aumentos de la intensidad de la luz, mientras algunas especies aumentan la rata de fotosíntesis al aumentar la intensidad de la luz, otras muestran una rápida saturación y como consecuencia una ausencia de respuestas de dichos aumentos .

Los Pastos Tropicales tienen un mecanismo diferente para incorporar CO<sub>2</sub> en el proceso de la fotosíntesis . Parece que el primer producto de la fotosíntesis es un compuesto de 4 carbonos por lo cual estas plantas se denominan como plantas con mecanismos C<sub>4</sub>, en contraste con los pastos de la zona templada que pertenecen al grupo de plantas con mecanismo C<sub>3</sub>. En las plantas C<sub>3</sub> el primer producto de la fotosíntesis es ácido fosfoglicérido, mientras que en las C<sub>4</sub> es un ácido de 4 carbonos como el ácido málico

## CALIDAD

La calidad de la luz se refiere a la longitud de onda de los rayos luminosos. Las plantas crecen mejor cuando la luz incidente es la totalidad del espectro solar que cuando es solamente una porción de él.

## DURACION

En el trópico donde la duración del día es más o menos uniforme y los días y las noches tienen aproximadamente la misma duración la mayoría de las especies que producen semilla son plantas neutrales que no responden al fotoperíodo ó plantas de día corto.

## II.5. PRECIPITACION

El agua es uno de los factores ecológicos de mayor importancia. La cantidad y distribución de la precipitación determina en gran parte la adaptación de una especie forrajera particular a un medio dado.

## II.6 EVAPORACION Y TRANSPIRACION

La Evaporación: es el proceso físico por el cual el agua de un cuerpo terrestre experimenta un cambio de fase de líquido a gas y es transferido a la atmósfera circundante. (30).

La Transpiración: es la evaporación de agua en los organismo vivos, incluyendo las plantas. (30)

La Evapotranspiración: es la evaporación simultánea desde el suelo cubierto de vegetación y desde los tejidos de las plantas, principalmente las hojas.

Ocurre evaporación cuando existe:

- a) Energía para cambiar la fase líquida a gaseosa.
- b) Capacidad en la atmósfera para albergar el vapor desprendido de la superficie.
- c) Remoción del vapor acumulado sobre la superficie.

Los factores climáticos que causan la evapotranspiración son:

- a) La radiación (solar y terrestre)
- b) La temperatura del aire
- c) La humedad relativa
- d) El viento

La evaporación es potencialmente elevada en días largos, de intensa radiación, escasa nubosidad, alta temperatura, secos y ventosos.

Por el contrario la evaporación es reducida en días cortos, nublados, fríos, húmedos y calma.

En el primer caso, la evaporación medida en evaporímetro standard tipo "A" puede exceder los 10 mm. En el segundo caso su valor suele ser inferior a 3 mm. diarios.

La demanda de vapor de la atmósfera es máxima cuando los 4 factores promotores de la evaporación coinciden en sus máximos valores, esto ocurre entre Febrero y Abril. Por el contrario la evaporación es mínima entre Mayo y Agosto cuando la temperatura, el viento y el déficit de vapor coincide con su valor mínimo y la radiación se encuentra en su valor mínimo anual secundario.

Entre Agosto y Octubre la radiación vuelve a intensificarse, pero los otros tres factores no han aumentado apreciablemente y la evaporación muestra un moderado incremento, su magnitud sigue siendo moderada hacia fin de año por la decreciente radiación solar.

Evidentemente, las mismas causas y factores que promueven la evaporación de agua libre, actúan en los suelos húmedos y en los cultivos produciendo la evapotranspiración son fenómenos, cualitativamente semejantes.

Los efectos del clima en la vegetación son cuantitativamente diferentes que en un evaporímetro y el factor de proporcionalidad entre ambos varía al cambiar el tipo de evaporímetro o las características ecofisiológicas de la vegetación.

### III CARACTERISTICAS DE HUMEDAD DEL SUELO

La habilidad de los suelos para almacenar (un suelo puede retener entre 1200 y 4000 m<sup>3</sup> de agua por hectárea en los 80 cm superiores del perfil después que ha sido copiosamente humedecido, ha escurrido el excedente superficial y ha cesado la percolación profunda) y cederla lentamente a las raíces de las plantas es una de las características más importantes que influyen sobre la productividad agrícola de la tierra a medida que se tiene una información más detallada y cuantitativa acerca de las propiedades y comportamiento del agua en el sistema suelo-planta-atmósfera es posible utilizar nuevas y más efectivas prácticas de manejo de agua.

La aprovechabilidad del agua del suelo debe considerarse a partir de 4 variables:

- 1) Cantidad total de agua aprovechable retenida en la zona radicular del perfil.
- 2) Las Fuerzas con que el agua es retenida por el suelo a partir de curvas de retención y pérdidas de humedad.
- 3) Conductividad hidráulica.
- 4) Características del desarrollo radicular de los cultivos.

### IV LAS GRAMINEAS

Constituyen una familia altamente especializada con un número de especies mucho mayor que cualquier familia.

A partir de estudios geológicos se ha determinado que tanto las gramíneas como las leguminosas son de origen muy antiguos, las cuales aparecieron y evolucionaron inicialmente en condiciones tropicales, parece además que muchas de las formas actuales evolucionaron simultáneamente con los animales que las pastoreaban.

Las gramíneas en su lucha por la existencia han logrado un gran éxito, son de una distribución mucho más amplia que cualquier otro grupo de plantas y habitan en todos los lugares de la tierra.

Forman la vegetación principal de los llanos praderas, sabanas y estepas de ambos hemisferios ocupando grandes extensiones de pantanos y terrenos anegadizos. Ocupan el tercer lugar entre las plantas con flores, pero en número de individuos superan a todas las demás plantas así como también la amplitud de su distribución.

Constituyen uno de los mayores recursos alimenticios para la supervivencia de la humanidad, son en general la fuente más económica de nutrientes para el ganado, además poseen un gran capacidad para cubrir rápidamente los suelos desnudos protegiéndolos contra la erosión, reteniendo la humedad y restaurar la fertilidad.

Las variaciones entre las diferentes tipos de praderas en el mundo se deben principalmente a diferencias de humedad y temperatura.

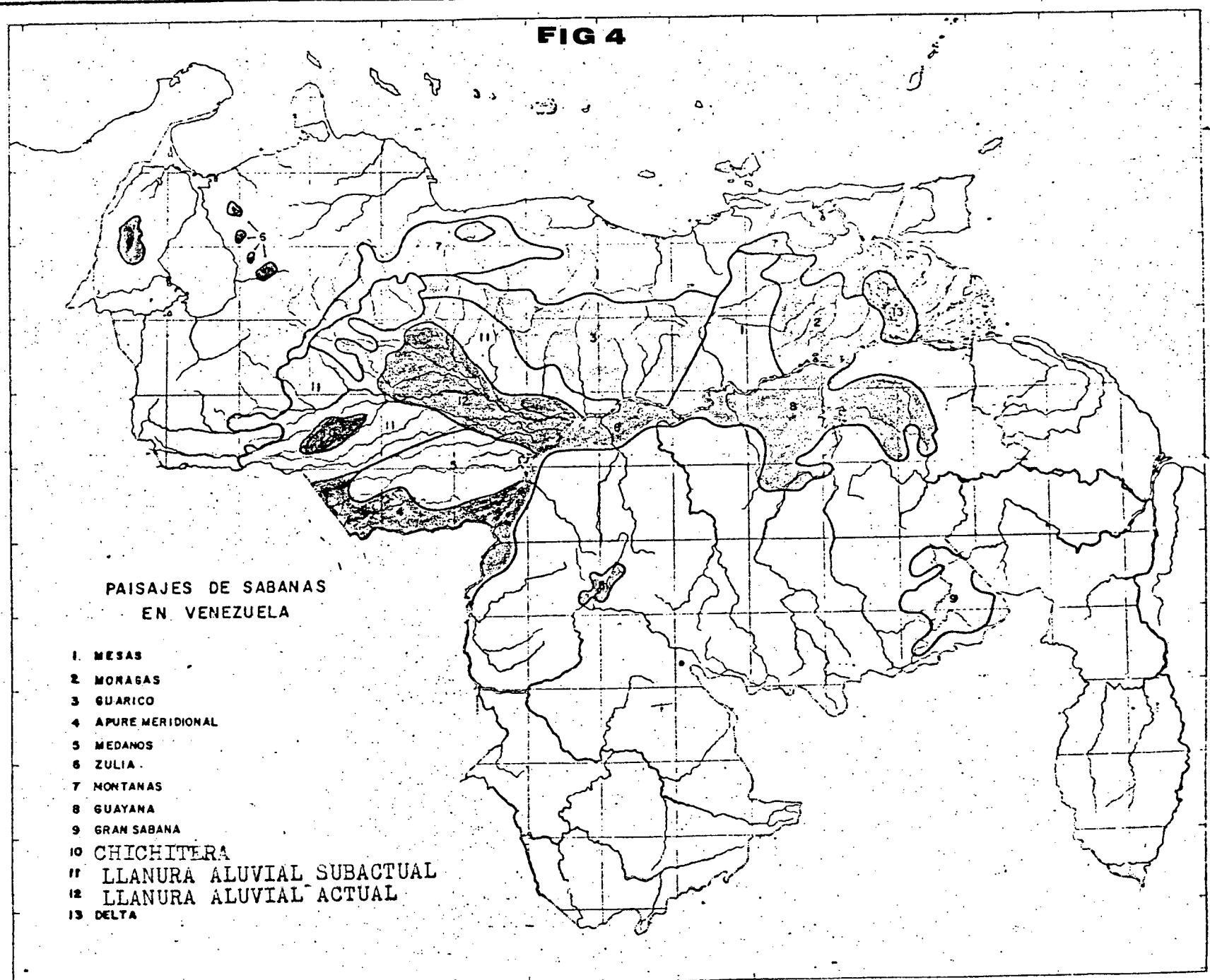
No se debe tratar de cambiar drásticamente las condiciones ambientales y de suelos para establecer un pasto, lo mejor es buscar un pasto que se adapte a las condiciones existentes.

DISTRIBUCION DE LAS SABANAS

EN

VENEZUELA

FIG 4



PAISAJES DE SABANAS  
EN VENEZUELA

- 1. MESAS
- 2. MORAGAS
- 3. GUARICO
- 4. APURE MERIDIONAL
- 5. MEDANOS
- 6. ZULIA
- 7. MONTANAS
- 8. GUAYANA
- 9. GRAN SABANA
- 10. CHICHITERA
- 11. LLANURA ALUVIAL SUBACTUAL
- 12. LLANURA ALUVIAL ACTUAL
- 13. DELTA

PANGOLA

### V. PANGOLA

Nombre Científico:

DIGITARIA DECUMBENS STENT

Origen:

Es originaria de Transvaal, Africa del Sur de donde fué llevada en 1935 a los Estados Unidos de Norteamérica. En Venezuela fue introducida por primera vez a mediados de 1949 procedente del Hudgins Ranch de Texas.

La mayor parte de los pastizales de Pangola que se han sembrado en Venezuela provienen de esta introducción, que fué sembrado en los terrenos de la hacienda Sosa, cerca de Caracas y de allí llevada al Departamento de Zootecnia del Centro de Investigación Agronómica en Maracay.

Características Botánicas:

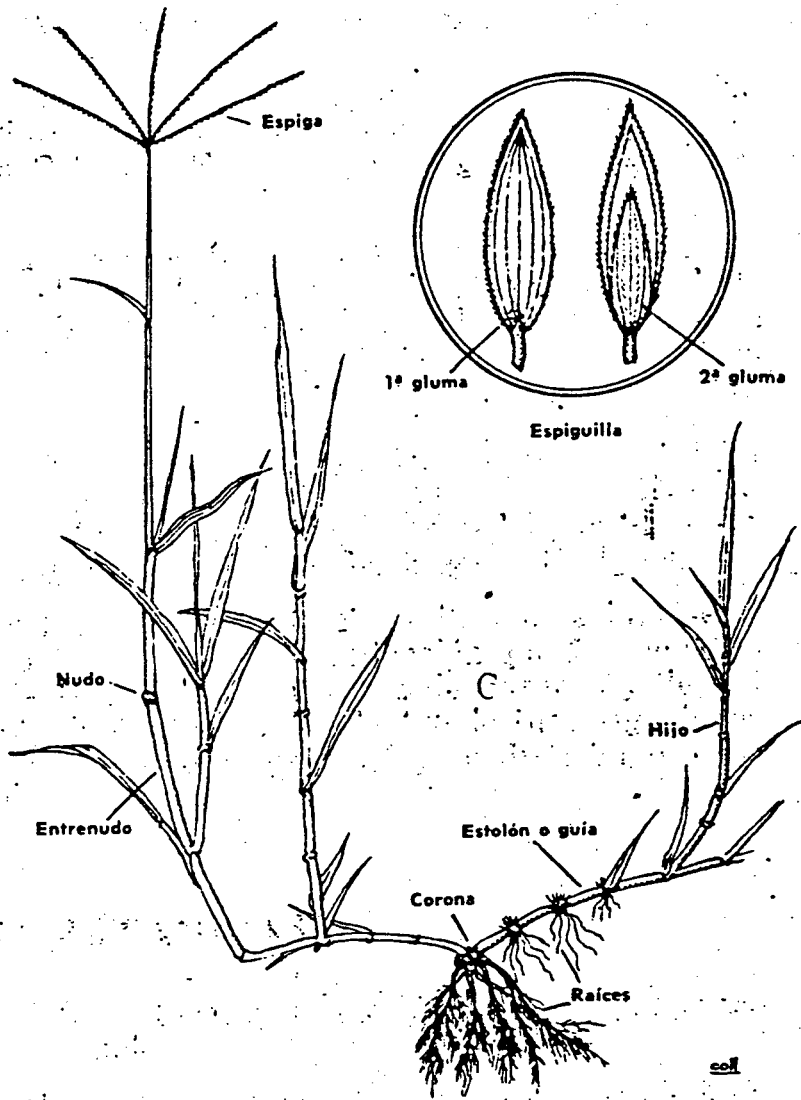
Es una gramínea estolonífera, perenne y vigorosa que crece cubriendo densamente el suelo, el crecimiento vertical alcanza alturas de 0.6 m a 1.20 m cuando las condiciones de humedad y fertilidad del suelo son favorables. Las hojas son lineales y estrechas de 7 mm a 9 mm de ancho y lisas en ambas caras.

DIBUJO

Clima Requerido:

El pasto pangola es propio de climas tropicales cálidos, pero se adapta bien a zonas subtropicales. Se cultiva desde el nivel del mar hasta 2000 m de altitud, pero

F 5



a partir de 1200 m la producción disminuye al aumentar la altura.

Resiste bastante bien la sequías de corta duración, una vez que está completamente establecida en el terreno. Durante la época de escasa precipitación su crecimiento es mucho más lento, pero con las primeras lluvias se recupera rápidamente, de modo que puede utilizarse para el pastoreo antes que cualquier otro pasto de tierras caliente.

#### Suelos Apropriados:

Se adapta a varios tipos de suelo, desde los excesivamente arenosos hasta los arcillosos pesados, pero no tolera el exceso de humedad y si bien puede soportar cortos periodos de inundación siempre que el agua no lo tape por completo, no debe sembrarse en terrenos que se inunde durante mucho tiempo.

En cuanto a la fertilidad del suelo, la hierba pangola es bastante exigente y donde el contenido de nitrógeno, fósforo y potasio es bajo su desarrollo y productividad es deficiente y se hace necesario la aplicación de abonos químicos.

#### Siembra:

La hierba es de espiga abundante, pero no produce semillas fértiles, por lo cual se propagan al igual que la hierba Pará, por medio de tallos, estolones o cepas. La

semilla más corrientemente usada y más económica son los tallos, que se obtiene cortando a ras de tierra la hierba cuando tiene unos 60 cm de altura media.

#### Valor Nutritivo:

La composición química del pasto y la digestibilidad de sus nutrientes y eficiencia de utilización varía ampliamente de acuerdo con la edad de la hierba y los factores ambientales como son:

- El grado de fertilidad natural de terreno y la aplicación de abonos
- La estación del año y la cantidad de lluvia o la aplicación de riego
- El manejo que reciba el potrero

El contenido de proteína cruda en la materia seca del Pasto Pangola varía de 4,5 al 15% de acuerdo con la edad de la hierba y también con el grado de fertilidad natural del suelo donde crece o del nivel de fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio

#### MANEJO DE POTREROS

Los potreros de Pangola no deben ser pastoreados intensamente hasta tanto la hierba esté bien establecida, lo que ocurre entre los cinco y seis meses después de la siembra. Si bien esta hierba resiste el pastoreo continuo la práctica no es conveniente porque debilita el pastizal y facilita la invasión de malezas.

La rotación de potreros es el sistema más indicado para utilizar la Pangola en mejores condiciones alimenticias para el ganado. Una buena rotación se logra dividiendo el potrero en cuatro o más lotes, para que los animales puedan pastorearlo en forma alternada.

Este sistema facilita un mejor aprovechamiento de la producción forrajera en cada división del potrero.

## VI ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS

El desarrollo de una pradera se divide en:

- Germinación
- Establecimiento
- Crecimiento

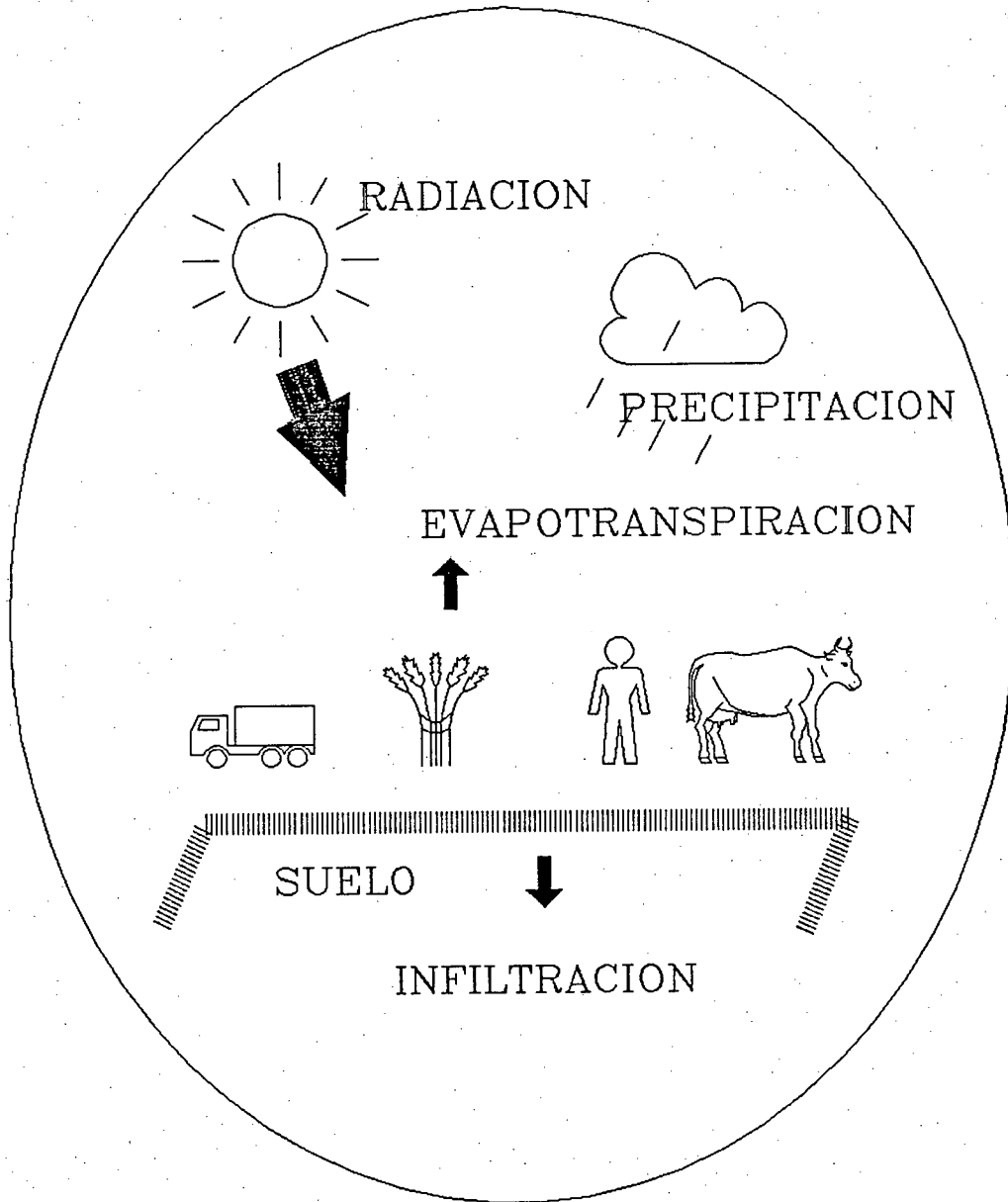
### VI.1 PARCELA COMO SISTEMA

Un sistema de producción, está representado por 3 elementos identificables: insumo que ingresan en una caja negra la cual produce su transformación en productos cuantificables.

INSUMO -----> / TRANSFORMACION / -----> PRODUCTO

Se denomina caja negra a "un conjunto de detalles independientes pero interactuantes que es desconocido pero estable, el cual permite la transformación de los elementos llamados insumos en elementos diferentes llamados productos" (28).

En la agricultura esta caja negra no es otra cosa que un subsistema de transformación de los insumos en productos finales, así por ejemplo el sistema de producción de pasto, en el cual ha sido definido el objetivo como la máxima cantidad de pasto a obtener por hectareas, se puede encontrar que recibe una serie de insumos como: agua, fertilizante, insecticida, etc, los cuales inciden sobre la caja negra por la parcela, para obtener la máxima cantidad de Kg por hectareas.



PARCELA COMO SISTEMA

FIG 6

## SISTEMA DE PRODUCCION AGRICOLA

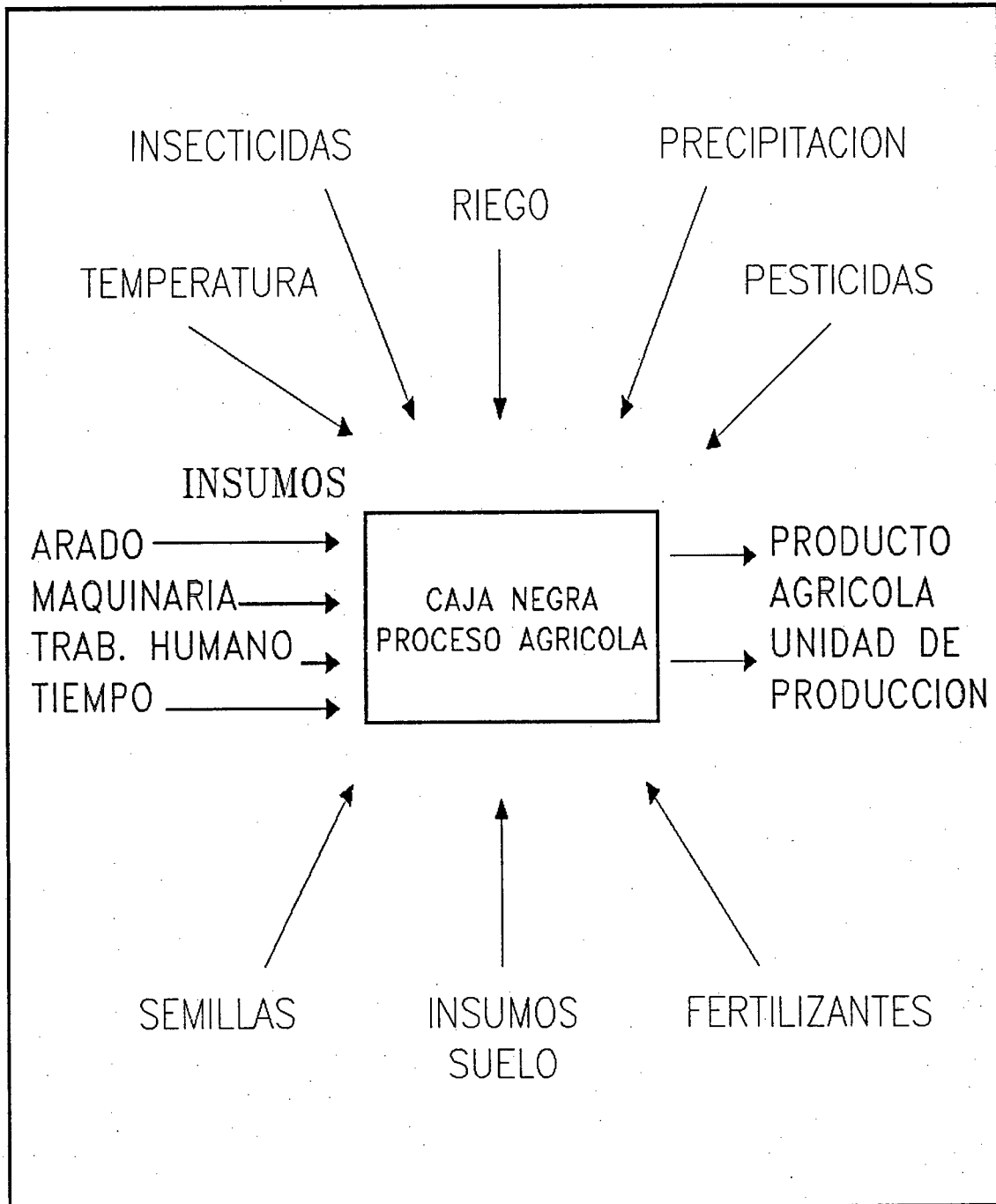
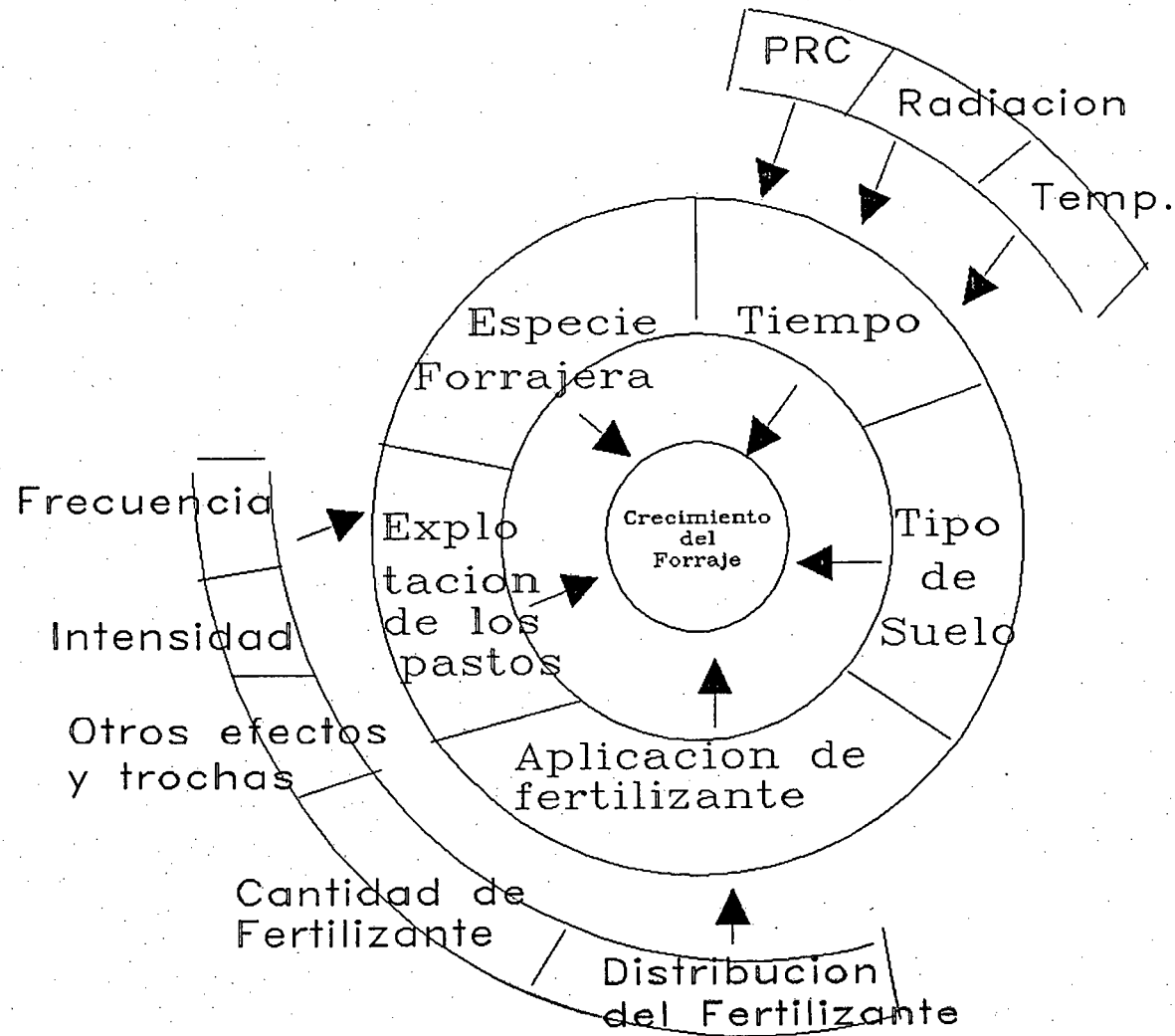


FIG 7

# SISTEMA AGRICOLA

FIG 8



# EXPERIMENTO

## VII DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

Título: SEIS PASTOS, DOS METODOS DE RIEGO, Y USO CONSUNTIVO DEL PASTO DIGITARIA DECUMBENS STENT (PANGOLA)

### VII.1 Objetivos:

- 1) Medición del uso consuntivo del pasto Pangola
- 2) Comparación del método de riego por Melgas con el de Pocetas
- 3) Estudiar el comportamiento de seis especies forrajeras bajo diferentes niveles de agotamiento
- 4) Estudiar la variación de la producción en función de dos edades de corte

### Ubicación:

MARACAY, Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela, Cátedra de Forrajes Producción Animal.

### Periodo del Experimento:

Octubre 1973 a Febrero 1976.

Autores:

Trabajo Interdisciplinario entre la Cátedra de Forrajes, de Riego y de Climatología Agrícola.

Cátedra de Forraje:

- Prof. Luis Gabriel Novoa
- Prof. Pío Arias

Cátedra de Riego:

- Prof. Francisco Pérez Rodríguez
- Prof. Fernando Key Sanchez.

#### VII.2 MATERIALES Y METODOS

Se dispuso de un área de 3840 m<sup>2</sup> dividida en 8 fajas de 96 X 5 m. con una pendiente general N---->S=4.8% y E---->O Horizontal, de este total de fajas se regó la mitad por pocetas y la otra mitad por melgas.

El suelo era de textura arcillo -limoso con una tasa de infiltración promedio de 1.20 cm/hora, determinado por el método de dotaciones de agua controladas en un área definida, con el método gravimétrico se determinaron de 0-30 cm (profundidad radicular a ser regada) de profundidad las constantes físicas Capacidad de Campo (Cc) y Punto de Marchitez Permanente (PMP).

CC= 26.82% (a 1/3 atm)

PMP= 9.52% (a 15 atm)

Humedad Aprovechable= 17.3 %

Densidad Aparente promedio 1.4

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con cuatro factores:

I Factor: Metodo de Riego con dos niveles

M1= Pocetas o tanques

M2= Melgas (Ver figura No 10 )

II Factor: Agotamiento de Agua en el suelo con dos niveles seleccionados de tal manera que permitiera mantener un contenido de humedad en el suelo por encima del 60%, para garantizar el crecimiento activo según Fitzpatrick (1965)

A1= 50%

A2= 30%

III Factor:

Edad de corte con dos niveles:

E1= 56 días

E2= 70 días

## IV Factor:

Especie Forrajera con seis niveles

P1= TAIWAN A-146-pennisetum purpureum  
cultivo A-147 Shum.

P2= Guinea -Panicum maximum Jacq

P3= Pangola - Digitaria Decumbens Stent

P4= Alemán - Echinochloa polistachaya  
(HBK) Hitchc

P5= Bermuda - Cynodon-Dactylon (L)  
persi

P6= Para-Bermuda - Mutica Stapf

De aquí, que se trabajó con  $2 \times 2 \times 2 \times 6 = 48$   
tratamientos con cuatro repeticiones tal y como se puede  
observar en el gráfico No 10

## FERTILIZANTE

Se aplicaron 100 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 100 Kg K<sub>2</sub>O + 400 Kg  
de Nitrógeno por hectáreas por año respectivamente.

## EQUIPO

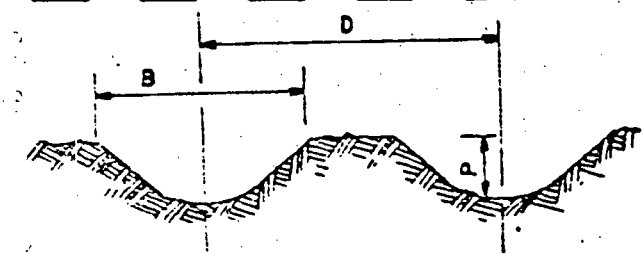
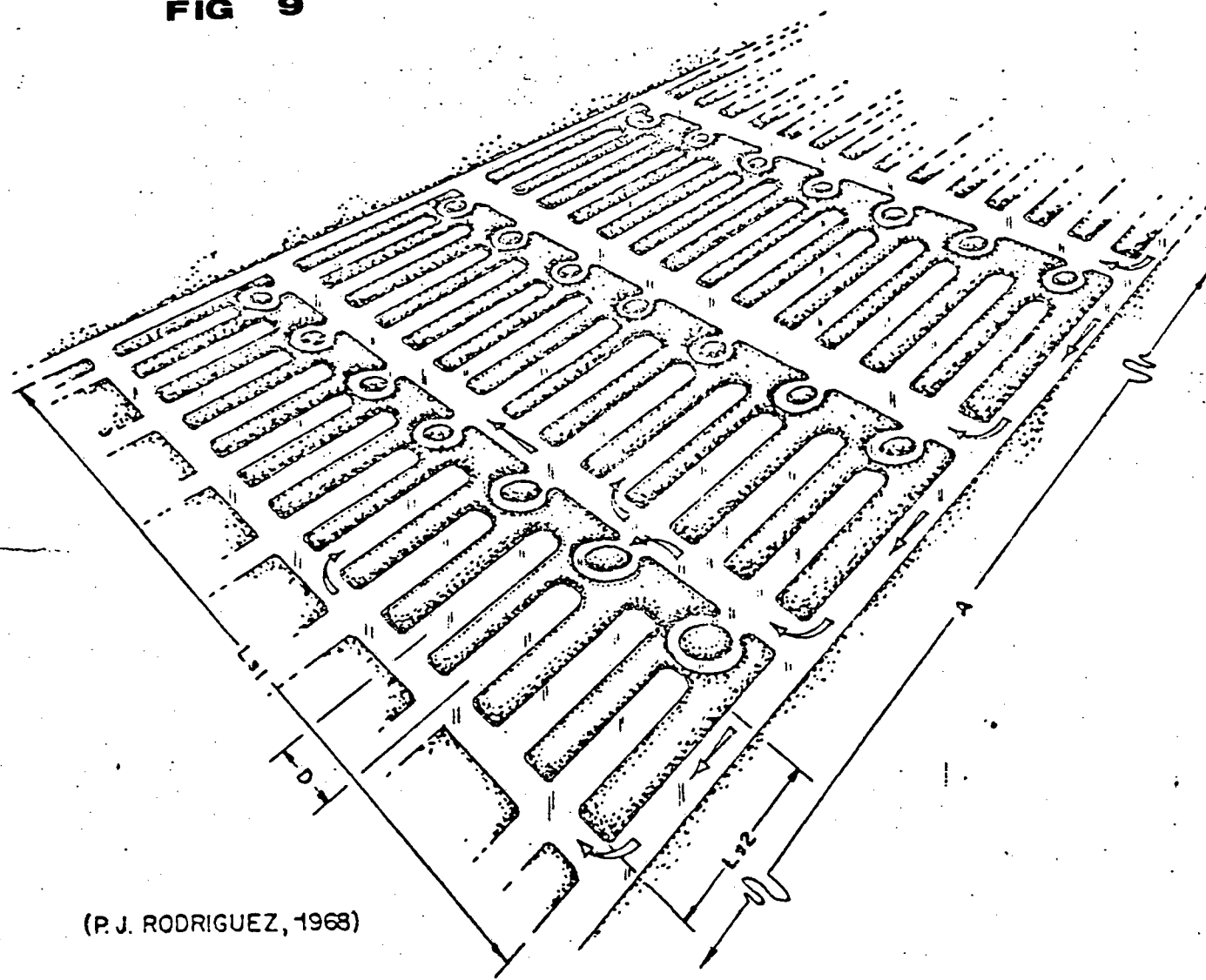
- 5 Pluviómetros Standard
- 1 Pluviógrafo
- 1 Caseta Meteorológica
  - Psicrómetro
  - Termómetro de máxima
  - Termómetro de mínima
- 1 Tina evaporimétrica tipo "A"
- 4 Lisímetros

TABLA No 1

! FECHA !				
CORTE	!	EDAD 1	!	EDAD 2
I	!	10-10-73	!	29-10-73
II	!	03-12-73	!	07-01-74
III	!	05-02-74	!	15-03-74
IV	!	25-03-74	!	22-05-74
V	!	25-05-74	!	31-07-74
VI	!	18-07-74	!	09-10-74
VII	!	12-09-74	!	18-12-74
VIII	!	06-11-74	!	28-02-75
IX	!	13-01-75	!	07-05-75
X	!	10-03-75	!	15-07-75
XI	!	05-05-75	!	24-09-75
XII	!	30-06-75	!	03-12-75
XIII	!	28-08-75	!	-----
XIV	!	20-10-75	!	-----
XV	!	16-12-75	!	-----

# METODO DE RIEGO POR POCETAS Y CANTEROS

FIG 9



VALORES PROMEDIOS  
(MTS)

CULTIVO	Ls1	Ls2	B	P	D
ASOCIADOS	40,00	5,00	0,70	0,20	1,00

- A= ACEQUIA DE CABECERA
- Ls1=LONGITUD DE SURCO DE POCETAS
- D= DISTANCIA ENTRE SURCOS
- Ls2=LONGITUD DEL SURCO DEL CANTERO.

(P.J. RODRIGUEZ, 1968)

**DISTRIBUCION DE LAS PARCELAS  
EN EL ENSAYO**

FIG 10

1 P4	48 P5	49 P3	96 P4	97 P4	144 P6	145 P5	192 P2
2 P3	47 P1	50 P2	95 P2	98 P6	143 P1	146 P2	191 P4
3 P2	46 P2	51 P5	94 P1	99 P5	142 P2	147 P6	190 P6
4 P6	45 P3	52 P4	93 P5	100 P1	141 P5	148 P3	189 P3
5 P5	44 P4	53 P6	92 P3	101 P2	140 P3	149 P5	188 P5
6 P1	43 P6	54 P1	91 P6	102 P3	139 P4	150 P1	187 P1
7 P6	42 P2	55 P2	90 P5	103 P1	138 P1	151 P3	186 P2
8 P1	41 P3	56 P6	89 P1	104 P6	137 P6	152 P2	185 P1
9 P3	40 P6	57 P1	88 P3	105 P5	136 P5	153 P6	184 P4
10 P2	39 P5	58 P4	87 P2	106 P4	135 P4	154 P4	183 P6
11 P5	38 P1	59 P3	86 P4	107 P2	134 P2	155 P1	182 P3
12 P4	37 P4	60 P5	85 P6	108 P3	133 P3	156 P5	181 P3
13 P3	36 P3	61 P4	84 P4	109 P3	132 P5	157 P5	180 P1
14 P2	35 P1	62 P6	83 P1	110 P1	131 P3	158 P1	179 P2
15 P6	34 P2	63 P1	82 P5	111 P6	130 P4	159 P3	178 P4
16 P1	33 P5	64 P2	81 P2	112 P5	129 P1	160 P2	177 P6
17 P4	32 P4	65 P5	80 P3	113 P4	128 P2	161 P6	176 P5
18 P5	31 P6	66 P3	79 P6	114 P2	127 P6	162 P4	175 P3
19 P2	30 P5	67 P6	78 P1	115 P1	126 P4	163 P3	174 P6
20 P6	29 P6	68 P1	77 P6	116 P3	125 P6	164 P1	173 P3
21 P3	28 P4	69 P2	76 P5	117 P2	124 P2	165 P4	172 P5
22 P1	27 P3	70 P5	75 P3	118 P4	123 P5	166 P2	171 P5
23 P4	26 P1	71 P3	74 P2	119 P5	122 P3	167 P6	170 P2
24 P5	25 P2	72 P4	73 P4	120 P6	121 P1	168 P5	169 P1

## LEYENDA

P1 : ELEFANTE  
P2 : GUINEA

P3 : PANGOLA  
P4 : ALEMAN

P5 : BERMUDA  
P6 : PARA

### VIII LISIMETROS

Los lisímetros son en general recipientes que se llenan de suelo y se siembra, a fin de medir la evapotranspiración por procedimientos especiales.

#### OBJETIVOS:

- 1) Determinar la evapotranspiración potencial (ETP).
- 2) Investigar la influencia de los factores climáticos y sus combinaciones en el proceso evapotranspiratorio
- 3) Obtener relaciones entre la evapotranspiración entre la medida y la computada mediante fórmulas meteorológicas, e igualmente sus relaciones con la evaporación medida por diferentes instrumentos.
- 4) Medir la evapotranspiración actual en cultivos y sus relaciones con la potencial a diferentes estados de cobertura y crecimiento.
- 5) Medir la influencia de la disponibilidad de agua en el suelo y sus relaciones con la evapotranspiración.

### VIII.1 LISIMETRO DE PESADA

En estos lisímetros se utiliza la correspondencia existente entre volúmenes y peso de agua, para medir la evapotranspiración gravimétrica en lugar de hacerlo volumétricamente. Este tipo de lisímetro fue utilizado para obtención de la evapotranspiración.

Los lisímetros No 1,3 y 4 estaban ubicados en subparcelas de pangola (las cuales fueron seleccionada por sorteo con otras especies del experimento) de edad de corte 1 y el lisímetro No 2, también ubicado en subparcelas de pangola de edad de corte 2.

Sistemáticamente se regaba los lisímetros, aplicando láminas altas y frecuentes (generalmente una lámina de riego de 15.9 mm cada 2 días) de manera de mantener el suelo en ellos en la proximidades a la capacidad de campo sin saturación, porque los excedentes de agua eran evacuados con facilidad. En la ocasión de los cortes del pasto de las subparcelas, se cortaba también y se pesaba el pasto de los lisímetros. (ver figura No 14 )

### VIII.2 HORAS DE OBSERVACION

Los instrumentos climatológicos se observaban 3 veces diarias, a las siguientes horas características:

- 1) 6.30 Am.
- 2) 1.00 Pm.
- 3) 6.00 Pm.

Los lisímetros No 1 y 2 eran observados y pesados en cada una de las horas indicadas y los lisímetro No 3 y 4 eran observado en la visita de las 6.30 Am.

# METODOLOGIA

## IX METODOLOGIA

### IX.1 SELECCION DEL MODELO

Motivado a que la evapotranspiración es considerado el fenómeno que consume la totalidad del agua que extraen del suelo las plantas, y conociendo que el rendimiento de los cultivos depende básicamente de 3 variables agrometeorológicas (radiación, temperatura, humedad del terreno) las cuales se conjuga o agrupan.

Se decidió a la escogencia de la evapotranspiración como el parámetro que mejor describe la relación suelo-agua-planta, ya que la misma se ve modificada en cualquier día en particular durante el ciclo de vida del cultivo, produciendo un efecto positivo o negativo en el rendimiento final.

### IX.2 BUSQUEDA DE LA INFORMACION

La información climática y de producción, se obtuvo del experimento realizado durante los años 1973-75, titulado "6 pastos + 2 métodos de riego y uso consuntivo del pasto Pangola, en la Facultad de Agronomía Cátedra de Forrajes.

De acuerdo a la revisión bibliográfica de los modelos matemáticos de producción de cultivo existentes, se decidió, en función de la información disponible a la selección de un modelo de regresión multivariado potencial; por ser el que más se ajustaba a los datos disponibles y en el cual la variable de mayor peso es la evapotranspiración, manteniendo el suelo y la fisiología del cultivo constante.

Según la FAO (18) el modelo de regresión seleccionado resulta adecuado para ajustar los factores de ponderación y las contribuciones cotidianas de cada variable al rendimiento final.

### IX.3 DESARROLLO DEL MODELO

El modelo seleccionado pertenece a los modelos de análisis cultivo-ambiente.

$$Y/Y_m = \sum_{i=1}^n A_i (E_{tai}/E_{tm})^{K_i} + c$$

donde:

Y..... producción real  
 Y<sub>m</sub>..... producción máxima  
 A<sub>i</sub>..... Coeficiente  
 E<sub>tai</sub>... Evapotranspiración potencial  
 E<sub>tm</sub>... Evapotranspiración potencial máxima  
 C..... Constante  
 K<sub>i</sub>..... Exponente

A<sub>i</sub>, m, c se obtiene a partir de los coeficientes de correlación.

#### IX.4 RENDIMIENTO MAXIMO (Ym)

El rendimiento máximo de un cultivo (Ym) se define como el rendimiento cosechado de una gran variedad de alta producción, bien adaptada al ambiente vegetativo de que se trate, incluyendo el tiempo disponible para llegar a su madurez, en condiciones tales que su rendimiento no esté limitado por el agua, los nutrientes, las plagas o las enfermedades. La información que se obtiene en condiciones agrícolas reales, con un alto nivel de ordenación del cultivo y el agua.

El rendimiento máximo de un cultivo ( Ym) viene determinado principalmente por sus características genéticas y por la buena adaptación del cultivo al ambiente predominante, las necesidades ambientales del clima suelo y agua para un crecimiento y rendimiento óptimo, varían con el cultivo y con la variedad de éste. Tiene una importancia fundamental la selección cuidadosa del cultivo y de la variedad más adecuada para un ambiente dado a fin de obtener una producción elevada y eficiente

Los factores climáticos que determinan Ym son la temperatura, la radiación y la duración de la estación vegetativa total, además de las necesidades específicas del cultivo en cuanto a la temperatura y duración del día para su desarrollo. En general la temperatura determina el ritmo de desarrollo de los cultivos, y en consecuencia

influye en la duración del período total necesario para que el cultivo forme la cosecha.

#### IX.5 EVAPOTRANSPIRACION MAXIMA (ETM)

Se refiere a aquellas condiciones en que el agua es la conveniente para un crecimiento y desarrollo sin limitaciones; ETM representa la tasa de evapotranspiración máxima de un cultivo sano, que crece en grandes campos y en condiciones óptimas de ordenación agronómica y de riego.

#### IX.6 PROCESAMIENTO DE DATOS

IX.6.1 De acuerdo a la información disponible, se clasificaron los lisímetros según las edades de corte:

a) E1: edad de corte 1 (56 días )

lisímetros 1,3 y 4

b) E2: edad de corte 2 (70 días )

lisímetro 2

Obteniéndose 12 cortes para E1 (ver tabla No 1 ), el lisímetro E 2 no se utilizó, para la realización de los cálculos ya que sólo se disponía de datos de producción de una parcela, lo cual no daba base a una comparación con otra parcela.

Los lisímetros 1 y 2 presentaban 3 mediciones diarias, mientras los lisímetros 3 y 4 una sola medición diaria.

A los lisímetros 1 y 2 se les calculó la evapotranspiración diaria, acumulando las tres mediciones.

#### IX.6.2 DATOS FALTANTES

Tenía por lo menos una (1) medición; se calcularon según la distribución porcentual de las 3 mediciones diarias.

Inexistente la medición diaria; si los datos faltantes no eran muchos (en función del total de datos en el corte) y no se encontraban seguidos, se tomaba la media del corte, de lo contrario se les aplicó correlación.

#### IX.7 DISTRIBUCION DE EVAPOTRANSPIRACION Vs DIAS

Se graficó la evapotranspiración diaria de cada corte vs días para observar la distribución o comportamiento de la misma durante el corte.

Como se puede observar en los gráficos, existe una gran dispersión de los datos, por lo cual se ajustó a los puntos una curva teórica que mantuviera la media y disminuyera la dispersión.

De la referencia (24), se adoptaron dos métodos para ajustar la curva:

#### Método de Doble Integración:

Este método no pudo ser aplicado debido a que al superponer la curva de los valores leídos con la curva teórica esta no se ajustaba a la tendencia de los valores. (ver gráfico No 6)

#### Método de Arco de Parábola:

Este fué el método seleccionado, debido a que esta curva se ajustaba a la tendencia de los datos medidos (ver gráfico No 7)

### IX.8 DETERMINACION DE LAS ETAPAS DEL CULTIVO DURANTE SU DESARROLLO

Para cada lisímetro de edad de corte  $i$  se calculó el promedio diario según la siguiente fórmula:

$$ET_{i,j} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m ET_{i,j}}{n}$$

Donde:

- n..... No de datos
- i..... No de corte
- j..... Días

Se realizó el gráfico del promedio de todos los cortes para cada uno de los lisímetros. (ver gráficos No )

Los valores medios de cada lisímetro se promediaron según la siguiente fórmula:

$$ET_{i,j} = \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m ET_{i,j}}{n}$$

Donde:

- n..... No de datos
- i..... No de lisímetro
- j..... días

Se graficaron los valores promedios Vs días (ver gráfico No 1 )

De acuerdo a los gráficos se observó la distribución de los valores, determinándose que existía dos ramas una ascendente y otra descendente, las cuales reflejaban la existencia de dos etapas y el valor máximo de los promedios las definía, el cual ocurría en promedio a los veintiocho (28) días.

Se acumulo la evapotranspiración hasta el día 28 y después, obteniéndose la ET1, ET2 respectivamente (tabla No 7)

TABLA No 2

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL  
LISIMETRO No 1

---

DIAS	!	ETV (mm)
1	!	4.97
2	!	4.08
3	!	4.28
4	!	4.51
5	!	4.76
6	!	4.57
7	!	5.06
8	!	5.52
9	!	5.73
10	!	5.76
11	!	6.12
12	!	6.46
13	!	6.62
14	!	7.05
15	!	7.12
16	!	6.93
17	!	6.56

---

TABLA No  
(continuacion)

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL  
LISIMETRO No 1

---

18	!	7.03
19	!	7.52
20	!	7.95
21	!	7.74
22	!	8.08
23	!	8.11
24	!	7.78
25	!	7.9
26	!	8.68
27	!	9.33
28	!	8.64
29	!	8.33
30	!	8.41
31	!	9.09
32	!	8.76
33	!	8.06

---

TABLA No  
(continuacion)

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 1

---

34	!	7.78
35	!	8.32
36	!	8.12
37	!	7.72
38	!	7.71
39	!	8.23
40	!	8.02
41	!	7.9
42	!	7.86
43	!	7.72
44	!	7.75
45	!	7.53
46	!	7.56
47	!	7.34
48	!	7.71
49	!	7.6
50	!	7.24
51	!	6.66

---

# LISIMETRO #1

PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES

GRAFICO # 1

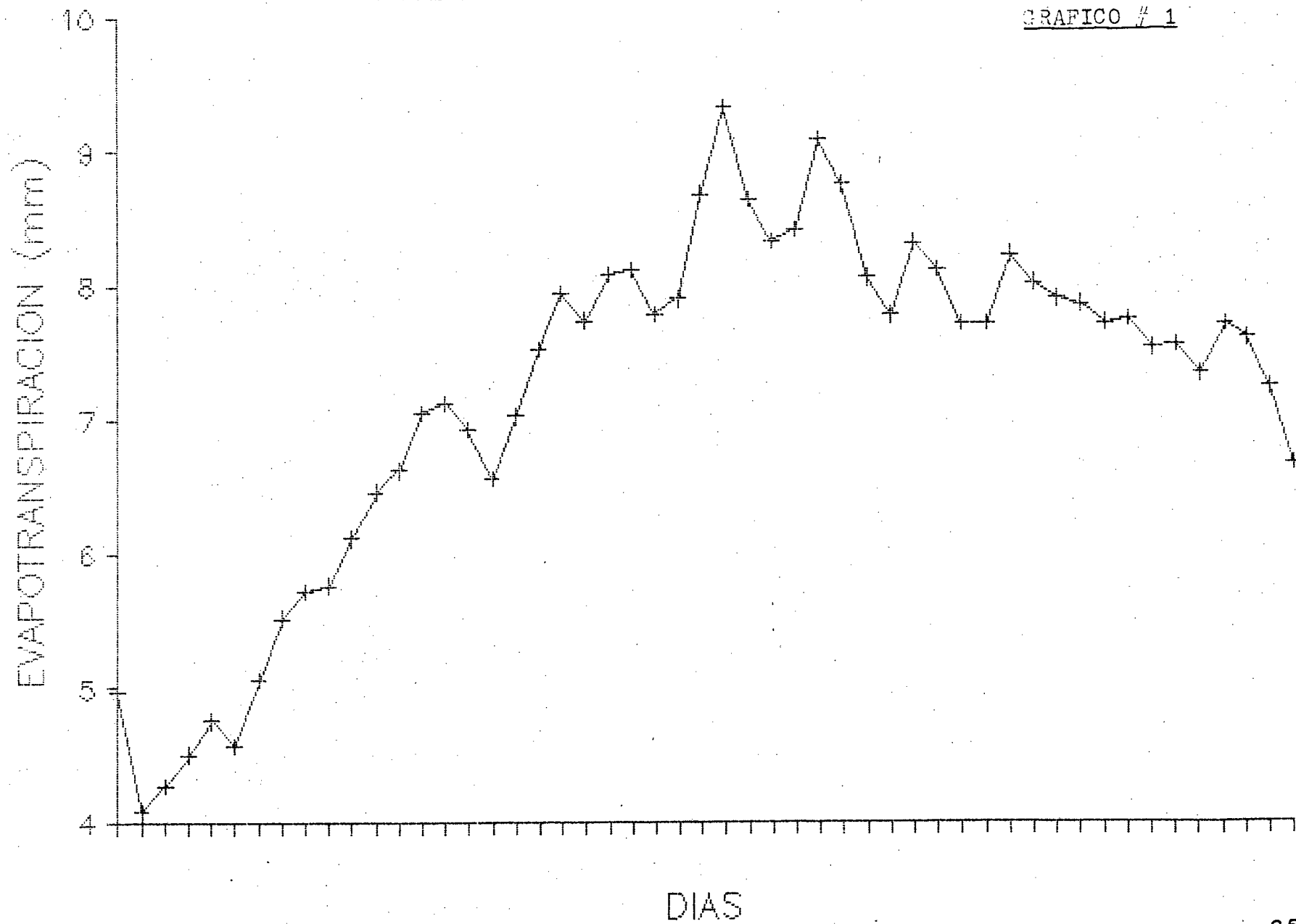


TABLA No 3

---

 PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 3
 

---

DIAS	!	ETV (mm)
1	!	4.57
2	!	4.38
3	!	4.54
4	!	4.02
5	!	4.44
6	!	4.78
7	!	5.12
8	!	5.03
9	!	5.68
10	!	6.7
11	!	7.36
12	!	6.91
13	!	6.3
14	!	6.8
15	!	7.2
16	!	7.4
17	!	7.43

---

TABLA No  
(continuacion)

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 3

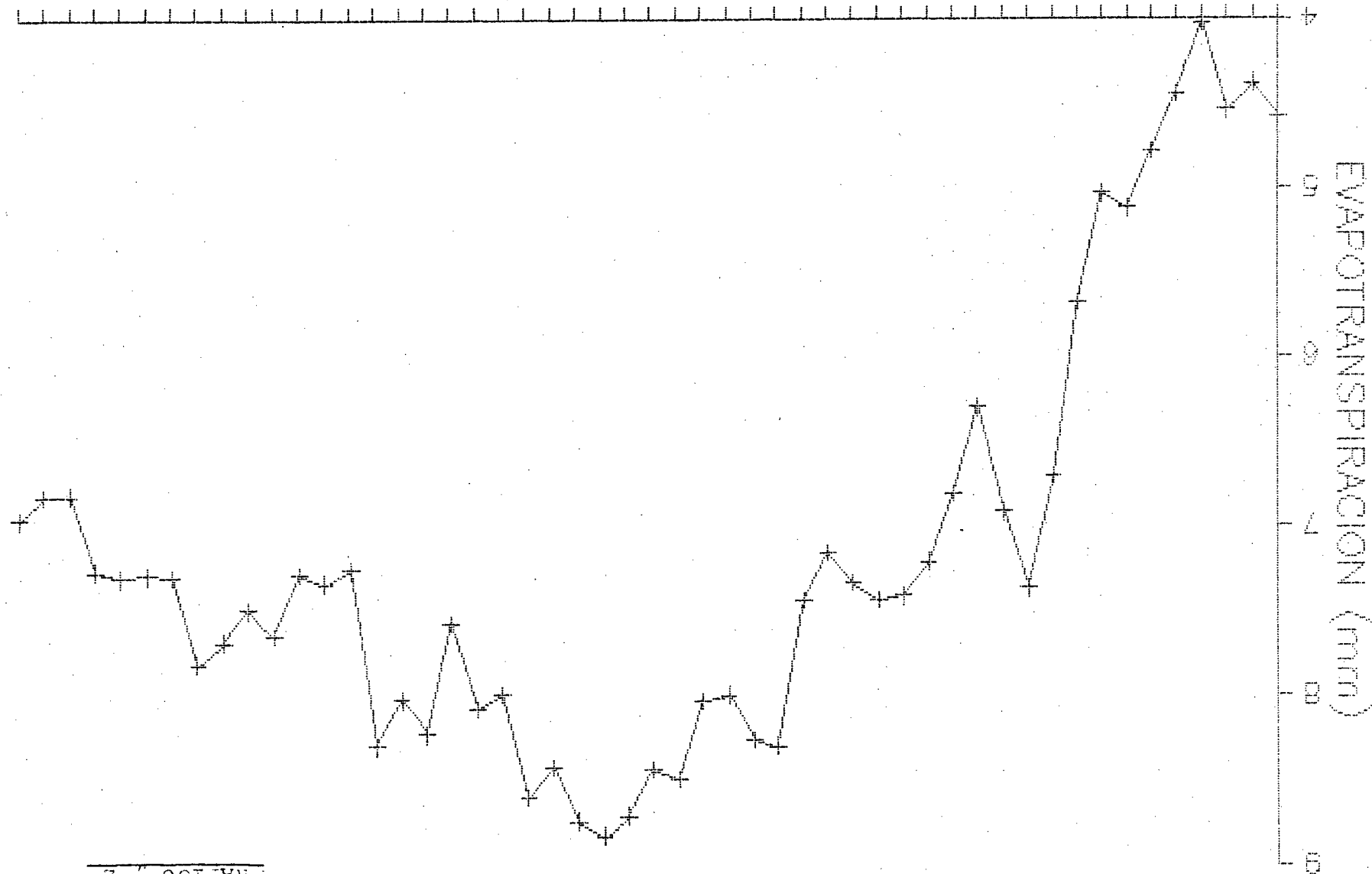
18	!	7.32
19	!	7.15
20	!	7.42
21	!	8.29
22	!	8.25
23	!	7.99
24	!	8.02
25	!	8.49
26	!	8.43
27	!	8.7
28	!	8.82
29	!	8.73
30	!	8.42
31	!	8.59
32	!	7.98
33	!	8.07

TABLA No  
(continuacion)

-----PROM  
EDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 3

34	!	7.55
35	!	8.22
36	!	8.01
37	!	8.29
38	!	7.24
39	!	7.32
40	!	7.27
41	!	7.63
42	!	7.48
43	!	7.67
44	!	7.8
45	!	7.28
46	!	7.27
47	!	7.28
48	!	7.25
49	!	6.79
50	!	6.8
51	!	6.94

DIAS



LISIMETRO # 3  
 PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES

BRANCO # 2

TABLA No 4

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 4

---

DIAS	!	ETV (mm)
1	!	4.98
2	!	3.83
3	!	3.91
4	!	4.09
5	!	4.82
6	!	4.41
7	!	4.06
8	!	4.11
9	!	5.25
10	!	5.86
11	!	6.29
12	!	6.07
13	!	6.41
14	!	6.89
15	!	7.37
16	!	7.03

---

TABLA No  
(continuacion)

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 4

---

17	!	7.22
18	!	7.43
19	!	7.73
20	!	8.08
21	!	9.22
22	!	8.78
23	!	8.18
24	!	7.78
25	!	8.42
26	!	9.0
27	!	9.55
28	!	8.63
29	!	7.48
30	!	8.52
31	!	8.91
32	!	8.33
33	!	8.01

---

TABLA No  
(continuacion)

---

PROMEDIO DE LOS CORTES DEL LISIMETRO No 4

---

34	!	7.5
35	!	7.66
36	!	7.82
37	!	7.95
38	!	7.82
39	!	8.15
40	!	7.76
41	!	7.72
42	!	7.77
43	!	7.86
44	!	8.01
45	!	7.77
46	!	7.25
47	!	6.97
48	!	7.25
49	!	7.27
50	!	6.73
51	!	6.69

---

LISIMETRO # 4  
PROMEDIO DE TODOS LOS CORTES

GRAFICO / 2

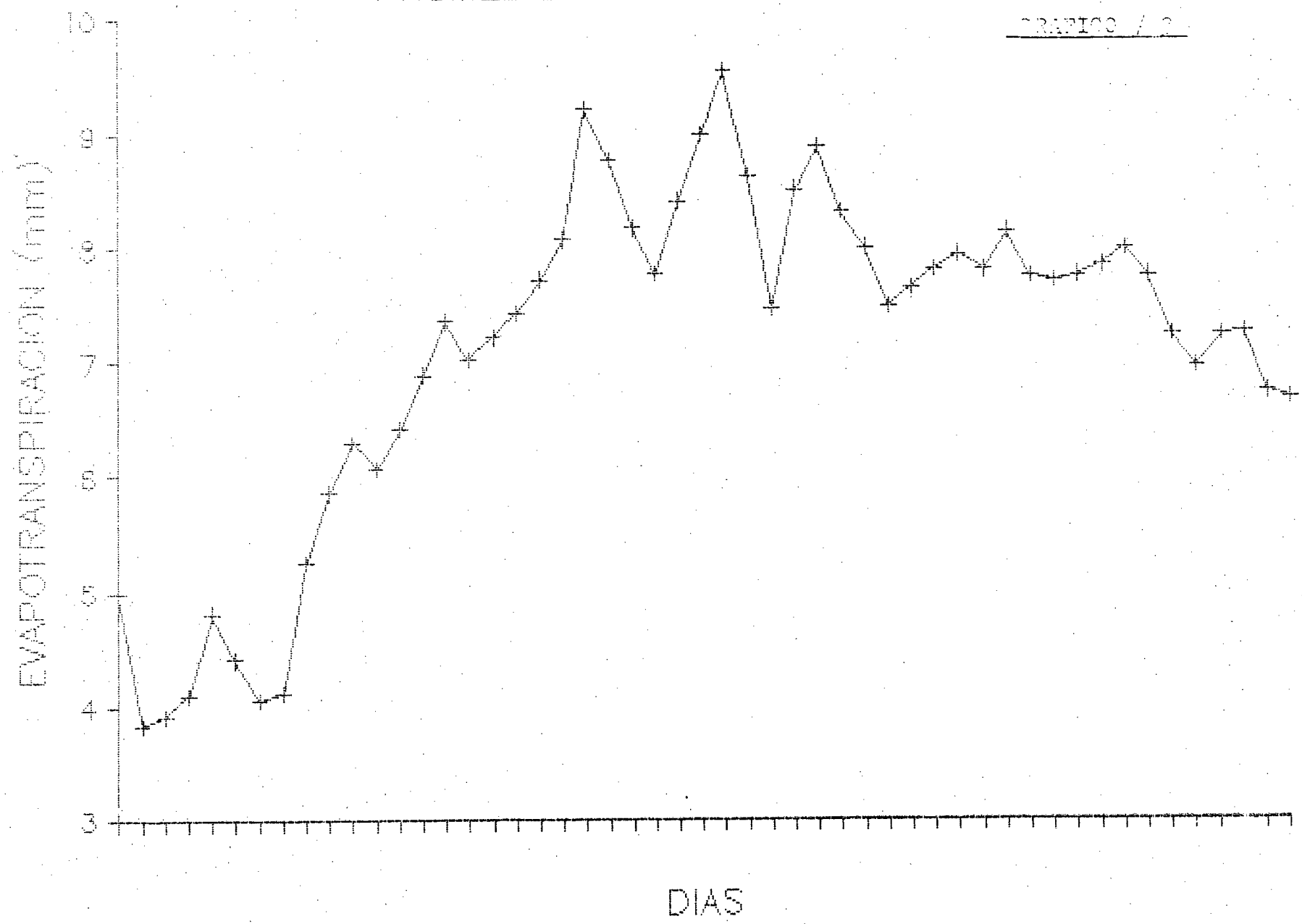


TABLA No 5

---

 EVAPOTRANSPIRACION (m m)
 

---

CORTE!

PROMEDIOS !

! 1, 3 Y 4 !

---

1!	4.8!
2!	4.1!
3!	4.2!
4!	4.2!
5!	4.7!
6!	4.6!
7!	4.8!
8!	4.9!
9!	5.5!
10!	6.1!
11!	6.6!
12!	6.5!
13!	6.4!
14!	6.91!
15!	7.23!
16!	7.12!
17!	7.07!

---

TABLA No  
(continuacion)

EVAPOTRANSPIRACION

CORTE ! PROMEDIO !  
! 1, 3 Y 4 !

CORTE	PROMEDIO
18!	7.3!
19!	7.5!
20!	7.8!
21!	8.4!
22!	8.4!
23!	8.1!
24!	7.9!
25!	8.3!
26!	8.7!
27!	9.2!
28!	8.7!
29!	8.5!
30!	8.9!
31!	8.4!
32!	8.1!
33!	7.7!
34!	8.1!

## TABLA N

(continuacion)

---

 EVAPOTRANSPIRACION
 

---

CORTE	PROMEDIO
	1, 3 Y 4

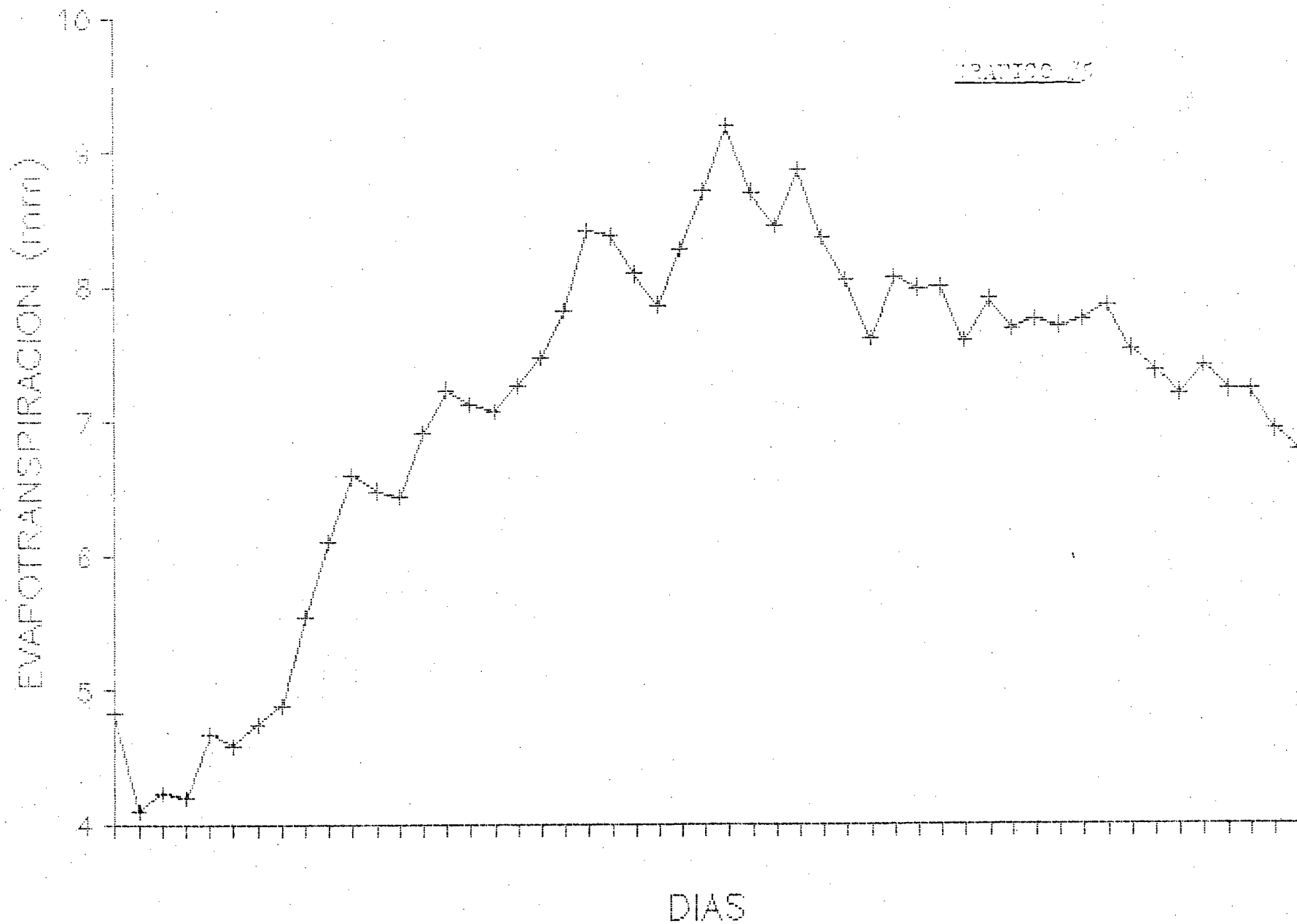
---

35	8
36	8
37	7.6
38	7.9
39	7.7
40	7.8
41	7.7
42	7.8
43	7.9
44	7.5
45	7.4
46	7.2
47	7.4
48	7.2
49	7.2
50	6.9
51	6.8

---

# GRAFICO

## PROMEDIO DE LOS LISIMETROS 1-3-4



AJUSTE POR DOBLE INTEGRACION

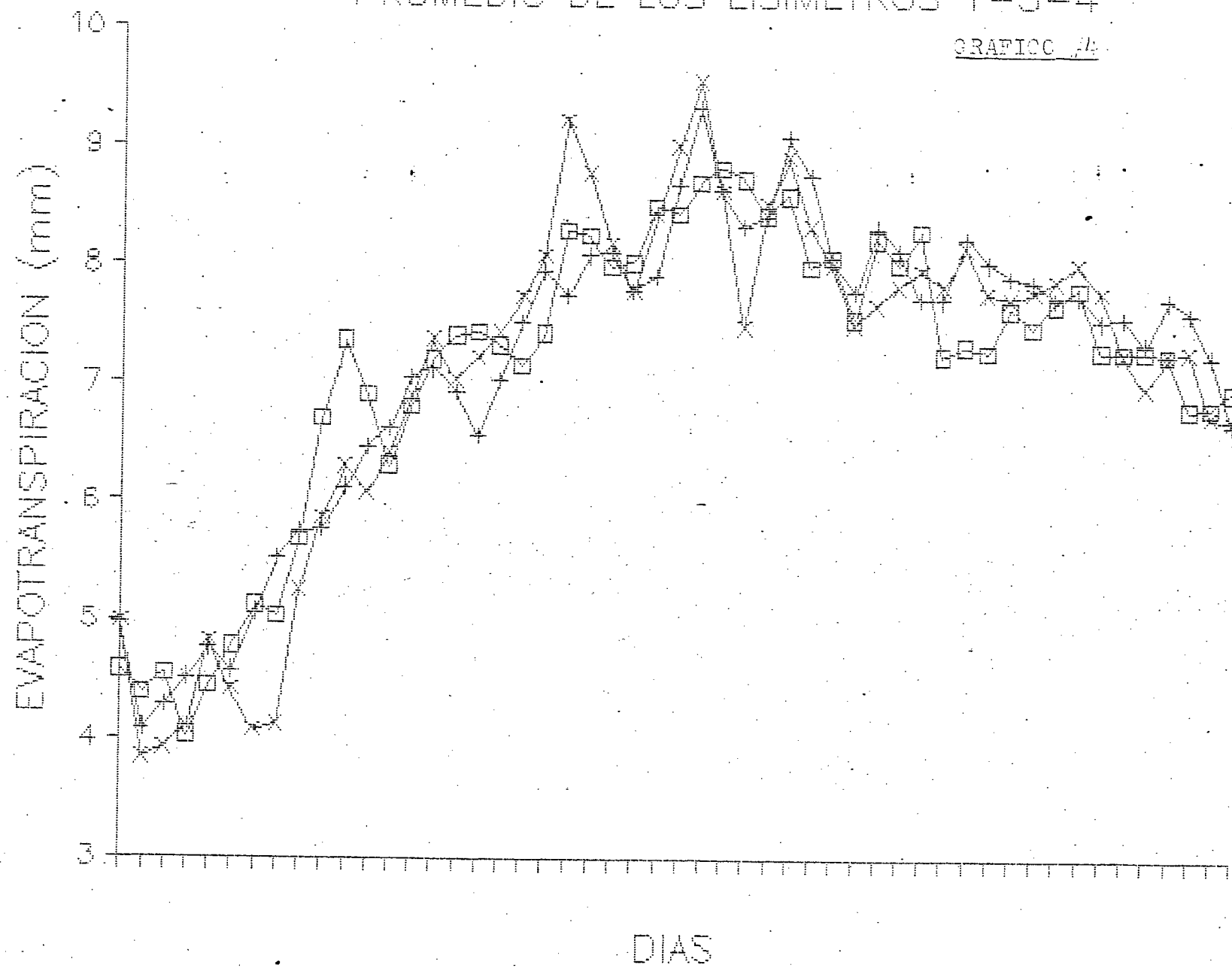
GRAFICO

# GRAFICO

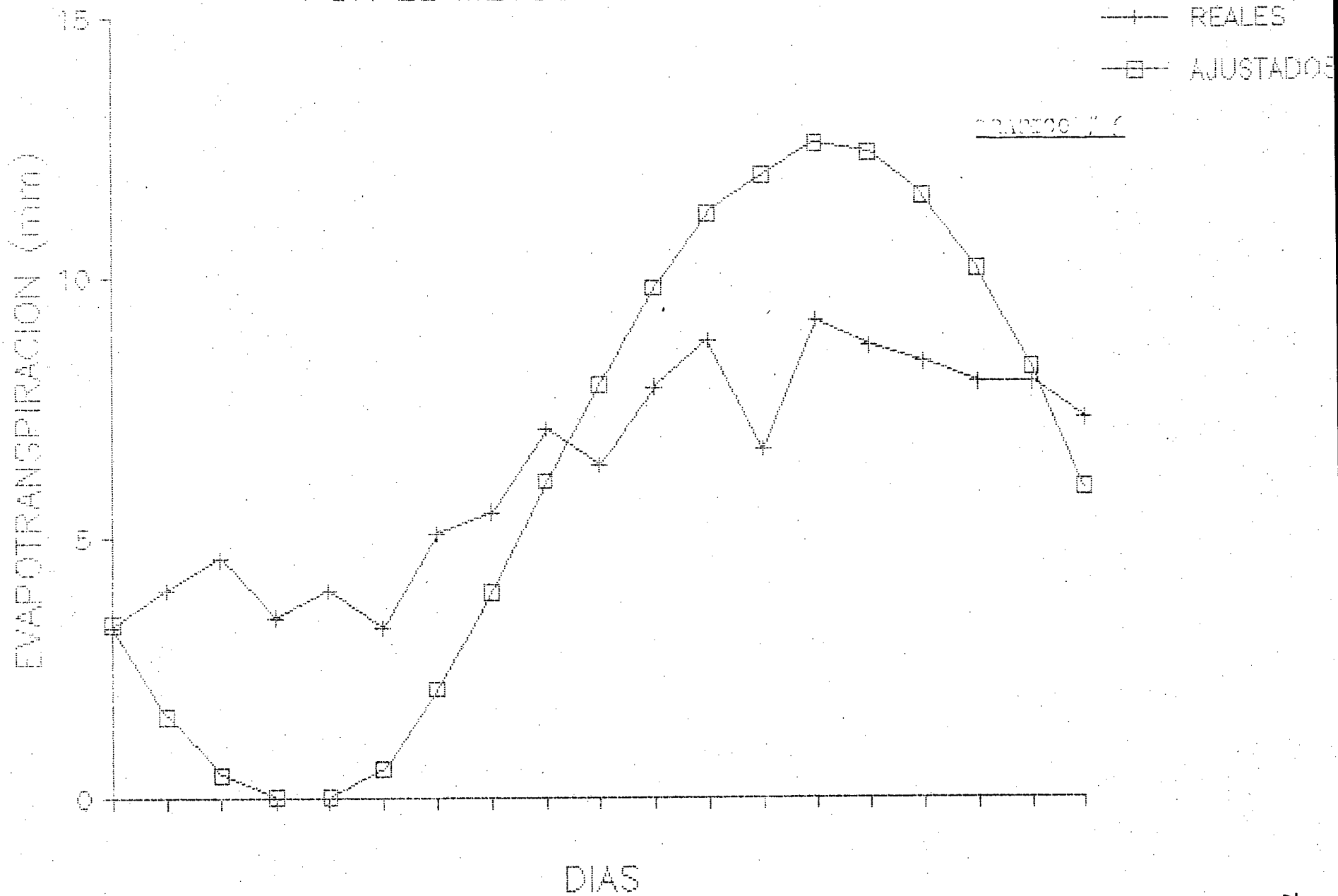
## PROMEDIO DE LOS LISIMETROS 1-3-4

GRAFICO #4

- +— LIS 1
- LIS 2
- x— LIS 3



# AJUSTE A LA CURVA POR EL METODO DE DOBLE INTEGRACION



AJUSTE POR ARCO DE

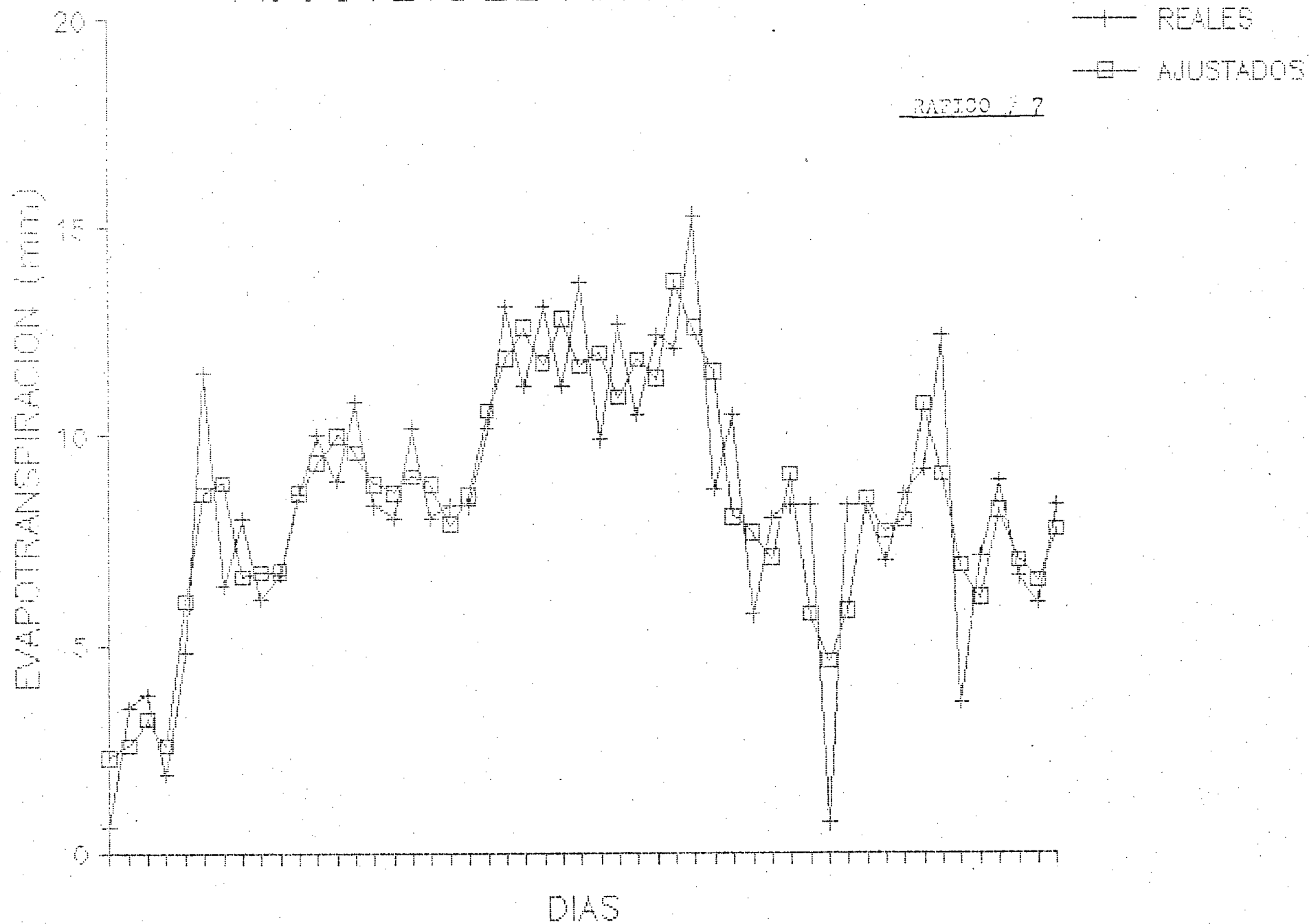
PARABOLA

GRAFICO

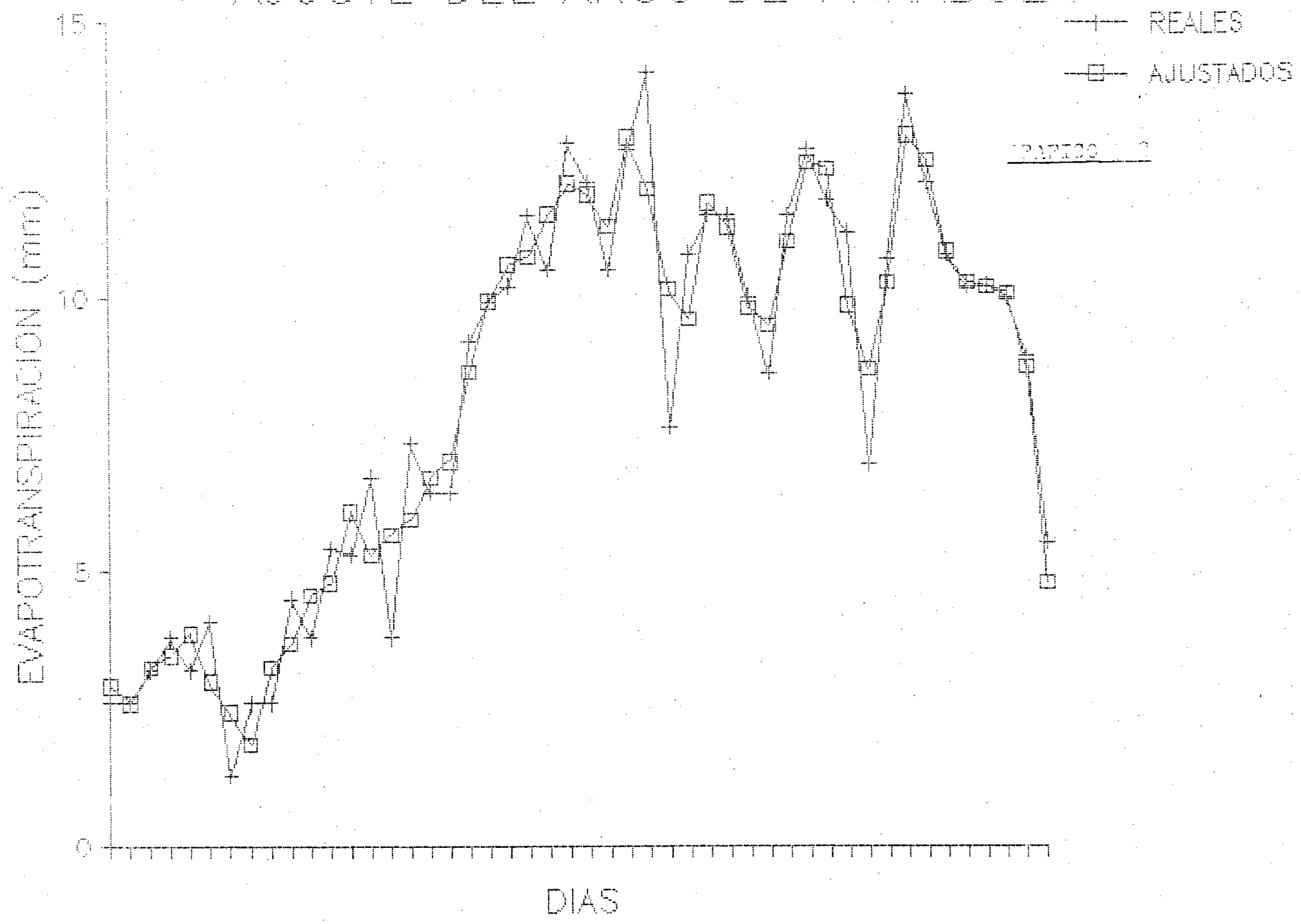
**TABLA N6**  
LISIMETRO # Kc

DATOS	DESV	(-3)	(12)	(17)	AVER	AJUST
0.79	1.70	-6.82	-9.66	0.00	0.00	0.00
0.78	1.74	-6.94	-9.83	0.00	0.00	0.00
0.78	1.74	-6.97	-9.88	-20.14	-0.58	0.78
0.78	1.73	-6.94	-9.83	-20.68	-0.59	0.77
0.72	1.91	-7.65	-10.83	-21.82	-0.62	0.74
0.68	2.03	-8.13	-11.52	-24.97	-0.71	0.65
0.58	2.34	-9.37	-13.28	-25.10	-0.72	0.64
0.75	1.84	-7.34	-10.40	-23.00	-0.66	0.70
0.78	1.73	-6.94	-9.83	-20.67	-0.59	0.77
0.80	1.67	-6.68	-9.46	-16.76	-0.48	0.88
1.08	0.83	-3.33	-4.71	-13.24	-0.38	0.98
0.98	1.13	-4.51	-6.38	-10.90	-0.31	1.05
1.05	0.92	-3.70	-5.24	-13.40	-0.38	0.98
1.08	0.84	-3.36	-4.77	-3.39	-0.10	1.26
1.73	-1.12	4.46	6.32	6.56	0.19	1.55
1.53	-0.52	2.06	2.92	5.50	0.16	1.52
1.16	0.61	-2.45	-3.47	-1.99	-0.06	1.30
1.45	-0.27	1.10	1.56	1.07	0.03	1.39
1.55	-0.56	2.26	3.20	2.01	0.06	1.42
1.29	0.22	-0.86	-1.22	7.81	0.22	1.58
2.04	-2.03	8.12	11.51	13.93	0.40	1.76
1.72	-1.07	4.29	6.08	15.94	0.46	1.81
1.51	-0.44	1.76	2.49	4.71	0.13	1.49
1.44	-0.24	0.97	1.37	5.70	0.16	1.52
1.70	-1.02	4.06	5.76	7.34	0.21	1.57
1.50	-0.43	1.71	2.42	8.85	0.25	1.61
1.58	-0.65	2.60	3.68	3.23	0.09	1.45
1.35	0.01	-0.05	-0.08	4.99	0.14	1.50
1.72	-1.09	4.34	6.15	10.46	0.30	1.66
1.84	-1.45	5.80	8.22	14.77	0.42	1.78
1.62	-0.79	3.17	4.49	12.96	0.37	1.73
1.69	-0.98	3.92	5.56	7.69	0.22	1.58
1.42	-0.17	0.68	0.96	4.71	0.13	1.49
1.45	-0.27	1.08	1.53	2.78	0.08	1.44
1.51	-0.47	1.86	2.64	4.42	0.13	1.49
1.46	-0.31	1.25	1.77	3.73	0.11	1.47
1.49	-0.38	1.53	2.17	7.57	0.22	1.58
1.75	-1.16	4.63	6.56	6.90	0.20	1.56
1.36	-0.01	0.06	0.08	8.11	0.23	1.59
1.67	-0.93	3.73	5.29	2.82	0.08	1.44
1.35	0.04	-0.16	-0.23	7.79	0.22	1.58
1.76	-1.21	4.85	6.86	6.95	0.20	1.56
1.54	-0.54	2.18	3.08	10.42	0.30	1.66
1.69	-1.00	4.00	5.66	12.50	0.36	1.72
1.87	-1.54	6.16	8.73	13.60	0.39	1.75
1.46	-0.29	1.15	1.63	5.83	0.17	1.53
1.27	0.27	-1.07	-1.52	-2.37	-0.07	1.29
1.32	0.11	-0.44	-0.62	-1.23	-0.04	1.32
1.37	-0.02	0.09	0.13	-4.91	-0.14	1.22
1.14	0.66	-2.65	-3.75	5.17	0.15	1.51
2.10	-2.22	8.87	12.56	9.61	0.27	1.63

# AJUSTE DEL ARCO DE PARABOLA



# AJUSTE DEL ARCO DE PARABOLA



## X REGRESION

Se realizaron las siguientes correlaciones

X.1 Correlación simple lineal de la evapotranspiración de la etapa 1 Vs Producción ( ver tabla No 11 y gráfico No 9)

X.2 Correlación simple lineal de la evapotranspiración de la etapa 2 Vs Producción ( ver tabla No 12 y gráfico No 10 )

X.3 Correlación múltiple de evapotranspiración de la etapa 1 y la evapotranspiración de la etapa 2 (variables independientes ) Vs la Producción (variables dependiente) (ver tabla No 13 )

X.4 Se le ajustó el Modelo:

Dividiendo la evapotranspiración de cada etapa entre evapotranspiración máxima, igual a la producción que se dividió entre la producción máxima.

$(Et1/Etm)^{3.5}$  (variable independiente 1)

$(Et2/Etm)^{1.5}$  (variable independiente 2)

$(Y/Ym)$  (variable dependiente)

(ver tabla No 15 )

Para determinar el valor de la potencia se realizaron los gráficos de dispersión, para observar la tendencia de los puntos.(ver gráficos No 13-14 ).

TABLA No 7

---

 PROMEDIO DE LOS LISIMETROS 1, 3 Y 4
 

---



---

 CORTE    ! ETR1 (mm)! ETR2 (mm)! PRODUCCION(t/h)
 

---

I	!	197.94!	238.65	!	4.01
II	!	197.84!	199.11	!	4.79
III	!	182.65!	226.65	!	3.77
IV	!	165.26!	276.86	!	3.83
V	!	198!	221.85	!	5.18
VI	!	184.31!	228.03	!	4.50
VII	!	142.29!	174.85	!	4.12
VIII	!	146.17!	164.31	!	3.04
IX	!	240.22!	269.04	!	5.59
X	!	180.21!	243.7	!	3.68
XI	!	132.76!	281.19	!	3.55

---

TABLA No 8

---

LISIMETRO No 1

---

CORTE	ETV(mm)	PRODUCCION(ton/ha)
I	469.11!	4.24
II	477.98!	2.39
III	387.34!	2.32
IV	400.24!	2.39
V	429.78!	3.03
VI	474.4!	1.69
VII	445.42!	3.16
VIII	463.85!	4.54
IX	399.63!	3
X	375.99!	5
XI	277.17!	3.4
XII	268.69!	1.56

---

TABLA No 9

## LISIMETRO No 3

CORTE	ETV(mm)	PRODUCCION(ton/ha)
I	394.7!	3.34
II	506.3!	4.81
III	376!	4.84
IV	415.2!	3.74
V	368.3!	3.71
VI	393.5!	3.35
VII	451.1!	4.35
VIII	382.2!	4.99
IX	407.2!	4.37
X	435.6!	6.3
XI	310.2!	3.92
XII	372.9!	4.12

TABLA No 10

LISIMETRO No 4

CORTE	ETV(mm)	PRODUCCION(ton/ha)
I	404.3!	4.47
II	497.2!	5.59
III	388.7!	7.2
IV	417.3!	3.62
V	394.3!	4.57
VI	450.6!	5.61
VII	400.5!	3.99
VIII	388.8!	6.03
IX	402.5!	5.75
X	459.6!	7.35
XI	350.6!	5.04
XII	266.9!	3.45

TABLA No 11

REGRESION LINEAL SIMPLE

ETR1 vs PRODUCCION

----- REGRESSION ANALYSIS -----  
 HEADER DATA FOR: A:DOPTRA LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11 NUMBER OF VARIABLES: 10

REGRESION SIMPLE ETP1 V PRODUCCION

INDEX	NAME	MEAN	STD. DEV.
1	ETP1	178.877	31.012
2	ETP2	229.476	38.720
3	ETMAX	506.300	0.000
4	YMAX	15.920	0.000
5	E1/EM	0.353	0.061
6	E2/EM	0.453	0.076
7	Y/YM	0.263	0.048
8	E13.5	0.029	0.018
9	E21.5	0.308	0.076
DEP. VAR.:	PRO	4.187	0.757

F TO ENTER = 0 , F TO REMOVE = 0 , TOLERANCE = 0.0000

DEPENDENT VARIABLE: PRO

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 9)
ETP1	0.0194	0.0049	15.509
CONSTANT:	0.7136		

STD. ERROR OF EST. = 0.484  
 r SQUARED = 0.6328  
 r = 0.7955

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

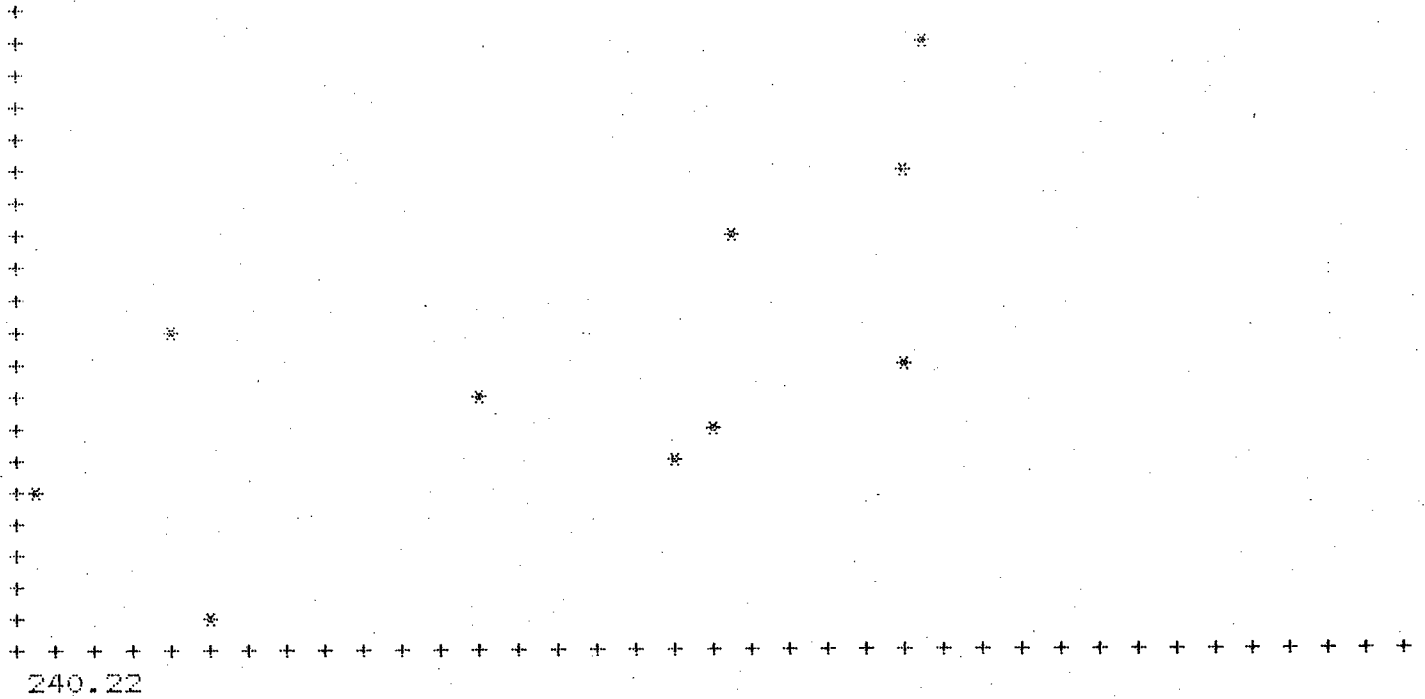
SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	3.6269	1	3.6269	15.509
RESIDUAL	2.1047	9	0.2339	
TOTAL	5.7316	10		

STANDARDIZED RESIDUALS

	OBSERVED	CALCULATED	RESIDUAL	-2.0	0	2.0
1	4.010	4.557	-0.547		*	
2	4.790	4.556	0.234			*
3	3.770	4.261	-0.491		*	
4	3.830	3.923	-0.093		*	
5	5.190	4.559	0.621			*
6	4.500	4.293	0.207			*
7	4.120	3.477	0.643			*
8	3.040	3.552	-0.512		*	
9	5.590	5.379	0.211			*
10	3.680	4.213	-0.533		*	
11	3.850	3.292	0.258			*

GRAFICO No 9  
DISPERSION ETP<sub>1</sub> Vs PRODUCCION

PRO  
5.59



HORIZONTAL AXIS: ETP1  
LEFT ENDPOINT: 132.76      RIGHT ENDPOINT: 240.22

VERTICAL AXIS: PRO  
LOWER ENDPOINT: 3.04      UPPER ENDPOINT: 5.59

HEADER DATA FOR: A:DOPTRA      LABEL:  
NUMBER OF CASES: 11      NUMBER OF VARIABLES: 10

TABLA No 12

REGRESION LINEAL SIMPLE

ETP2 Vs PRODUCCION

----- REGRESSION ANALYSIS -----  
 HEADER DATA FOR: A:DOPIRA LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11 NUMBER OF VARIABLES: 10

REGRESSION LINEAL SIMPLE ETV V<sub>s</sub> PRODUCCION

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	ETP1	178.877	31.012
2	ETP2	229.476	38.720
3	ETMAX	506.300	0.000
4	YMAX	15.920	0.000
5	E1/EM	0.353	0.061
6	E2/EM	0.453	0.076
7	Y/YM	0.263	0.048
8	E13.5	0.029	0.018
9	E21.5	0.308	0.076
DEP. VAR.: PRO		4.187	0.757

F TO ENTER = 0 , F TO REMOVE = 0 , TOLERANCE = 0.0000

DEPENDENT VARIABLE: PRO

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 9)
ETP2	0.0033	0.0064	0.270
CONSTANT:	3.4210		

STD. ERROR OF EST. = 0.786  
 r SQUARED = 0.0292  
 r = 0.1708

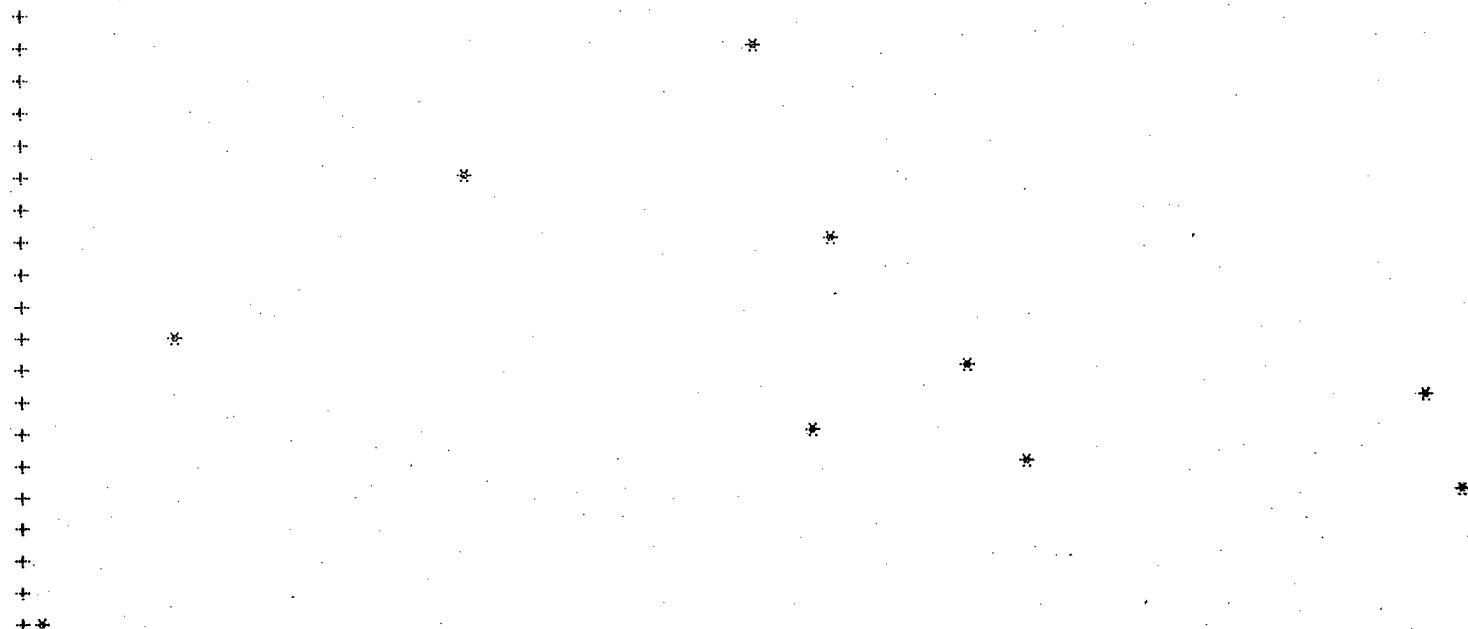
ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	0.1672	1	0.1672	0.270
RESIDUAL	5.5644	9	0.6183	
TOTAL	5.7316	10		

	OBSERVED	CALCULATED	RESIDUAL	STANDARDIZED RESIDUALS
			-2.0	0
1	4.010	4.218	-0.208	*
2	4.790	4.086	0.704	*
3	3.770	4.178	-0.408	*
4	3.830	4.345	-0.515	*
5	5.180	4.162	1.018	*
6	4.500	4.182	0.318	*
7	4.120	4.005	0.115	*
8	3.040	3.970	-0.930	*
9	5.590	4.319	1.271	*
10	3.650	4.235	-0.585	*
11	3.350	4.360	-0.810	*

GRAFICO No 10  
DISPERSION ETP2 Vs PRODUCCION

PRO  
5.59



281.19

ETP2

HORIZONTAL AXIS: ETP2  
 LEFT ENDPOINT: 164.31      RIGHT ENDPOINT: 281.19

VERTICAL AXIS: PRO  
 LOWER ENDPOINT: 3.04      UPPER ENDPOINT: 5.59

HEADER DATA FOR: A:DOPTRA      LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11      NUMBER OF VARIABLES: 10

TABLA No 13

REGRESION LINEAL MULTIPLE

ETP1, ETP2

Vs

PRODUCCION

REGRESSION ANALYSIS  
 HEADER DATA FOR: A:DUPTRA LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11 NUMBER OF VARIABLES: 10

REGRESSION MULTIPLE LINEAL

INDEX	NAME	MEAN	STD. DEV.
1	ETP1	178.877	31.012
2	ETP2	229.476	38.720
3	ETMAX	506.300	0.000
4	YMAX	15.920	0.000
5	E1/EM	0.353	0.061
6	E2/EM	0.453	0.076
7	Y/YM	0.263	0.048
8	E13.5	0.029	0.018
9	E21.5	0.308	0.076
DEP. VAR.:	PRO	4.187	0.757

F TO ENTER = 0 , F TO REMOVE = 0 , TOLERANCE = 0.0000

DEPENDENT VARIABLE: PRO

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 8)	PARTIAL F^2
ETP1	0.0196	0.0054	13.194	0.6225
ETP2	-0.0006	0.0043	0.017	0.0021
CONSTANT:	0.8103			

STD. ERROR OF EST. = 0.5124  
 R SQUARED = 0.6335  
 MULTIPLE R = 0.7960

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	3.6313	2	1.8156	6.9155
RESIDUAL	2.1004	8	0.2625	
TOTAL	5.7316	10		

	OBSERVED	CALCULATED	RESIDUAL	STANDARDIZED RESIDUALS	
			-2.0	0	2.0
1	4.010	4.556	-0.546	*	
2	4.790	4.576	0.214		*
3	3.770	4.263	-0.493	*	
4	3.830	3.894	-0.064		*
5	5.180	4.566	0.614		*
6	4.500	4.295	0.205		*
7	4.120	3.501	0.619		*
8	3.040	3.583	-0.543	*	
9	5.590	5.367	0.223		*
10	3.600	4.205	-0.605	*	
11	3.550	3.255	0.295		*

TABLA No 14

---

 PROMEDIO DE LOS LISIMETROS 1, 3 Y 4
 

---

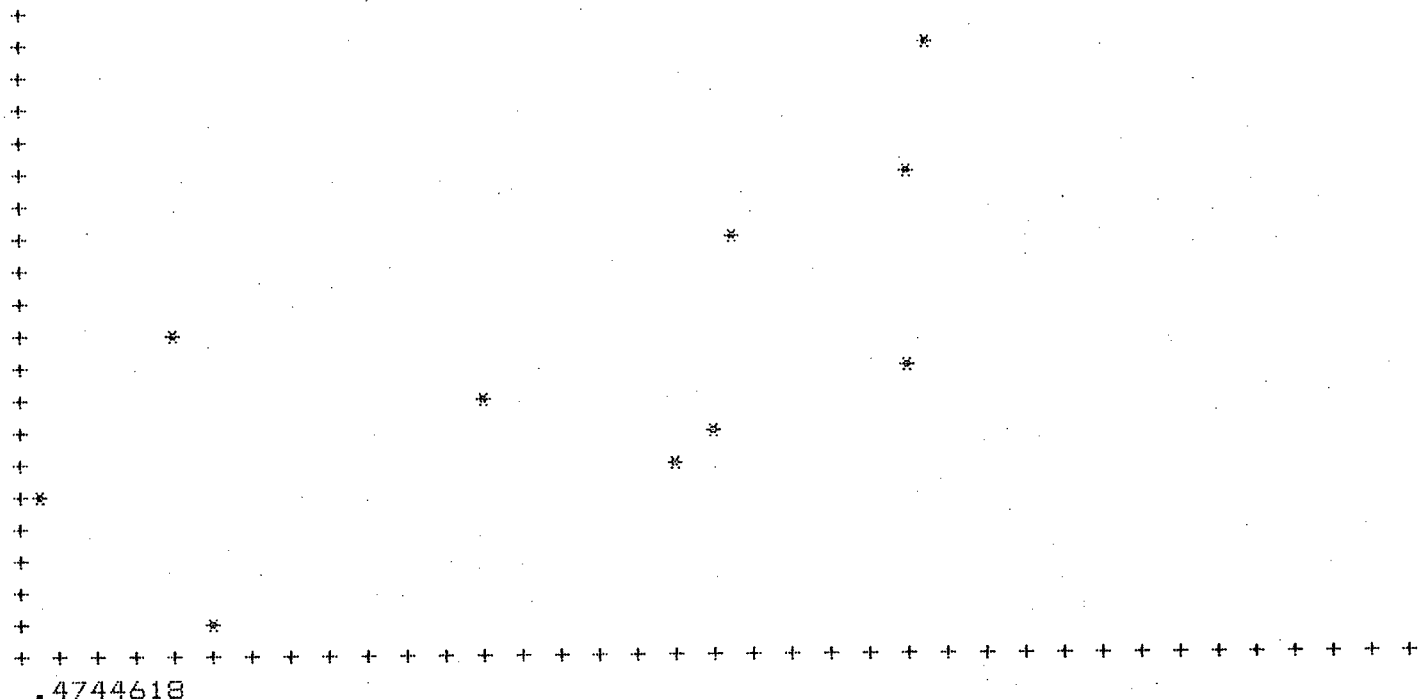
CORTE	ETP/Em	ETP2/Em	Y/Ym
I	0.39	0.47	0.25
II	0.39	0.39	0.30
III	0.36	0.45	0.24
IV	0.33	0.55	0.24
V	0.39	0.44	0.33
VI	0.36	0.45	0.28
VII	0.28	0.35	0.26
VIII	0.29	0.32	0.19
IX	0.47	0.53	0.35
X	0.36	0.48	0.23
XI	0.26	0.56	0.22

---

 $Y_m = 15.92 \text{ ton/ha}$ ;  $ETM = 506.30 \text{ mm}$

GRAFICO No 11  
DISPERSION ETP1/EM Vs Y/YM

Y/YM  
.3511307



HORIZONTAL AXIS: E1/EM

LEFT ENDPOINT: .2622161      RIGHT ENDPOINT: .4744618

VERTICAL AXIS: Y/YM

LOWER ENDPOINT: .1909548      UPPER ENDPOINT: .3511307

HEADER DATA FOR: A: DOPTRA

LABEL:

NUMBER OF CASES: 11

NUMBER OF VARIABLES: 10



TABLA No 15

---

 PROMEDIO DE LOS LISIMETROS 1, 3 Y 4
 

---

CORTE	ET1 <sup>3.5</sup>	ET2 <sup>1.5</sup>	Y/Ym
I	0.04	0.32	0.25
II	0.04	0.25	0.30
III	0.03	0.30	0.24
IV	0.02	0.40	0.24
V	0.04	0.29	0.33
VI	0.03	0.30	0.28
VII	0.01	0.20	0.26
VIII	0.01	0.18	0.19
IX	0.07	0.39	0.35
X	0.03	0.33	0.23
XI	0.01	0.41	0.22

---

 ET1= ET1/ETM: ET2=ET2/ETM
 

---

TABLA No 16

REGRESION MULTIPLE

POTENCIAL

DE LOS PROMEDIOS DE

LOS LISIMETROS 1, 3 Y 4

## ----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: A:DOPTRA LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11 NUMBER OF VARIABLES: 10

REGRESION MULTIPLE DE PROMEDIOS DE LOS LISIMETROS 1-3-4

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	ETP1	178.877	31.012
2	ETP2	229.476	38.720
3	FR0	4.187	0.757
4	ETMAX	506.300	0.000
5	YMAX	15.920	0.000
6	E1/EM	0.353	0.061
7	E2/EM	0.453	0.076
8	E13.5	0.029	0.018
9	E21.5	0.308	0.076
DEP. VAR.: Y/YM		0.263	0.048

F TO ENTER = 0 , F TO REMOVE = 0 , TOLERANCE = 0.0000

DEPENDENT VARIABLE: Y/YM

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 8)	PARTIAL R <sup>2</sup>
E13.5	2.2215	0.5553	16.007	0.6668
E21.5	-0.0484	0.1309	0.137	0.0168
CONSTANT:	0.2126			

STD. ERROR OF EST. = 0.0303  
 R SQUARED = 0.6746  
 MULTIPLE R = 0.8214

## ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	0.0153	2	0.0076	8.2939
RESIDUAL	0.0074	8	0.0009	
TOTAL	0.0226	10		

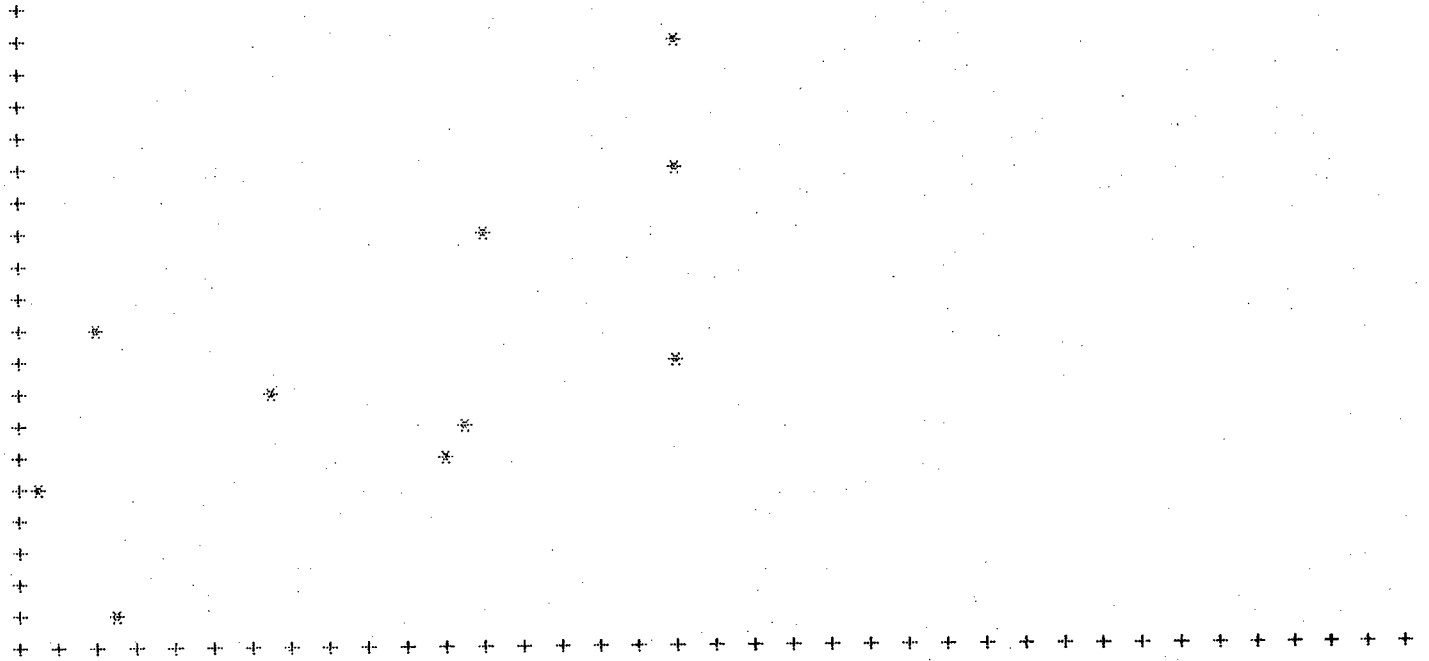
STANDARDIZED RESIDUALS

	OBSERVED	CALCULATED	RESIDUAL	-2.0	0	2.0
1	0.252	0.280	-0.028			
2	0.301	0.283	0.017			
3	0.237	0.261	-0.024			
4	0.241	0.237	0.003			
5	0.325	0.282	0.044			
6	0.283	0.263	0.020			
7	0.259	0.229	0.030			
8	0.191	0.232	-0.041			
9	0.351	0.357	-0.006			
10	0.231	0.256	-0.025			
11	0.223	0.213	0.010			

GRAFICO No 13

DISPERSION (ETP<sub>1</sub>/EM)<sup>3.5</sup> Vs (Y/YM)

Y/YM  
.3511307



7.357059E-02

E13.5

HORIZONTAL AXIS: E13.5

LEFT ENDPOINT: 9.232248E-03

RIGHT ENDPOINT: 7.357059E-02

VERTICAL AXIS: Y/YM

LOWER ENDPOINT: .1909548

UPPER ENDPOINT: .3511307

HEADER DATA FOR: A: DOPTRA

LABEL:

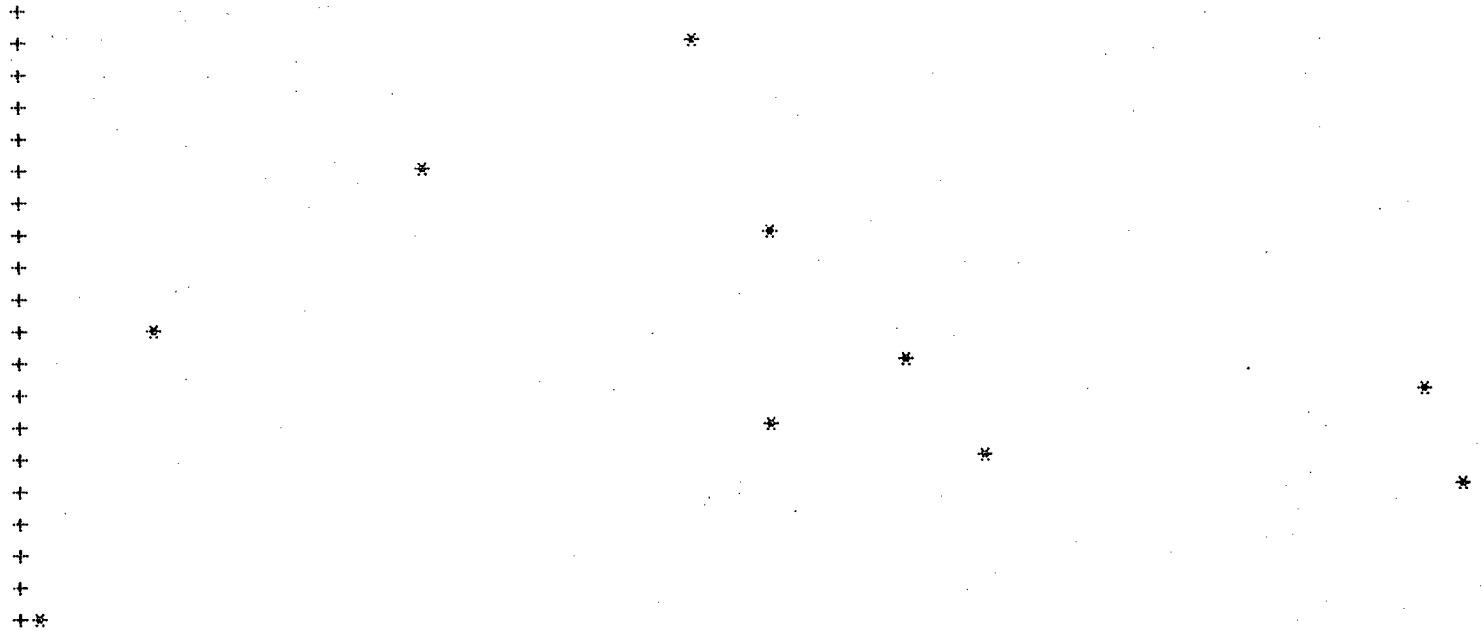
NUMBER OF CASES: 11

NUMBER OF VARIABLES: 10

GRAFICO No 14

DISPERSION (ETP2/EM)<sup>1.5</sup> vs (Y/YM)

Y/YM  
.3511307



+++++

.4138928

E21.5

HORIZONTAL AXIS: E21.5

LEFT ENDPOINT: .1848775      RIGHT ENDPOINT: .4138928

VERTICAL AXIS: Y/YM

LOWER ENDPOINT: .1909548      UPPER ENDPOINT: .3511307

HEADER DATA FOR: A:DOPTRA

LABEL:

NUMBER OF CASES: 11

NUMBER OF VARIABLES: 10

TABLA No 17

REGRESION MULTIPLE

LINEAL

DIVIDO EN 3 ETAPAS

ETR1, ETR2 Y ETR3

vs

PRODUCCION

REGRESSION ANALYSIS

HEADER DATA FOR: A:COMROBA LABEL: COMPARACION  
 NUMBER OF CASES: 12 NUMBER OF VARIABLES: 4

REGRESSION LINEAL MULTIPLE

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	ETR1	151.300	24.222
2	ETR2	76.869	18.526
3	ETR3	197.337	42.613
DEP. VAR.: PRO		4.210	0.880

F TO ENTER = 0 , F TO REMOVE = 0 , TOLERANCE = 0.0000

DEPENDENT VARIABLE: PRO

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 8)	PARTIAL r <sup>2</sup>
ETR1	0.0192	0.0136	1.992	0.1993
ETR2	-0.0122	0.0178	0.470	0.0555
ETR3	0.0042	0.0065	0.423	0.0502
CONSTANT:	1.4244			

STD. ERROR OF EST. = 0.9056  
 R SQUARED = 0.2297  
 MULTIPLE R = 0.4792

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	1.9559	3	0.6520	0.7951
RESIDUAL	6.5603	8	0.8200	
TOTAL	8.5162	11		

	OBSERVED	CALCULATED	RESIDUAL	STANDARDIZED RESIDUALS
			-2.0	0
1	4.010	3.818	0.192	*
2	4.260	4.809	-0.549	*
3	4.790	4.867	-0.077	*
4	3.250	4.300	-1.050	*
5	3.770	3.906	-0.136	*
6	3.550	4.004	-0.454	*
7	3.830	4.137	-0.307	*
8	5.180	4.738	0.442	*
9	4.500	4.375	0.125	*
10	6.220	4.193	2.027	*
11	4.120	3.750	0.370	*
12	3.040	3.622	-0.582	*

X.5 Se dividió en tres etapas el ciclo del cultivo, para realizar una correlación lineal múltiple versus la producción y compararlo con la regresión lineal múltiple de las dos etapas. (ver tabla No 17)

X.6 Con el propósito de verificar la validez de la ecuación de regresión se realizó el test de hipótesis F (Fisher).

$$F = \frac{U/\nu}{V/\nu} \quad (\text{ver tabla No 18})$$

siendo U, V variables aleatorias independientes

TABLA No 18

PRUEBA DE FISHER

## ----- REGRESSION ANALYSIS -----

HEADER DATA FOR: A:PROME LABEL:  
 NUMBER OF CASES: 11 NUMBER OF VARIABLES: 3

REGRESION MULTIPLE DE PROMEDIOS DE LOS LISIMETROS 1-3-4

INDEX	NAME	MEAN	STD.DEV.
1	E13.5	0.029	0.018
2	E21.5	0.308	0.076
DEP. VAR.:	Y/YM	0.263	0.048

F TO ENTER = 5.32 , F TO REMOVE = 5.32 , TOLERANCE = 0.0010

DEPENDENT VARIABLE: Y/YM

VAR.	REGRESSION COEFFICIENT	STD. ERROR	F(1, 9)
E13.5	2.1649	0.5075	18.197
CONSTANT:	0.1993		

STD. ERROR OF EST. =	0.029
r SQUARED =	0.6691
r =	0.8180

## ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F RATIO
REGRESSION	0.0151	1	0.0151	18.197
RESIDUAL	0.0075	9	0.0008	
TOTAL	0.0226	10		

VARIABLES NOT IN EQUATION:

NAME	PARTIAL F <sup>2</sup>	TOLERANCE	F TO ENTER
E21.5	0.0168	0.9241	0.1367

## XI DETERMINACION DISTRIBUCION DEL COEFICIENTE DE CULTIVO $K_c$

XI.1 Como se expresó en el marco teórico las misma causas y factores que promueven a la evaporación de agua libre, actúan en el suelo húmedo y en los cultivos produciendo la evapotranspiración, siendo la evaporación y evapotranspiración fenómenos cualitativamente semejantes. Por eso se encuentra a menudo una estrecha proporcionalidad entre la evaporación medida en un evaporímetro standard y la evapotranspiración de un cultivo bien provisto de agua, pero los efectos del clima en la vegetación marca una diferencia cuantitativa; existiendo un factor de proporcionalidad entre ambos que varía con el tipo de evaporímetro o las características ecofisiológicas de la vegetación (tabla No 2 )

En los cultivos anuales la evolución del follaje y los cambios en la cobertura del terreno producen una típica variación en la proporcionalidad  $ET_x/E_v$  (fig 11 nonero)

Para los días con mediciones de evaporación se calculó en cada lisímetro el  $K_c = ET_x/E_v$ , Promediando los valores de  $K_c$  de cada corte para cada uno de los lisímetros. Los valores medios de cada lisímetro se promediaron para obtener una curva promedio, que explica la variación media del  $K_c$  durante su desarrollo (ver figura No 11).

TABLA No 19

---

 COEFICIENTE DE CULTIVO
 

---

CORTE	LISI 1	LISI 3
1	0.8	0.8
2	0.6	0.8
3	0.8	0.8
4	0.8	0.6
5	0.8	0.6
6	0.7	0.6
7	0.8	0.7
8	0.8	0.7
9	0.9	0.8
10	1.0	1.0
11	1.1	1.1
12	1.1	1.1
13	1.0	1.0
14	0.98	0.97
15	1.02	1.23
16	1.09	1.36

---

TABLA No  
(continuacion)

---

COEFICIENTE DE CULTIVO

---

17!	1.27!	1.49
18!	1.34!	1.56
19!	1.66!	1.57
20!	1.73!	1.54
21!	1.71!	1.6
22!	1.46!	1.65
23!	1.56!	1.41
24!	1.74!	1.3
25!	1.78!	1.37
26!	1.71!	1.45
27!	1.53!	1.14
28!	1.79!	1.57
29!	1.9!	1.77
30!	1.85!	1.71
31!	1.5!	1.45
32!	1.54!	1.29
33!	1.52!	1.35
34!	1.49!	1.33
35!	1.48!	1.6

---

TABLA No  
(continuacion)

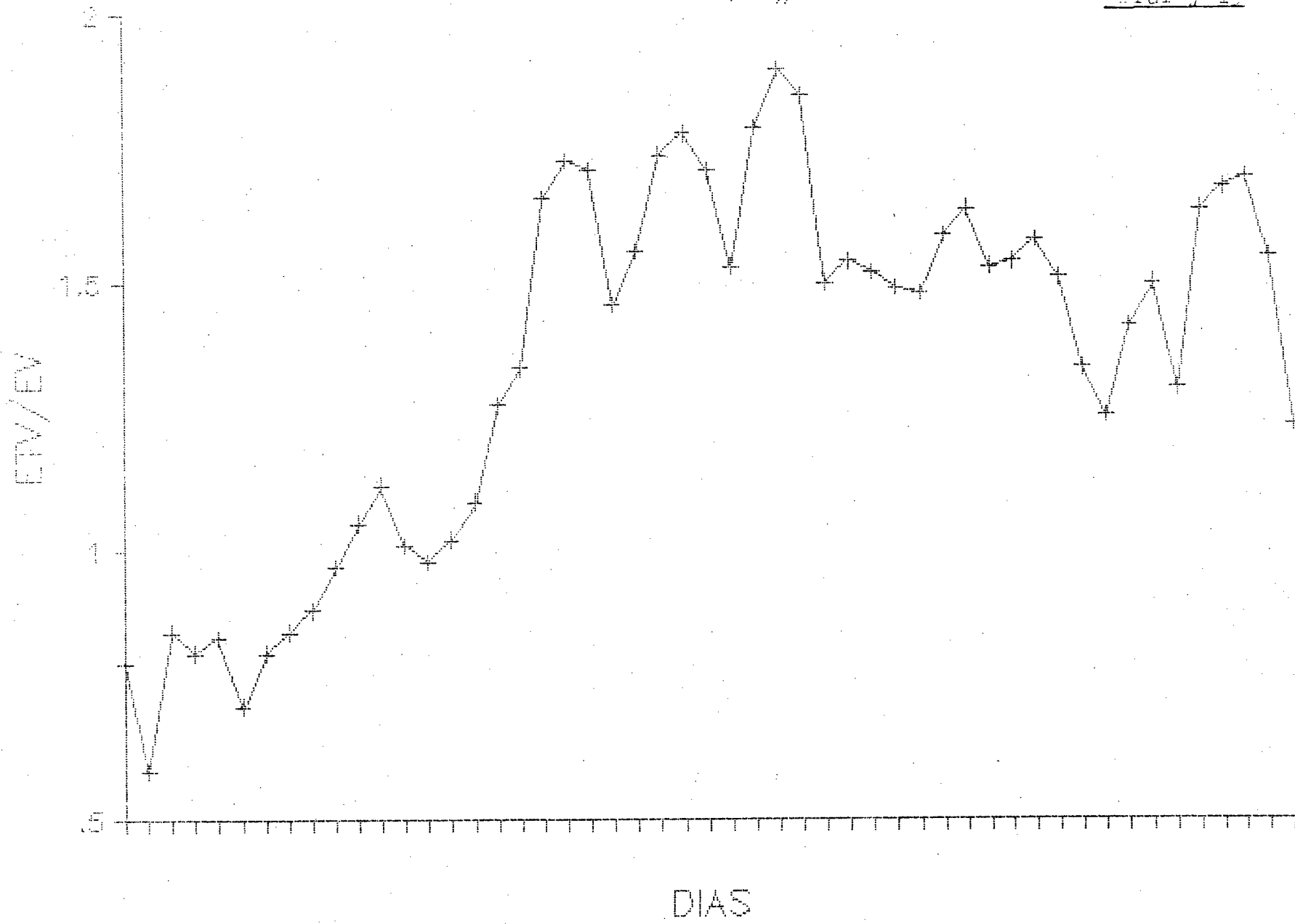
COEFICIENTE DE CULTIVO

CORTE !	LISI 1 !	LISI 3
36!	1.59!	1.6
37!	1.64!	1.66
38!	1.53!	1.47
39!	1.54!	1.5
40!	1.58!	1.33
41!	1.51!	1.45
42!	1.34!	1.51
43!	1.25!	1.52
44!	1.42!	1.57
45!	1.5!	1.5
46!	1.65!	1.52
47!	1.64!	1.36
48!	1.68!	1.42
49!	1.7!	1.19
50!	1.55!	1.06
51!	1.23!	1.21

# PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO

LISIMETRO #1

Graf. / 15



# COEFICIENTES DE CULTIVO

## LISIMETRO 1

Grafico 7 16

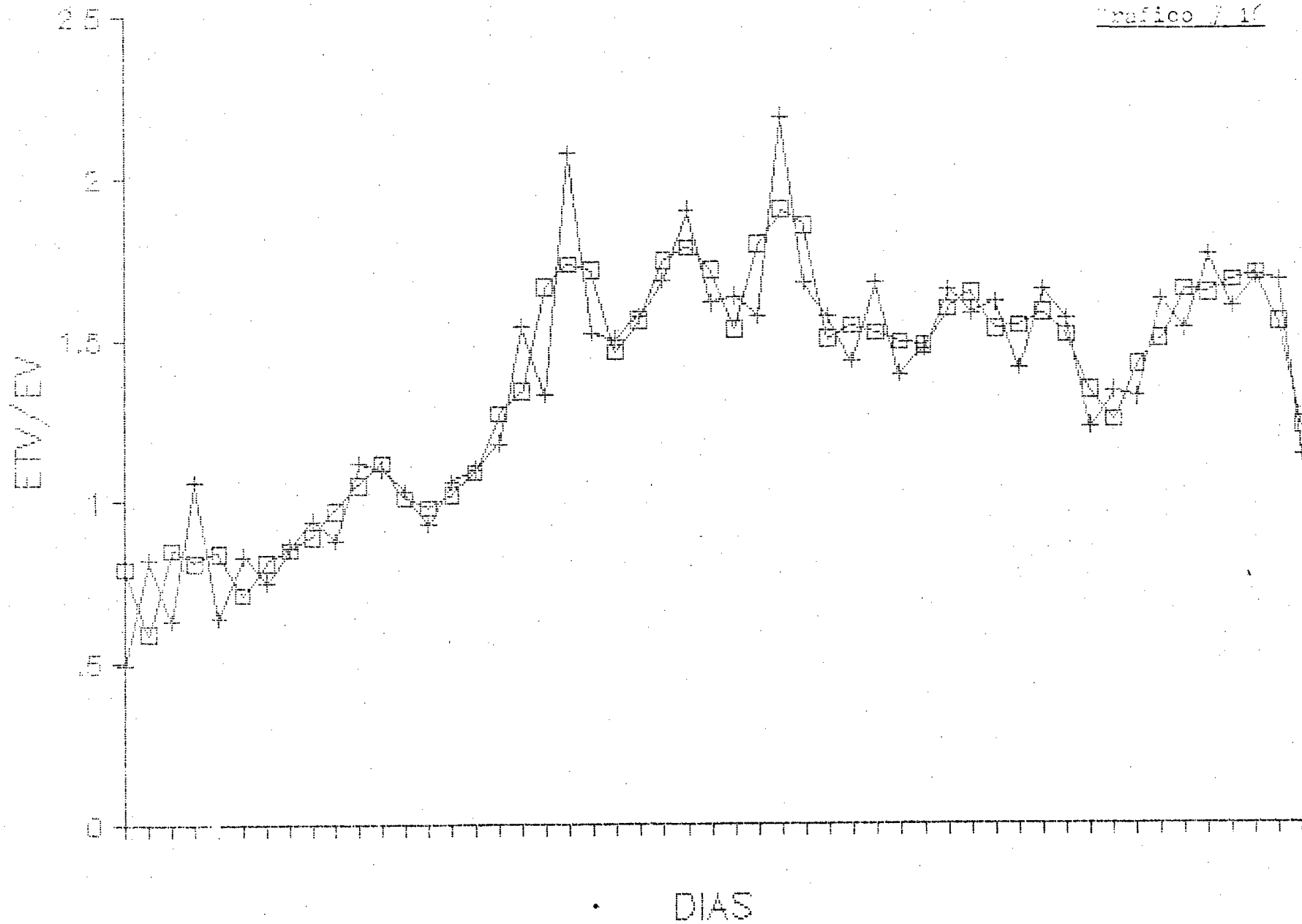


TABLA No 20

COEFICIENTE	
DE CULTIVO	
CORTE	LISI 4
1!	1.2!
2!	1.0!
3!	0.8!
4!	0.8!
5!	0.7!
6!	0.7!
7!	0.6!
8!	7.0!
9!	0.8!
10!	0.9!
11!	1.0!
12!	1.1!
13!	1.0!
14	1.26!
15!	1.55!
16!	1.52!
17!	1.3!

TABLA No  
(continuacion)

---

COEFICIENTE DE CULTIVO

---

CORTE	LISI 4
18!	1.39!
19!	1.42!
20!	1.58!
21!	1.76!
22!	1.81!
23!	1.49!
24!	1.52!
25!	1.57!
26!	1.61!
27!	1.45!
28!	1.5!
29!	1.66!
30!	1.78!
31!	1.73!
32!	1.58!
33!	1.49!
34!	1.44!

---

TABLA No  
(continuacion)

---

COEFICIENTE DE CULTIVO

---

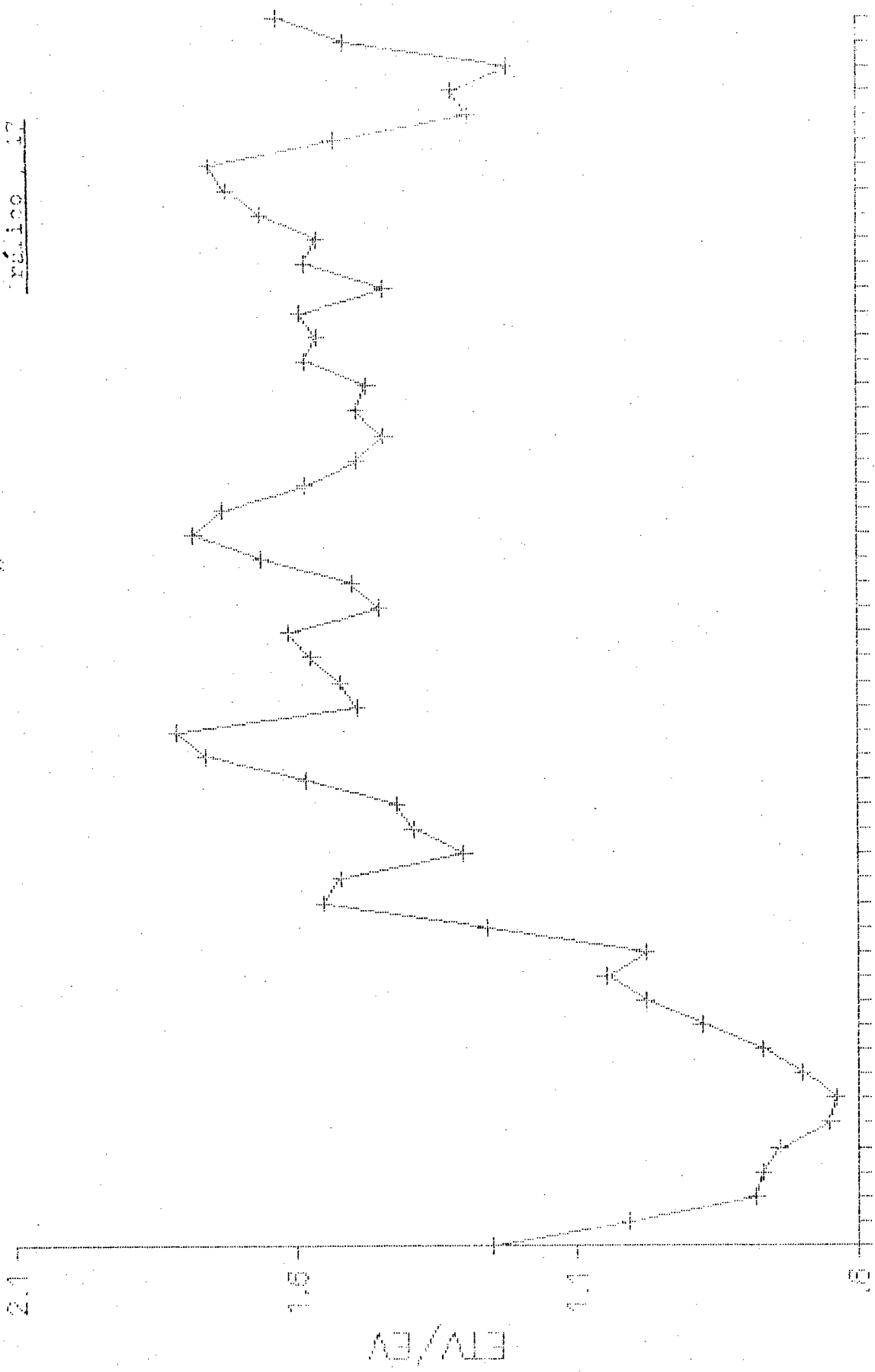
CORTE	LISI 4
35!	1.49!
36!	1.47!
37!	1.58!
38!	1.56!
39!	1.59!
40!	1.44!
41!	1.58!
42!	1.56!
43!	1.66!
44!	1.72!
45!	1.75!
46!	1.53!
47!	1.29!
48!	1.32!
49!	1.22!
50!	1.51!
51!	1.23!

---

# PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO

LISIMETRO # 4

Gráfico 17



DIAS

TABLA No 21

COEFICIENTE DE CULTIVO		
CORTE	PROMEDIO	AJUSTADOS 1, 3 Y 4
1!	0.9!	1.0
2!	0.8!	0.8
3!	0.8!	0.7
4!	0.7!	0.7
5!	0.7!	0.7
6!	0.7!	0.7
7!	0.7!	0.8
8!	0.8!	0.8
9!	0.8!	0.9
10!	0.9!	1.0
11!	1.1!	1.1
12!	1.0!	1.1
13!	1.0!	1.1
14	1.07!	1.11
15!	1.26!	1.21
16!	1.32!	1.31
17!	1.35!	1.38

TABLA No  
(continuacion)

---

COEFICIENTE DE CULTIVO

---

CORTE	PROMEDIO	AJUSTADOS 1, 3 Y 4
18!	1.43!	1.45
19!	1.55!	1.54
20!	1.62!	1.63
21!	1.69!	1.65
22!	1.64!	1.61
23!	1.49!	1.56
24!	1.52!	1.53
25!	1.57!	1.53
26!	1.59!	1.54
27!	1.46!	1.56
28!	1.62!	1.64
29!	1.78!	1.72
31!	1.56!	1.61
32!	1.47!	1.49
33!	1.45!	1.44
34!	1.42!	1.45

---

TABLA No  
(continuacion)

---

COEFICIENTE DE CULTIVO

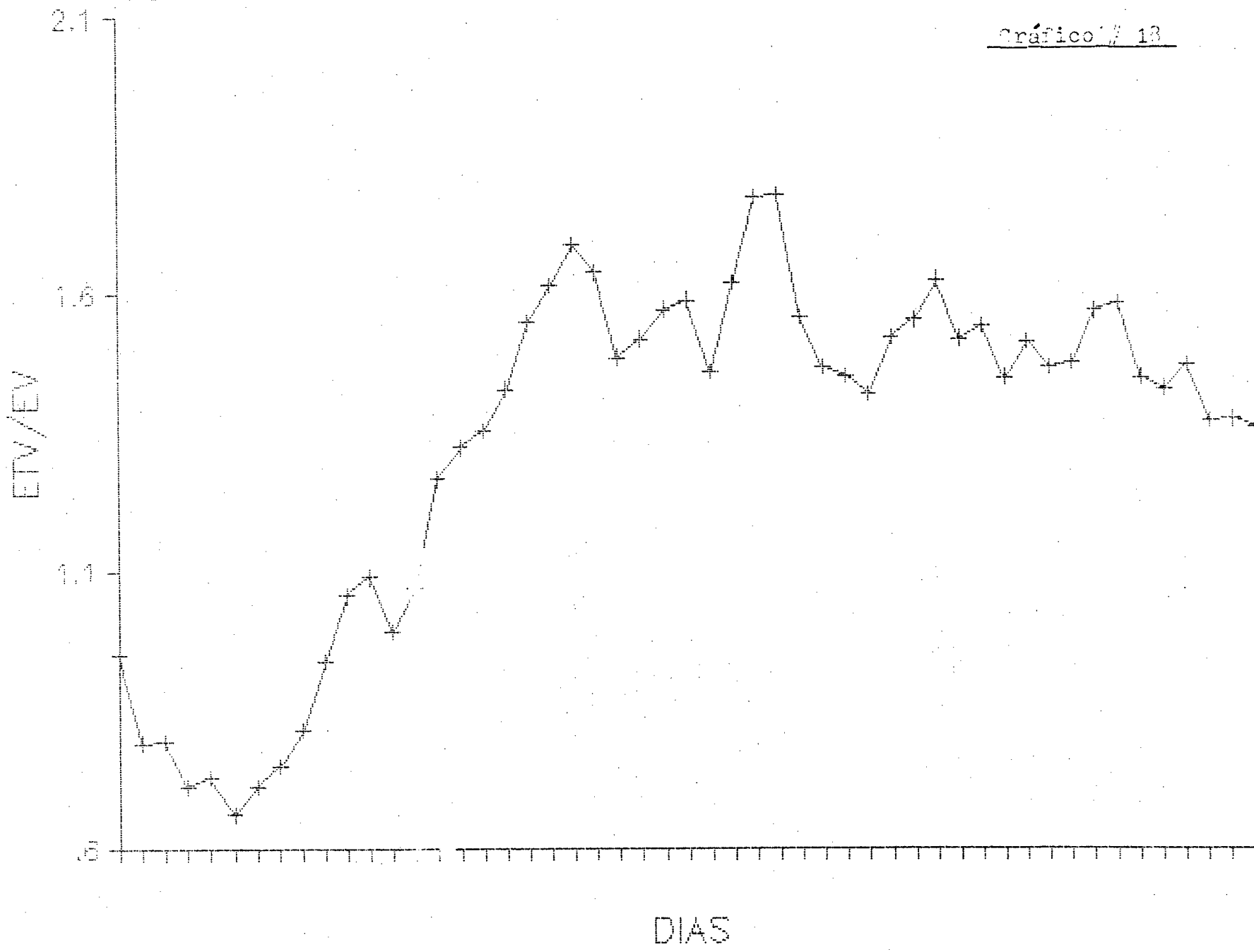
---

CORTE	PROMEDIO	AJUSTADOS
		1, 3 Y 4
35!	1.52!	1.51
36!	1.55!	1.56
37!	1.63!	1.58
38!	1.52!	1.56
39!	1.54!	1.52
40!	1.45!	1.49
41!	1.51!	1.48
42!	1.47!	1.48
43!	1.47!	1.51
44!	1.57!	1.55
45!	1.58!	1.57
46!	1.57!	1.54
47!	1.43!	1.48
48!	1.47!	1.5
49!	1.37!	1.44
50!	1.37!	1.32
51!	1.36!	1.15

---

# PROMEDIO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO

Gráfico # 13

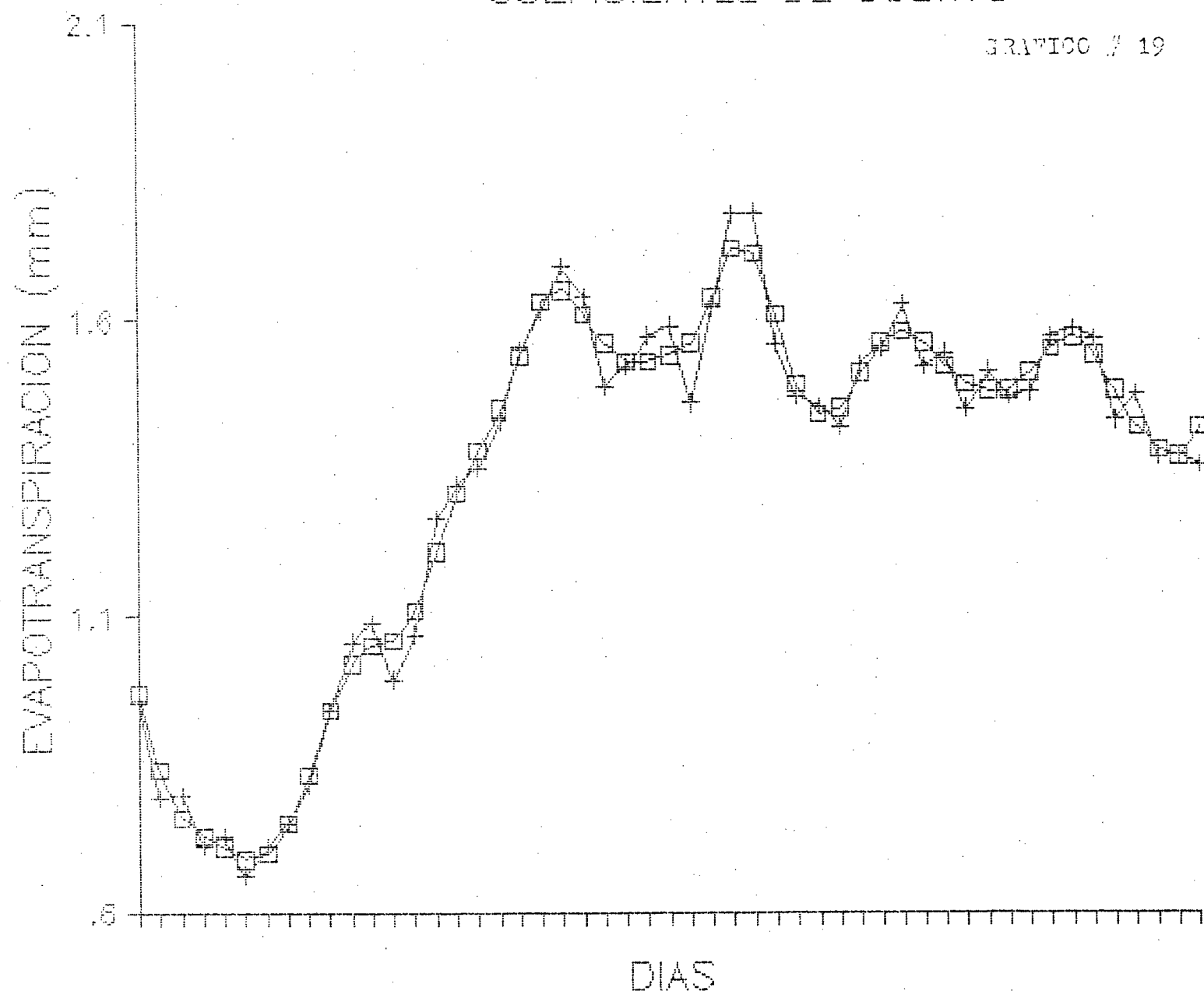


# AJUSTE TEORICO DE LOS $K_c$

## COEFICIENTES DE CULTIVO

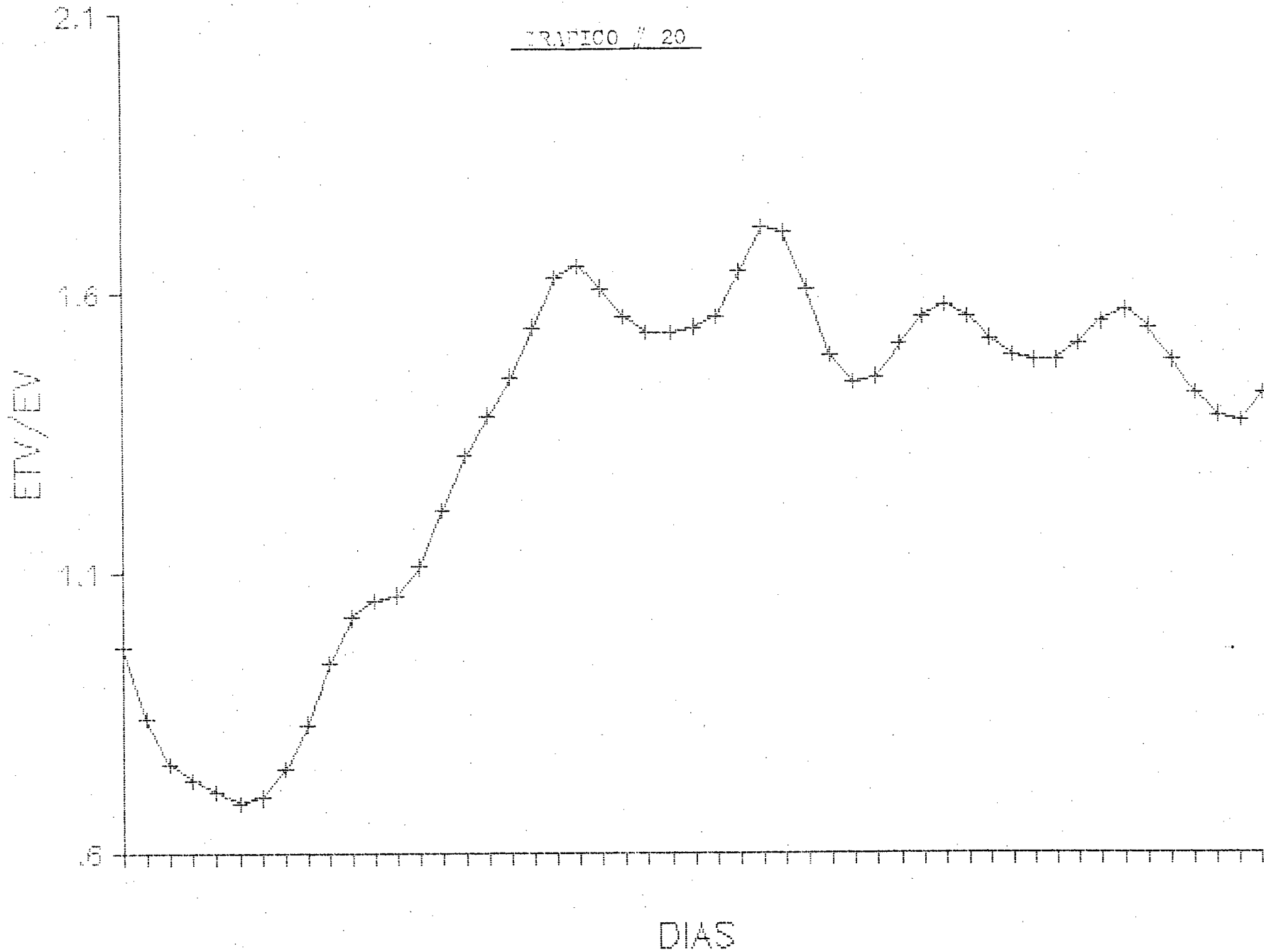
GRAFICO # 19

—+— REALES  
—□— AJUSTADOS



# AJUSTE TEORICO DE LOS COEFICIENTES DE CULTIVO

GRAFICO # 20



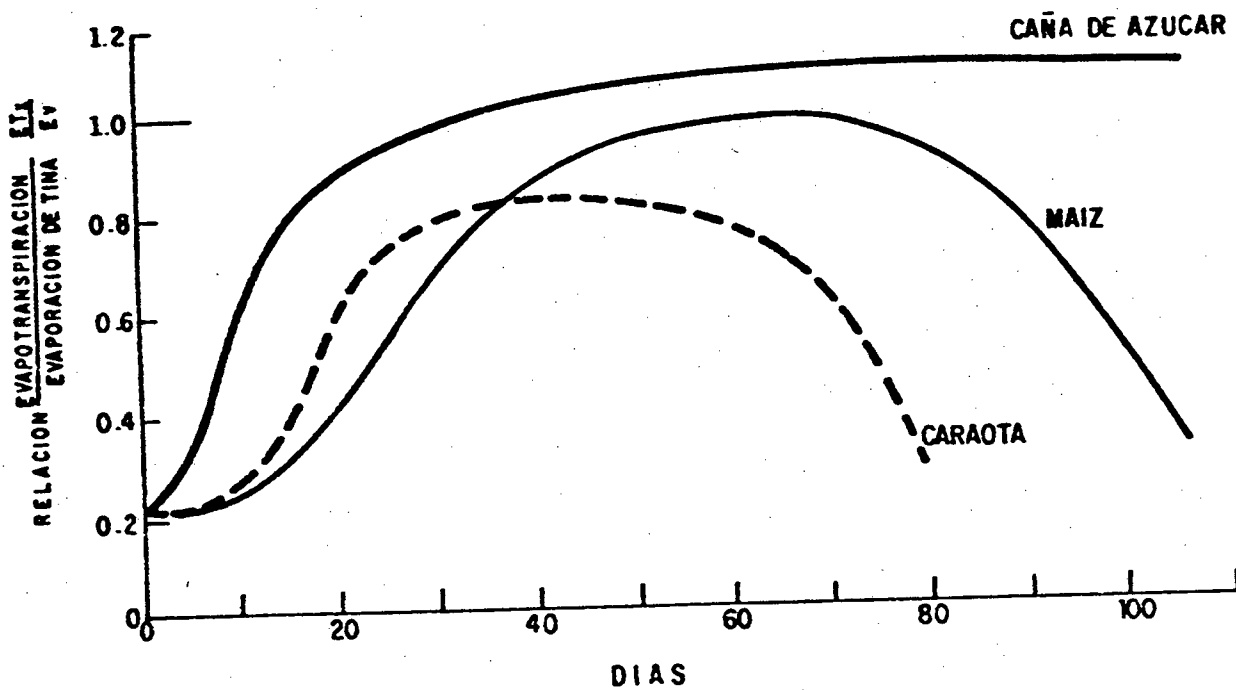


Figura 11. Variación estacional de la relación  $ET_x$  en tres cultivos de diferente densidad foliar y altura.

**ANALISIS DE RESULTADOS  
Y CONCLUSIONES**

## ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Según la interpretación de los resultados obtenidos se hizo posible determinar:

1.- Con respecto a la distribución de la evapotranspiración diaria (Graficos No 1 ) se verifica el comportamiento del pasto durante un corte como el correspondiente al desarrollo de una planta de ciclo corto. A pesar que el pasto Pangola es perenne, (fig. No 12) en el lapso comprendido de un corte (56 días) experimenta un conjunto de cambios morfo-fisiológicos caracterizados por las fases de desarrollo que se muestran en la figura No 13, en la cual existen dos etapas definidas; en primer lugar por el aumento de evapotranspiración hasta alcanzar un máximo, a partir del cual se inicia la segunda etapa descenso de la evapotranspiración.

Este comportamiento fué verificado en la determinación de la razón ETP/EV (gráfico No 20 ) si se compara con la figura No 11 ya que presenta la misma tendencia de un cultivo de desarrollo de ciclo corto

De la distribución de ETP/ETV se constató la variación del coeficiente de cultivo con las diferentes fases de desarrollo del mismo, encontrándose que este alcanza un máximo a los 20 días con un pequeño descenso hasta la fecha de corte.

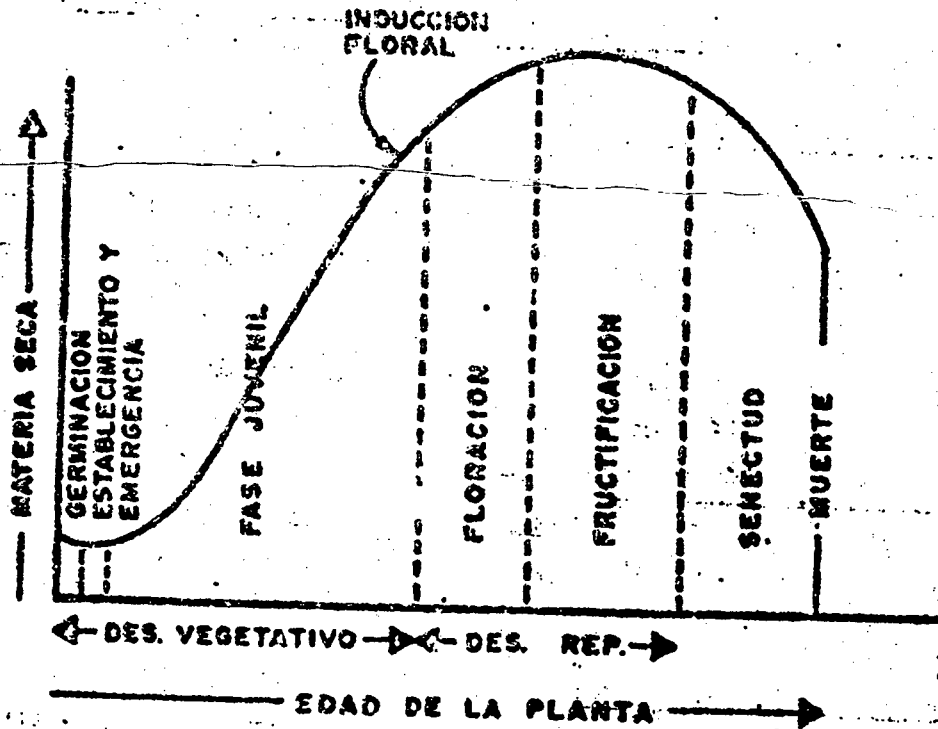
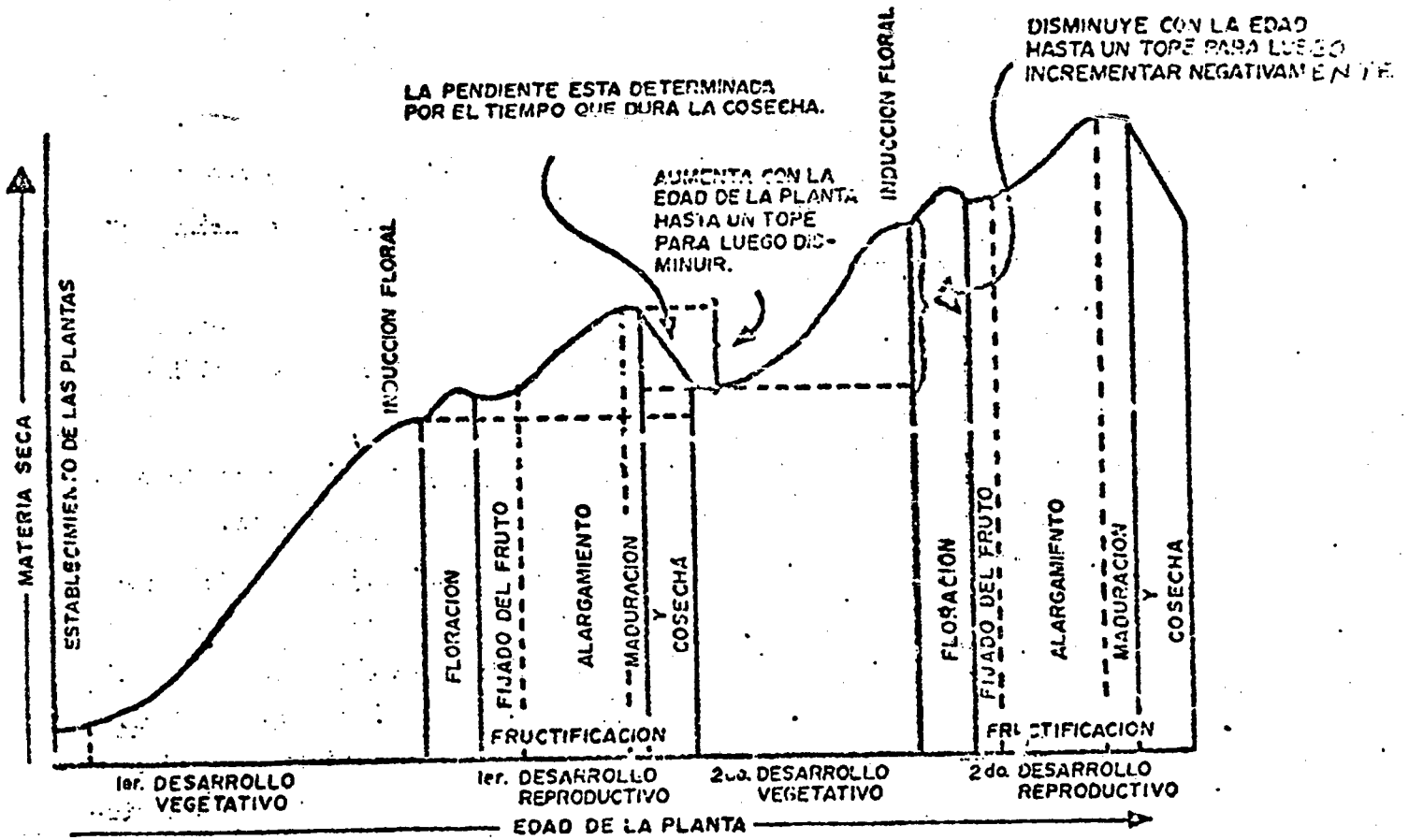


FIG. 2 FASES DEL DESARROLLO DE UNA PLANTA ANUAL



FASES DEL DESARROLLO DE UN FRUTAL

2.- La correlación múltiple que se estableció entre ETR/ETM y Y/YM (Tabla No 14 ) demostró que existía una buena correlación ya que el coeficiente de correlación obtenido fué de  $r=0.8214$  lo cual significa que existe un alto grado de dependencia entre ambos factores (evapotranspiración potencial y producción) estableciéndose una ecuación polinómica de la forma:

$$! \text{-----} !$$

$$! \quad Y/YM = (ET1/ETM)^{3.5} + (ET2/ETM)^{1.5} + C \quad !$$

$$\text{-----}$$

Con el propósito de verificar la validez de la ecuación de regresión se realizó el test de hipótesis de Fisher, obteniendo un valor para la F calculada de 6.92 y el teórico  $F(.05,2,8) = 5.23$ , dando como resultado que la evapotranspiración después del punto máximo no tiene ningún peso en la correlación, por lo cual la ecuación definitiva se rá de la forma:

$$Y/Ym = (ET1/ETm)^{3.5} + C,$$

$$C_1 = 0.2$$

$$A = 2.16$$

El coeficiente de correlación obtenido fué  $r = .82$ .

Ver tabla (No 18 )

3.- De la comparación de las regresiones lineal múltiple (de las 3 fases y 2 fases), se obtuvieron los siguientes resultados:

- a) Dos etapas  $r=0.8$
- b) Tres etapas  $r=0.48$

Los resultados anteriores implican que la ecuación de regresión definitiva debe ser dividiendo la evapotranspiración en dos partes.

Para la realización del análisis definitivo es importante hacer notar que la ecuación de regresión se obtuvo para 56 días de corte (datos suministrados del experimento) Sin embargo al apreciar el gráfico (No ) es posible determinar una anomalía a partir de los 51 días ya que la evapotranspiración comienza a ascender; lo cual fisiológicamente en el desarrollo de una planta no es posible, esto hace suponer que existe un desfase entre las fechas de corte, no pudiendo ser constatado por las personas que realizaron el experimento debido a la antigüedad del mismo (ver figuras No 25-26).

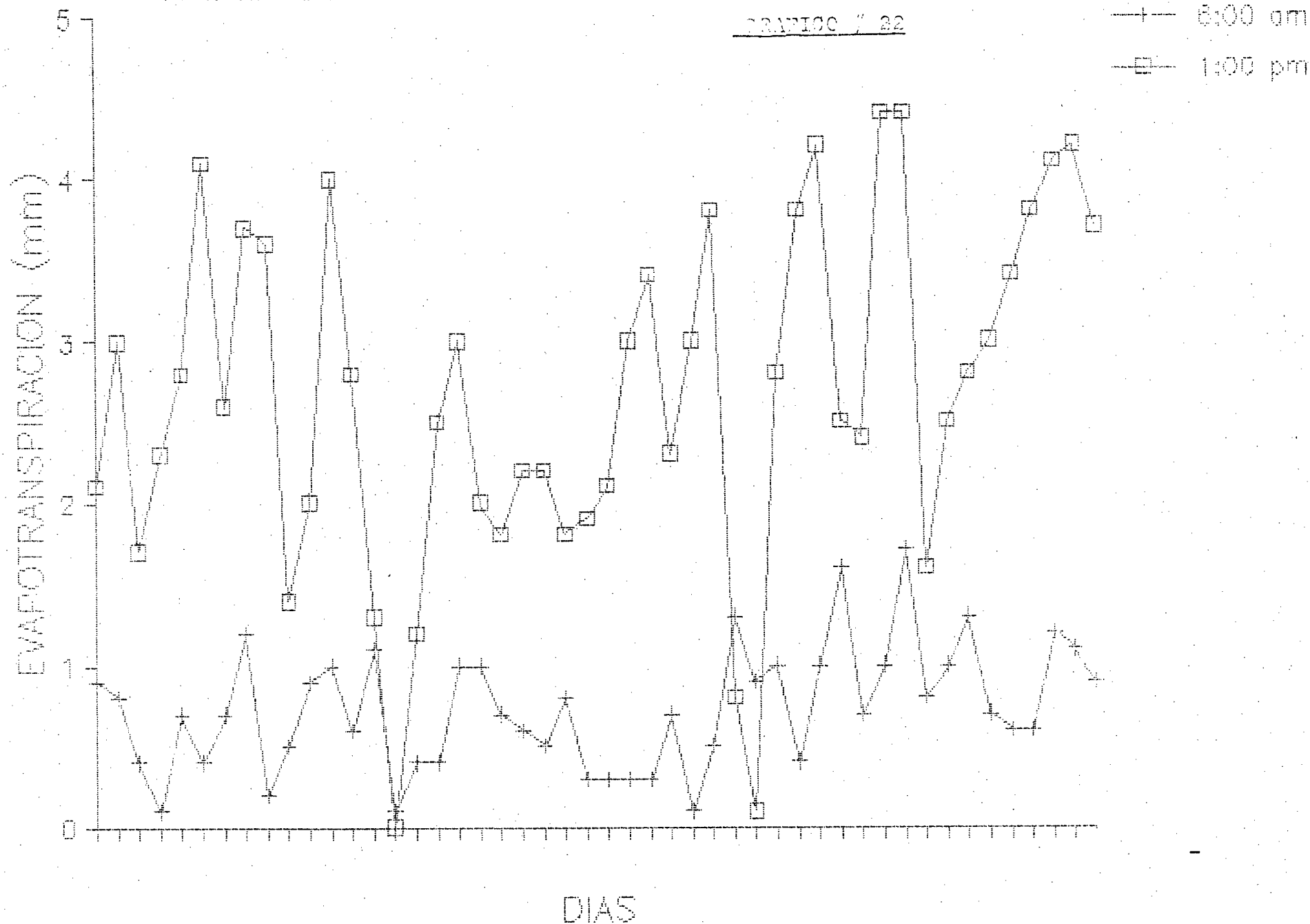
Motivado a que la evapotranspiración de la segunda etapa no influye en el rendimiento es posible asegurar que los efectos no serán significativos.

4.- El gráfico No describe el comportamiento de la evapotranspiración diaria para la época de sequía determinándose que el mayor valor de la evapotranspiración ocurre de 6:00 a.m. a 1:00 pm y la mínima a 6:30 pm a 6:00 am; pudiendo ser explicado, ya que los estomas responden inmediatamente a las variaciones del fotoperíodo (ver figuras No 22-23-24).

5.- El modelo desarrollado es muy sencillo de utilizarse, ya que se puede determinar la producción sin la realización del balance hídrico.

# VARIACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION

GRAFICO N° 22

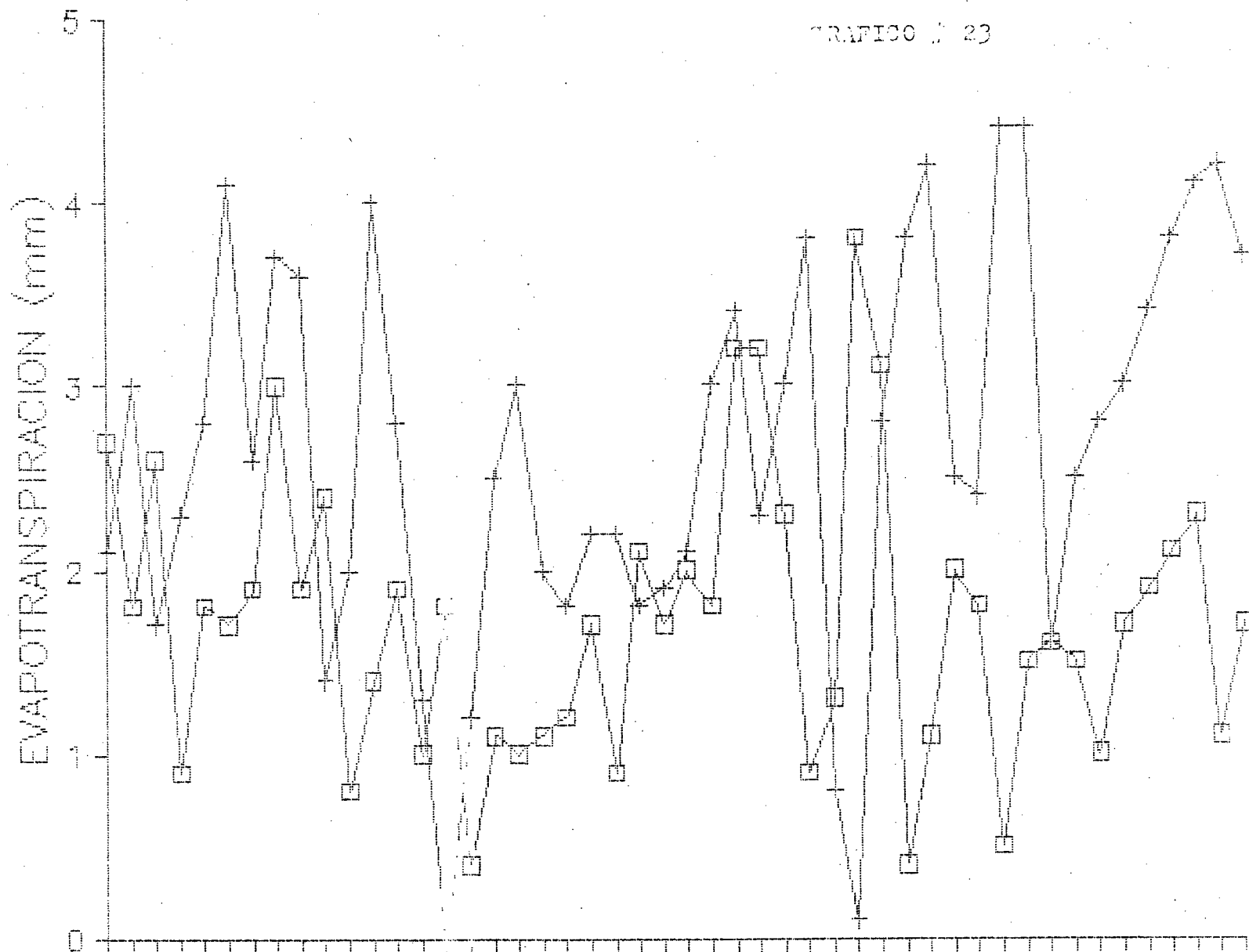


# VARIACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION

GRAFICO N. 23

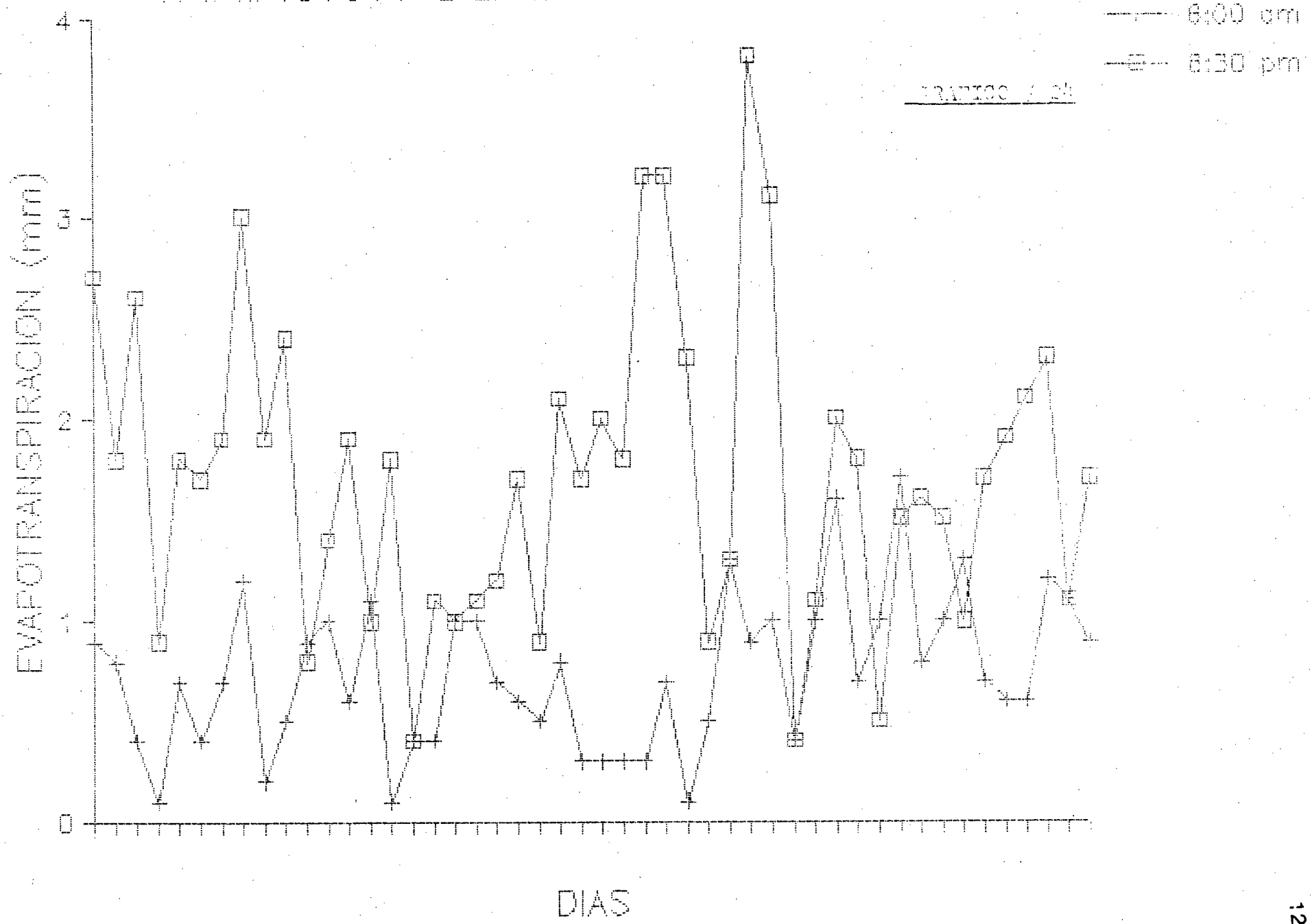
—+— 1:00 pm

—□— 6:30 pm



DIAS

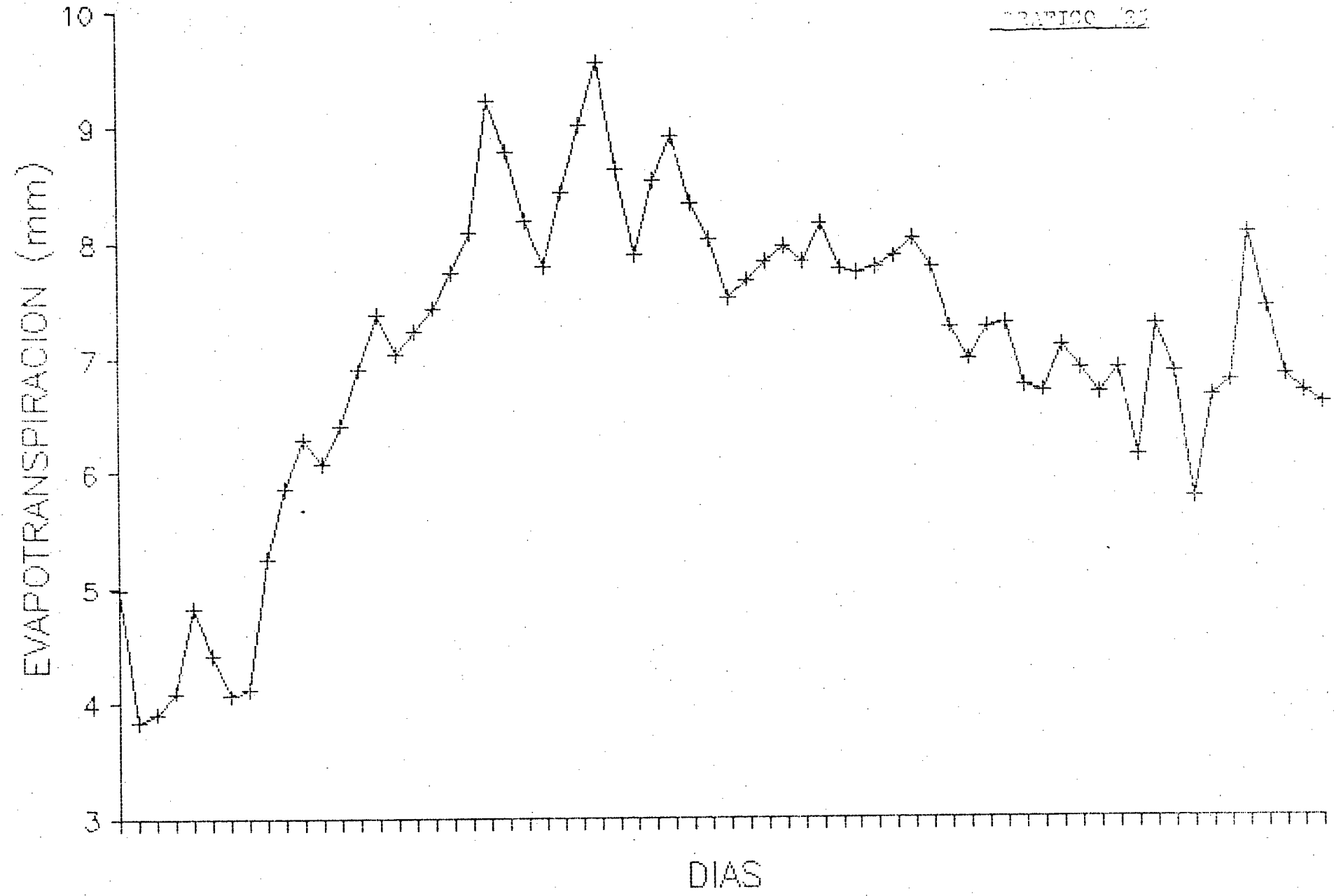
# VARIACION DE LA EVAPOTRANSPIRACION



# DISTRIBUCION DE LA ET DIARIA

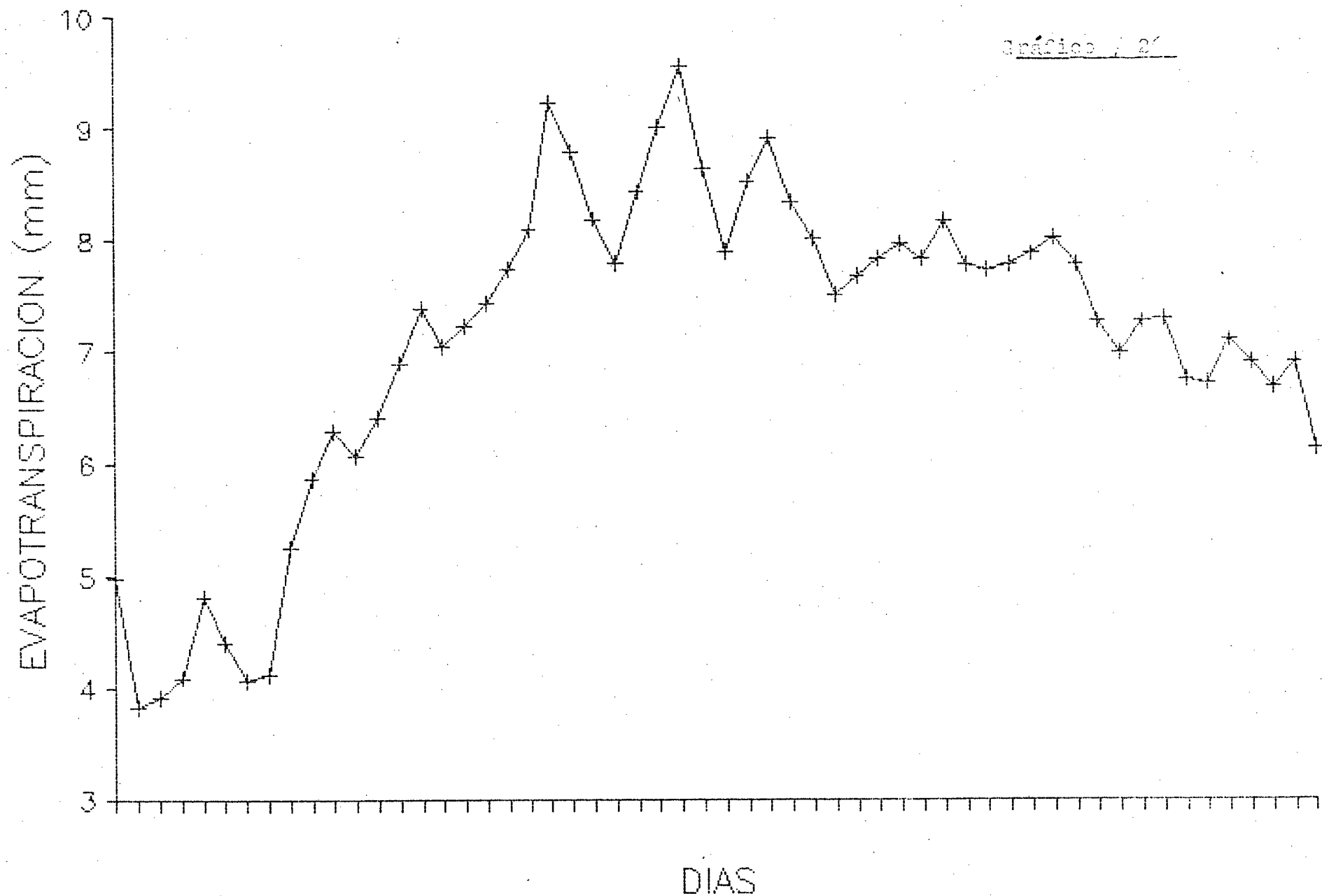
## EDAD DE CORTE 56 DIAS

GRAFICO 129



# DISTRIBUCION DE LA ET DIARIA

## EDAD DE CORTE 56 DIAS



**RECOMENDACIONES**

### RECOMENDACIONES

1.- Es aconsejable realizar el balance hídrico y encontrar un modelo con ETR, para detectar los errores que se cometen al trabajar el modelo con la evapotranspiración potencial.

2.- A fin de optimizar la distribución del riego es necesario encontrar con mayor precisión el punto a partir del cual los déficit hídricos pierden importancia para la producción.

3.- Realizar una revisión bibliográfica de trabajos publicados en el exterior a fin de corroborar los resultados.

4.- Se debe implementar un modelo de simulación de crecimiento de cultivo, que permita comparar resultados con el modelo presentado en la investigación.

5.- Se recomienda la validación del modelo obtenido con datos de producción de una zona.

6.- Es necesario la realización de análisis de costos con el objetivo de obtener una relación evapotranspiración - beneficio

7.- Es necesario que en el País se fomente la realización de estudios que permitan la elaboración de técnicas y modelos para simular la respuesta de los cultivos a los diversos factores ambientales.

**GLOSARIO**

## GLOSARIO

### AGUA APROVECHABLE

Es la humedad que se encuentra entre el máximo contenido de humedad de un suelo (capacidad de campo) y el mínimo contenido de humedad de dicho suelo (Punto de Marchitez permanente) y que supuestamente está disponible para las plantas. El clima, la planta y el suelo juntamente son los elementos que determinan la disponibilidad de agua o no en el suelo.

### BALANCE HIDRICO DE LA PLANTA

Es la diferencia entre la intensidad de absorción y la intensidad de transpiración. Cuando la transpiración es mayor que la absorción se crea un déficit hídrico ya que la planta pierde más agua de la que ella es capaz de absorber.

### CALOR LATENTE

La vaporización de 1 cm<sup>3</sup> (1 gr) de agua absorbe aproximadamente 580 calorías.

### CAPACIDAD DE CAMPO

Porcentaje del contenido de agua de un suelo cuando dicho suelo contiene todo el agua (no gravitacional) que el puede retener.

### CELULOSA

Carbohidrato organizado en forma de fibras, compuesto de muchas unidades de glucosa unidas entre sí y que son insolubles en agua. La celulosa es el principal constituyente de la mayoría de las paredes celulares.

### CLOROPLASTO

Organelo (estructura interna de la célula) lugar preciso donde se realiza la fotosíntesis.

### CRECIMIENTO

Aumento irreversible de tamaño en términos de peso seco, peso fresco volumen y número de células.

### DESARROLLO

Conjunto de cambios morfo-fisiológico que sufre una planta desde el momento que se forma el cigote hasta que se muere.

### CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

Es el factor de proporcionalidad de la Ley de Darcy cuando esta es aplicada al flujo viscoso de agua en el suelo es decir es el flujo de agua por unidad de gradiente de potencial hidráulico.

#### CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

Es la cantidad de agua que puede ser eliminada de un suelo al llevarlo a 105 °C (estufa) hasta peso constante.

Esta cantidad de agua por unidad de peso de suelo seco o como volumen de agua por unidad de volumen de suelo total.

#### DEFICIT HIDRICO

Es la condición hídrica en la cual hay un desfase entre absorción y transpiración, la planta tiene menos agua que la que podría tener, lo cual usualmente disminuye su crecimiento.

#### DIFERENCIACION

Proceso de especialización de las funciones de las células que forman sistemas de tejidos, órganos y organismos con características anatómicas, morfológicas y fisiológicas particulares

#### DIGITARIA

Hierbas blandas de inflorescencia formada por delgados racimos digitados o reunidos hacia el final del eje.

### ESTOMA

Par de células de guarda y su poro cerrable entre ellas que se encuentra en la epidermis de las partes aéreas de las plantas vasculares: hojas, tallos, flores etc. A través del poro u ostiolo se establece un intercambio de gases ( $CO_2$ ,  $O_2$  y vapor de agua) entre la planta y el medio que lo rodea.

### EVAPORACION

Es el proceso físico por el cual el agua de un cuerpo terrestre experimenta un cambio de fase, de líquido a gas, y es transferido a la atmósfera circundante.

### EVAPOTRANSPIRACION

Es la evaporación simultánea desde un suelo cubierto de vegetación y desde los tejidos de las plantas principalmente hojas.

Ocurre evaporación cuando existe:

- a) Energía para cambiar la fase líquida a gaseosa
- b) Capacidad en la atmósfera para albergar el vapor desprendido de la superficie
- c) Remoción del vapor acumulado por la superficie.

### MARCHITEZ

Pérdida del turgor por las hojas o tallos debido a la pérdida de agua. Se presenta cuando predomina la pérdida sobre la absorción del agua se visualiza cuando las hojas lucen tristes.

### MARCHITEZ PERMANENTE

Es la marchitez que se presenta a toda hora del día es debida a la poca humedad que contiene el suelo

### MARCHITEZ TEMPORAL

Es la marchitez que se presenta cuando existiendo abundante agua en el suelo, la alta radiación y temperatura ocasionan una gran pérdida de agua en la parte aérea. Se presenta en horas del mediodía.

### PESO SECO

Es el peso constante de material vegetal o suelo después que todo el contenido de agua ha sido evaporado por el calor

### PLANTAS DE CICLO CORTO

Caracterizadas porque su ciclo de vida se completa en periodos de tiempo relativamente cortos, pueden ser bianuales, anuales, o de ciclo más corto aún.

## FOTOSINTESIS

FOTO: significa luz

SINTESIS: corresponde a reunir

La fotosíntesis se efectúa básicamente a partir de las materias primas: bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua en presencia de energía radiante. Los productos iniciales de esta reacción son carbohidratos (azúcares) y oxígeno.

## INTENSIDAD RELATIVA DE TRANSPIRACION

Es la cantidad de agua transpirada en una condición dada en relación a la máxima capacidad de transpiración que tiene dicha planta. La intensidad relativa de transpiración es un cociente y será cien por ciento cuando la cantidad de agua transpirada en una condición dada y la máxima son iguales y, menor del cien por ciento cuando hay diferencias entre estas dos condiciones.

## LISIMETRO

Son aparatos destinados a medir la evaporación de agua en un suelo cultivado. Los hay de diferentes diseños y grados de complejidad.

### PLANTAS DE CICLO LARGO

Caracterizadas por una larga vida que puede extenderse hasta muchos años, son las plantas conocidas como perennes.

### PORCENTAJE DE HUMEDAD

\* La humedad expresada en porcentaje, retenida por un suelo anteriormente humedecida cuando está en equilibrio con una membrana sometida a una presión de 15 atmósferas.

### RIEGO

Aplicación artificial de agua al terreno para suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

### SEQUIA FISIOLÓGICA

Es la imposibilidad de absorber agua por parte de las raíces, aún cuando esta sea abundante alrededor de ellas. La falta de oxígeno por exceso de agua ocasiona cambios en la permeabilidad de las membranas celulares aumentando la resistencia al flujo de agua, además el metabolismo del citoplasma también cambia, reduciéndose como consecuencia la absorción iónica.

### SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Conjunto coherente y específico de relaciones sociales y técnicas de producción.

## TURGIDO

Es la máxima capacidad que tiene una célula de absorber agua (la vacuola está totalmente llena), la célula no se puede expandir más para admitir agua. La turgidez es necesaria para el mantenimiento de forma y soporte mecánico de las partes suculentas de las plantas, tales como hojas, flores, tallos jóvenes; también es necesaria para el alargamiento celular, apertura y cierre estomático y de partes florales.

**BIBLIOGRAFIA**

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Abreu, E. "Modelo de Simulación Estocástico de Balance Hídrico y Producción de Cultivos". U.S.B. Mayo 1985.
- 2.- Andrade, R.G. y de Moraes C.L. "Contribución al Estudio del valor Nutritivo del pasto Pangola (D.d. Stent)". Anuales de IX Congreso Internacional sobre Pastura. Brazil 1965.
- 3.- Arias, Pfo. "Efecto de Nivel de Nitrógeno y de su Tiempo de Aplicación sobre Índices de Rendimiento, Persistencia y Valor Nutritivo del Forraje en dos Representante del Género Digitaria". U.C.V. Facultad de Agronomía Instituto de Producción Animal-Sección de Forraje. Maracay 1982.
- 4.- Arias, Pfo. "El Manejo de Pastizales". U.C.V. Facultad de Agronomía Instituto de Producción Animal-Sección de Forraje Maracay 1981.

- 5.- Arias, Pfo. "Estimaciones de la biomasa de lo no Establecido en Experimento de plantas Forrajeras Tropicales". U.C.V. Facultad de Agronomía. Jornadas Agronómicas (Ceniap). Maracay 1978.
- 6.- Arias, Pfo. "Nuevos Datos sobre la Distribución del Rendimiento de Forraje en la Zona Central". Jornadas Agronómicas. Maracay 1978.
- 7.- Arias, Pfo. "El comportamiento despues de Corte de Plantas Forrajeras". U.C.V. Facultad Agronomía. Instituto de Producción Animal Sección Forraje. Maracay 1978.
- 8.- Baier, Wolfgang "Crop-Weather Analysis Model Review and Model Development JAppl Meteor 12 pp 937-947", 1973
- 9.- Bernal, Javier "Manual de Pastos y Forrajes". Junta del Acuerdo de Cartagena, Abril 1986
- 10.- Chacón E. Rodríguez S. y Chicco C. "Agronomía Tropical". (1971)

- 11.- Chacón , R "Estudio de la Digestibilidad de los Pastos en Venezuela IV ( Valor Nutritivo del Pasto Pangola (D.d) en varios estados de crecimiento)."  
Agronomía Tropical pp 57-64,(1962)
- 12.- Chase Agnes, "Primer Libro de las Gramíneas la estructura de las gramíneas", (1972)
- 13.- Corado, Manuel J. "Rendimiento de materia seca y elementos minerales de cinco especies forrajeras tropicales cultivadas en suelo axisol de sabana". UDO, (1981)
- 14.- Draper Norman, Harry Smith "Applied Regression Analysis Second".  
Edition New York, 1976.
- 15.- Duthil, Jean. "Producción de Forrajes ".  
pp 55-327 1976.
- 16.- F.A.O. "Piensos Tropicales resúmenes informativos sobre piensos y valores nutritivos" Roma 1982.
- 17.- F.A.O. "Piensos Tropicales Producción y Sanidad Animal". Roma No 12, (1982)

- 18.- F.A.O. "Cultivos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 1979.
- 19.- F.A.O. "Pronóstico de cosechas basado en datos agronometeorológicos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1980.
- 20.- Garrido, O Arias "Crecimiento del Pasto Estrella y Pasto Pangola". Anuales de IX Congreso Internacional de Pastura en Brazil, (1965).
- 21.- Grassi, C.J. "Estimación de los Usos Consuntivos de Agua y requerimientos de Riego con fines de Formulación de diseños y proyectos". Cidiat. Mérida, 1975
- 22.- Gutierrez, Omar. "Introducción a la Evaporación y evapotranspiración". CIDIAT Mérida (1975)
- 23.- James, B. "Utilización Intensiva de Pasturas". Centro Regional de ayuda técnica (1971).
- 24.- Geological Survey Water-Supply "Double-Mass Curves". Washington 1960.

- 18.- F.A.O. "Cultivos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, 1979.
- 19.- F.A.O. "Pronóstico de cosechas basado en datos agrometeorológicos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, 1980.
- 20.- Garrido, O Arias "Crecimiento del Pasto Estrella y Pasto Pangola". Anuales de IX Congreso Internacional de Pastura en Brazil;(1965).
- 21.- Grassi, C.J. "Estimación de los Usos Consuntivos de Agua y requerimientos de Riego con fines de Formulación de diseños y proyectos"  
Cidiat. Mérida, 1975
- 22.- Gutierrez, Omar. "Introducción a la Evaporación y evapotranspiración". CIDIAT Mérida (1975)
- 23.- James, B. "Utilización Intensiva de Pasturas".  
Centro Regional de ayuda técnica (1971).
- 24.- Geological Survey Water-Supply "Double-Mass Curves".  
Washington 1960

- 25.- Israelsen, Orson W. "Principios y aplicaciones del Riego". Editorial Reverte  
Barcelona, España
- 26.- Kreyszig, Erwin "Introducción a la Estadística Matemática Principios y Métodos"  
México, 1979.
- 27.- López, Javier. "Lisfmetro". CIDIAT, 1970
- 28.- López, Javier., Matchison Kenneth "Correlación entre la evapotranspiración y la evaporación medida con algunos instrumentos meteorológicos".  
II Jornadas Venezolanas de Riego  
1966.
- 29.- Norero, Aldo. "Formulas para estimar la influencia de la humedad del suelo en la productividad de los cultivos."  
CIDIAT.Mérida,Abril 1978.
- 30.- Norero, Aldo. "Evaporación y Transpiración"  
CIDIAT Mérida, Octubre 1976
- 31.- Norero, Aldo. "Crecimiento y Desarrollo de Cultivos Anuales Bases Agrofísicas para Modelo de Simulación".CIDIAT (1983)

- 32.- Novoa R, L.G. "Estudio Comparativo de 6 Especies Forrajeras bajo dos métodos de riego a dos niveles de agotamiento de agua en Venezuela". Facultad de Agronomía Cátedra de Forrajes, 1977
- 33.- Novoa, L.G. "Rendimientos y algunos índices del valor nutritivo de clones del pasto elefante".UCV. Facultad de Agronomía (1977)
- 34.- Pla- Sentis, Ildefonso. "Relaciones Agua- Suelo- Planta". CIDIAT. Mérida, 1963
- 35.- Rojas, Eybar. "Crecimiento Desarrollo y Productividad de Cultivos I". CIDIAT. Mérida, Octubre 1976.
- 36.- Ramia, Mauricio. "Plantas de las Sabanas llaneras"
- 37.- Santiago M., Jose A. "Bases Conceptuales para el Estudio de la Agricultura. Los Sistema de Producción Agrícolas". U.C.V. Maracay, Abril 1980.
- 38.- Spedding. "Ecología de los Sistemas Agrícolas"

39.- Urdaneta J. "Comparación de diferentes Gramíneas y  
leguminosa Forrajeras en Suelos Ácidos  
de Bosque Húmedo Tropical". 7mo  
Congreso Venezolano de la Ciencia de  
Suelo, 1982.

40.- Walpole, Ronald E. "Probabilidad y Estadística para  
Ingenieros". Editorial  
Interamericana. Mexico D.F., 1982

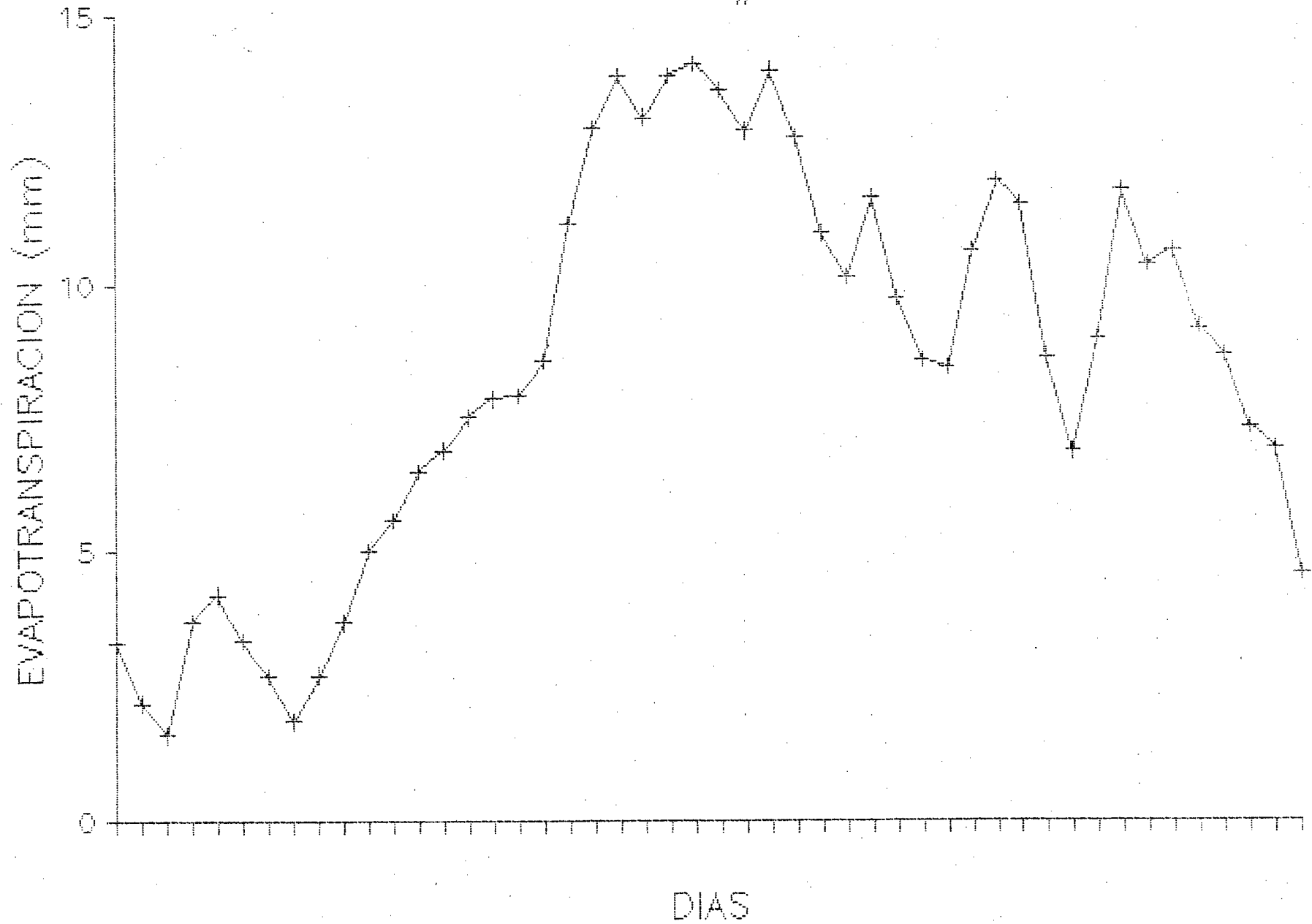
**ANEXOS**

ANEJO # 1

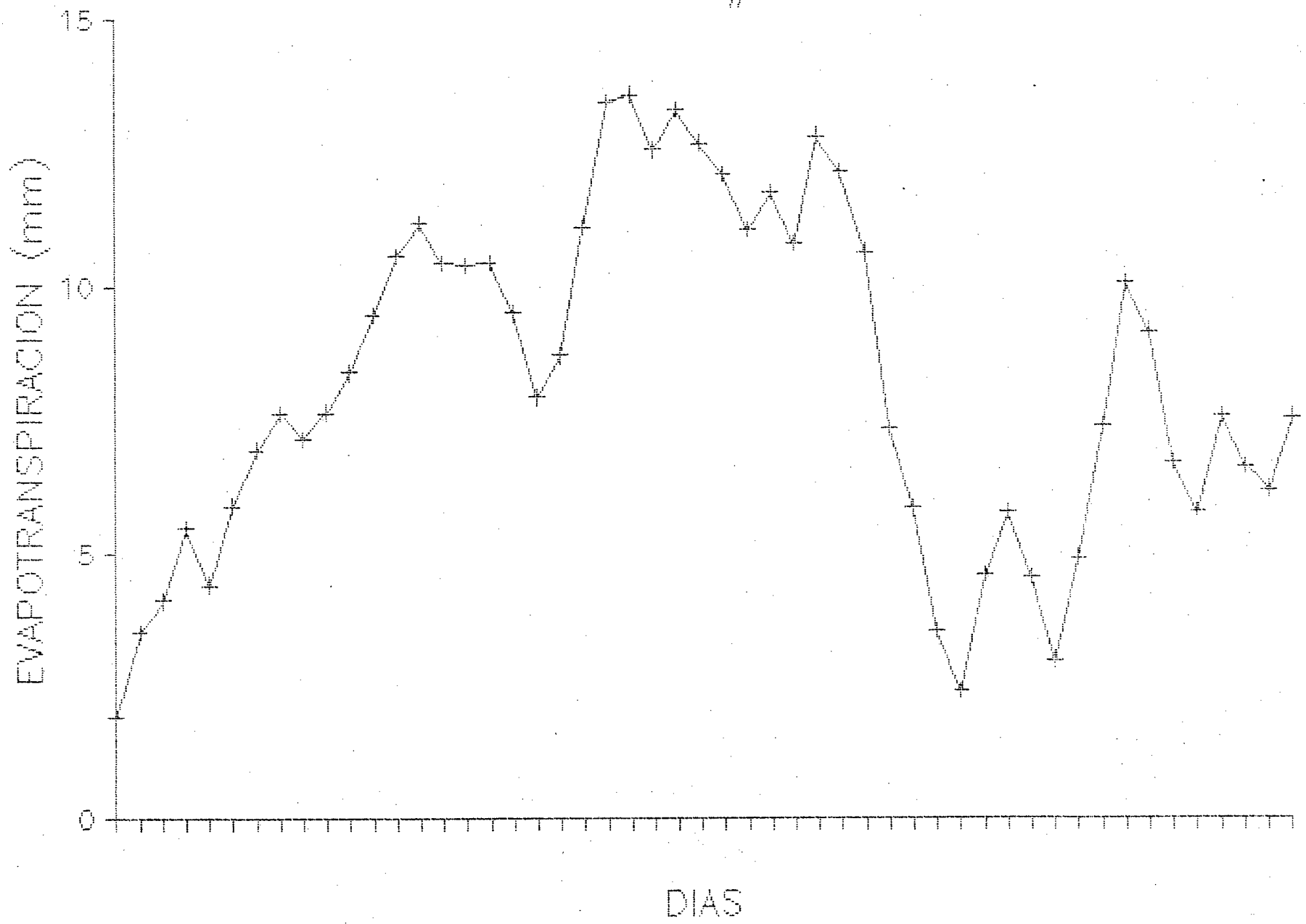
GRAFICOS DE TODOS LOS CORTES

LISIMETRO # 4

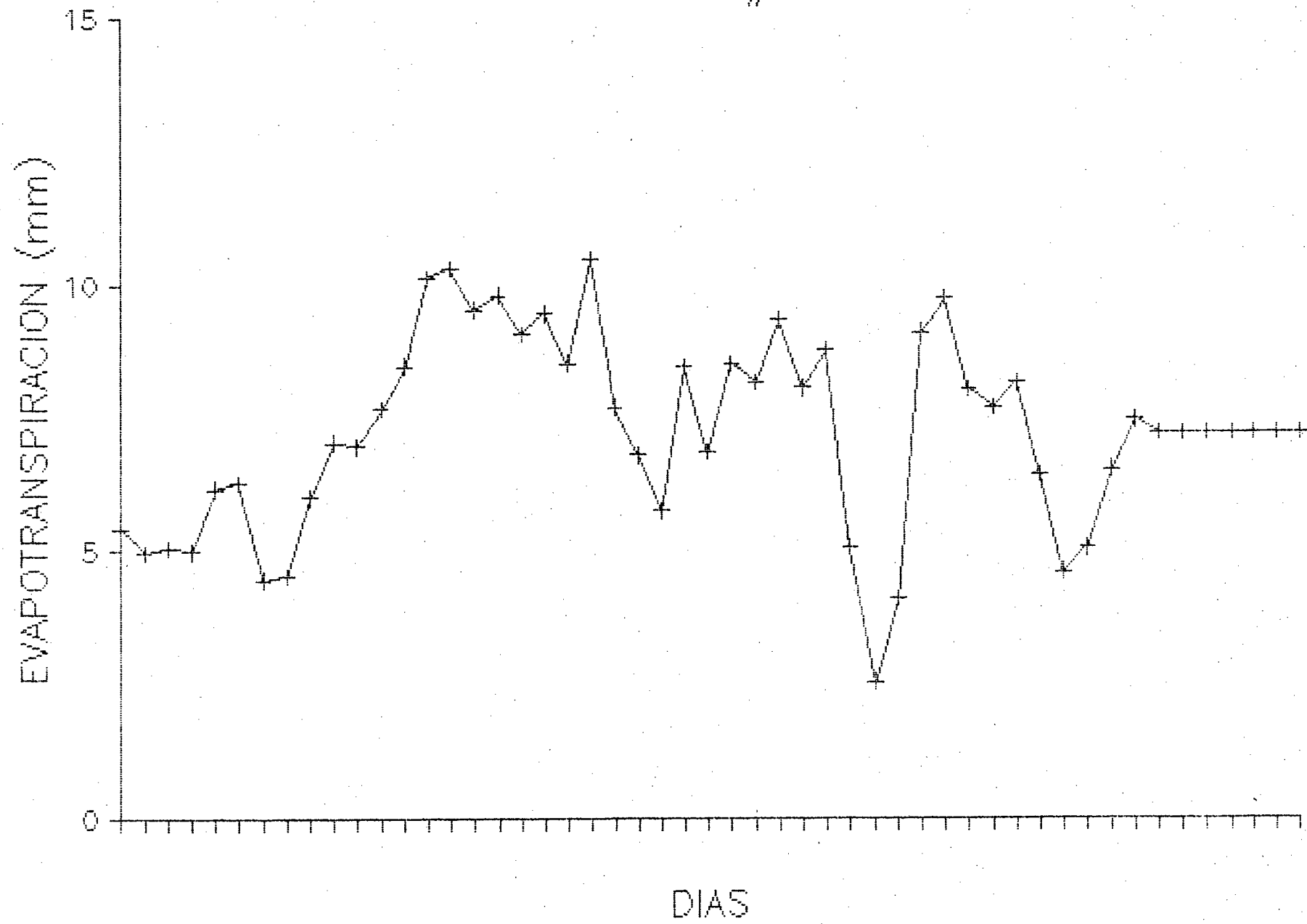
LISIMETRO # 4  
corte #1



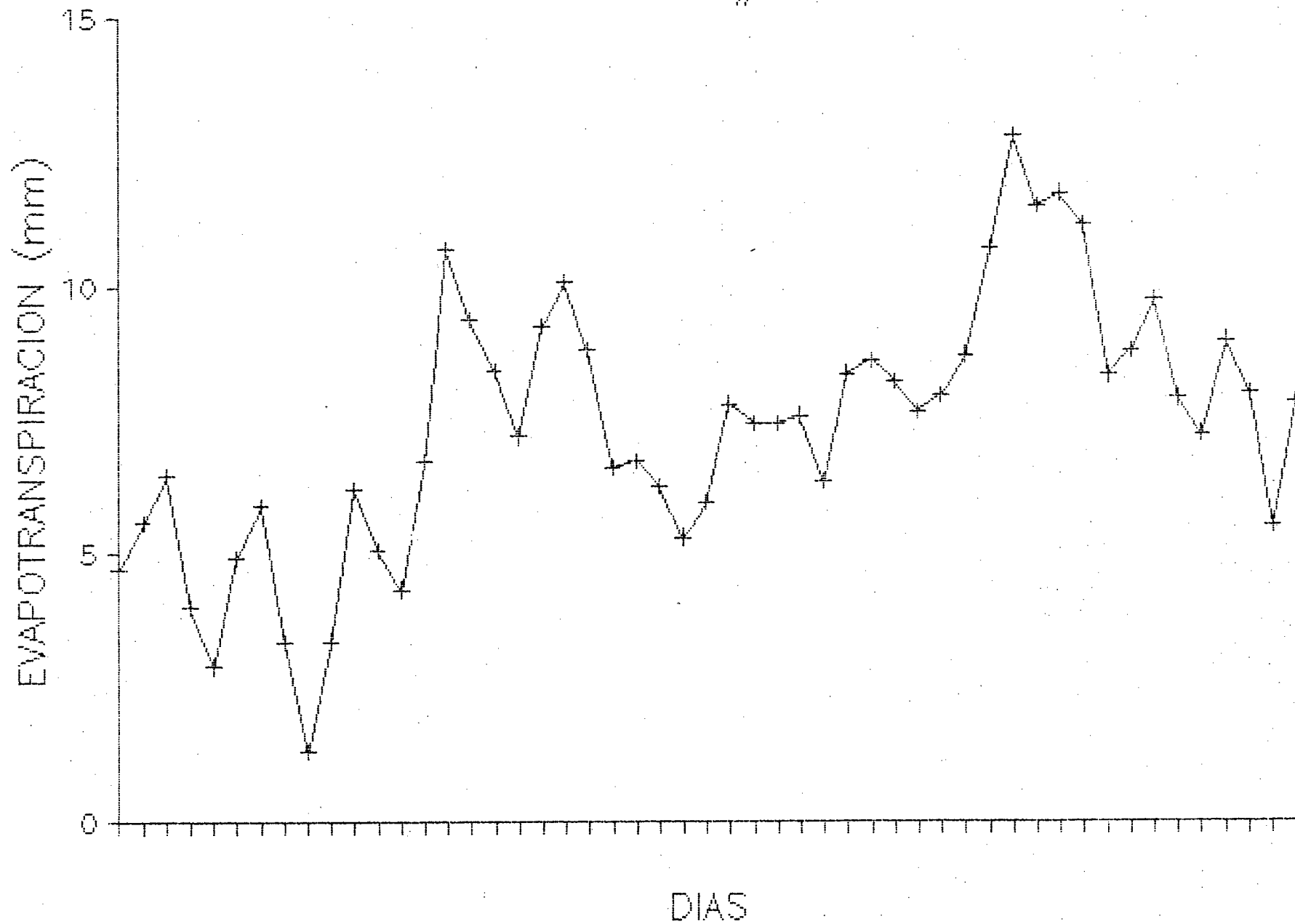
LISIMETRO # 4  
corte #2



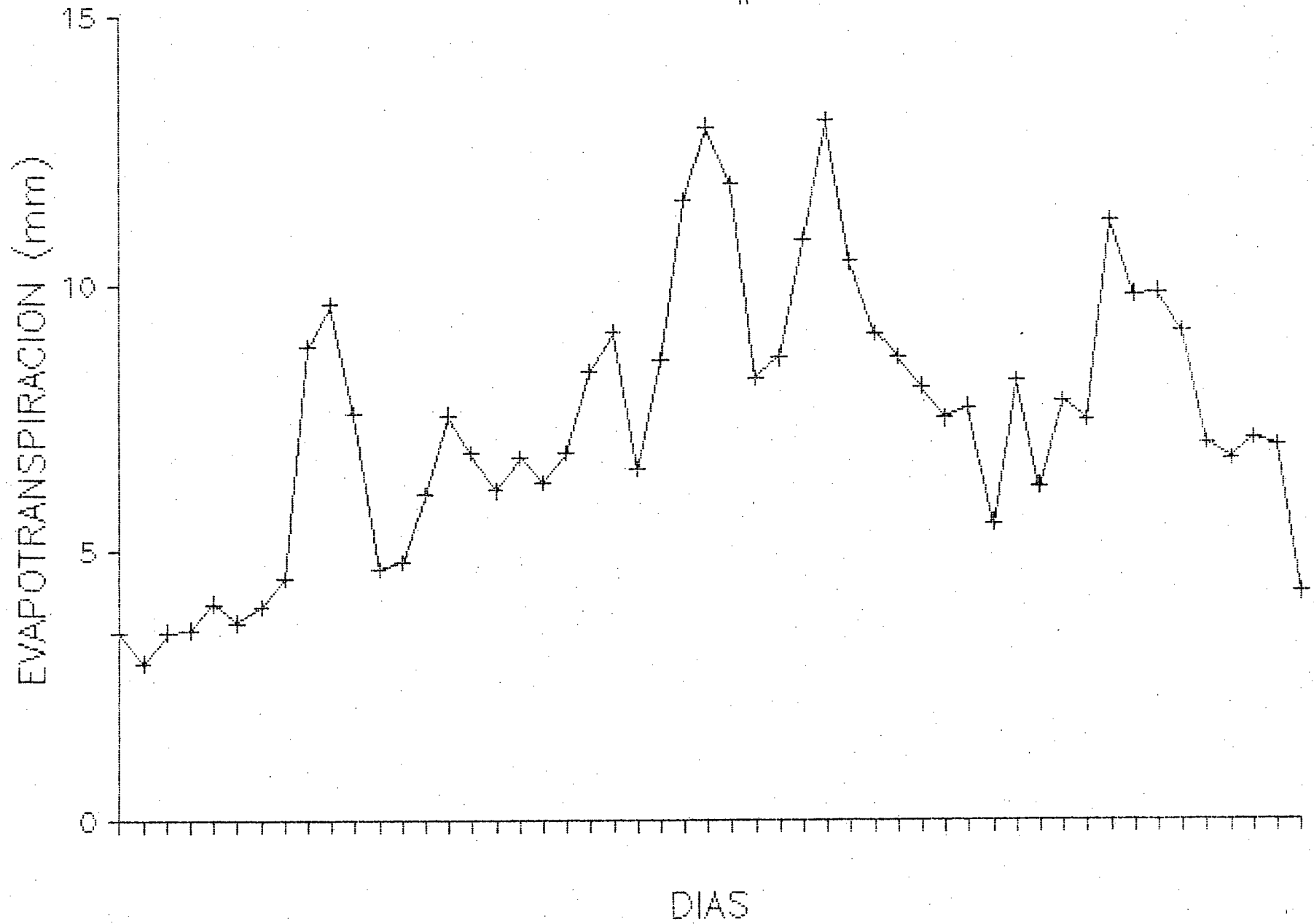
LISIMETRO # 4  
CORTE #3



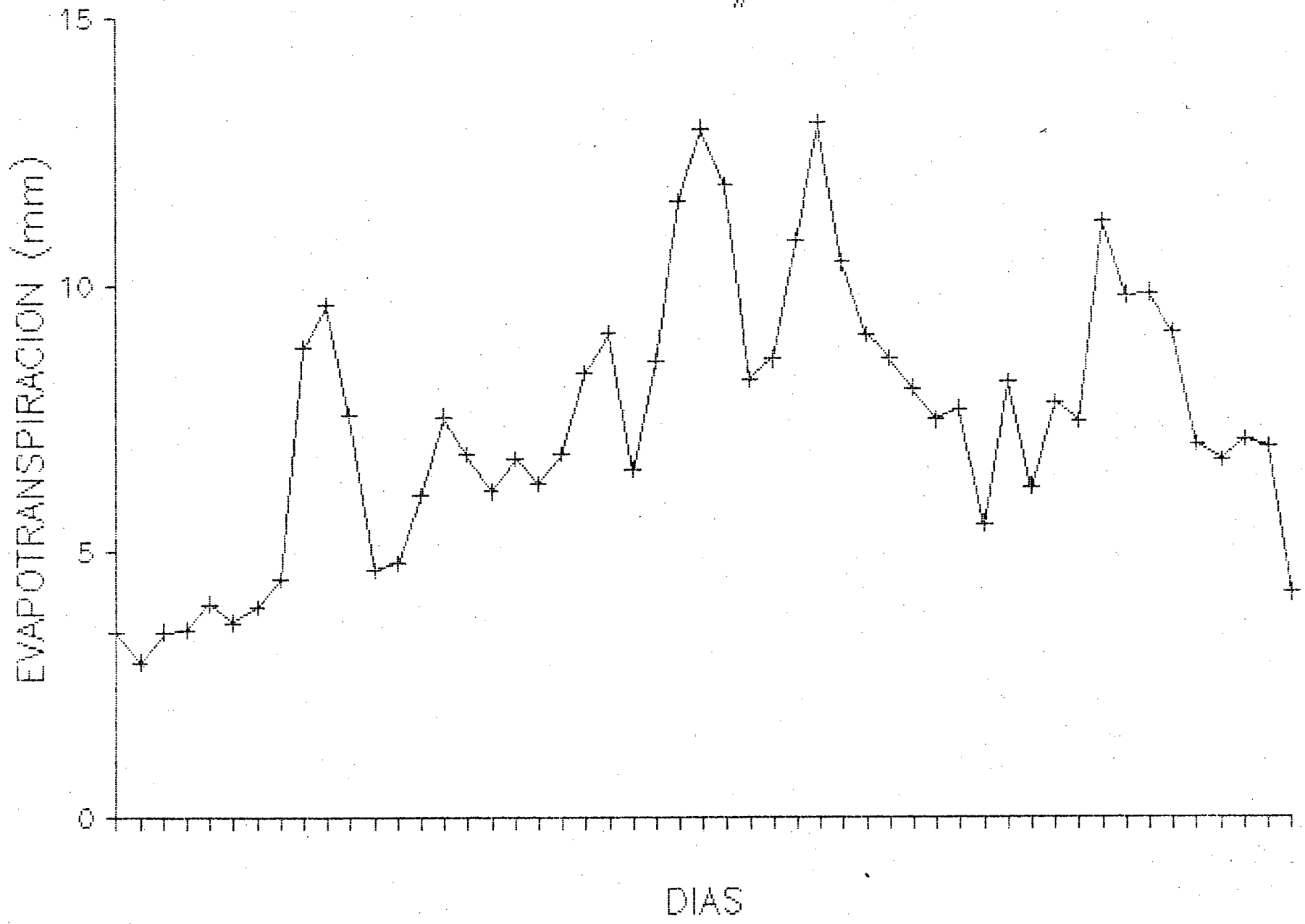
LISIMETRO # 4  
CORTE # 4



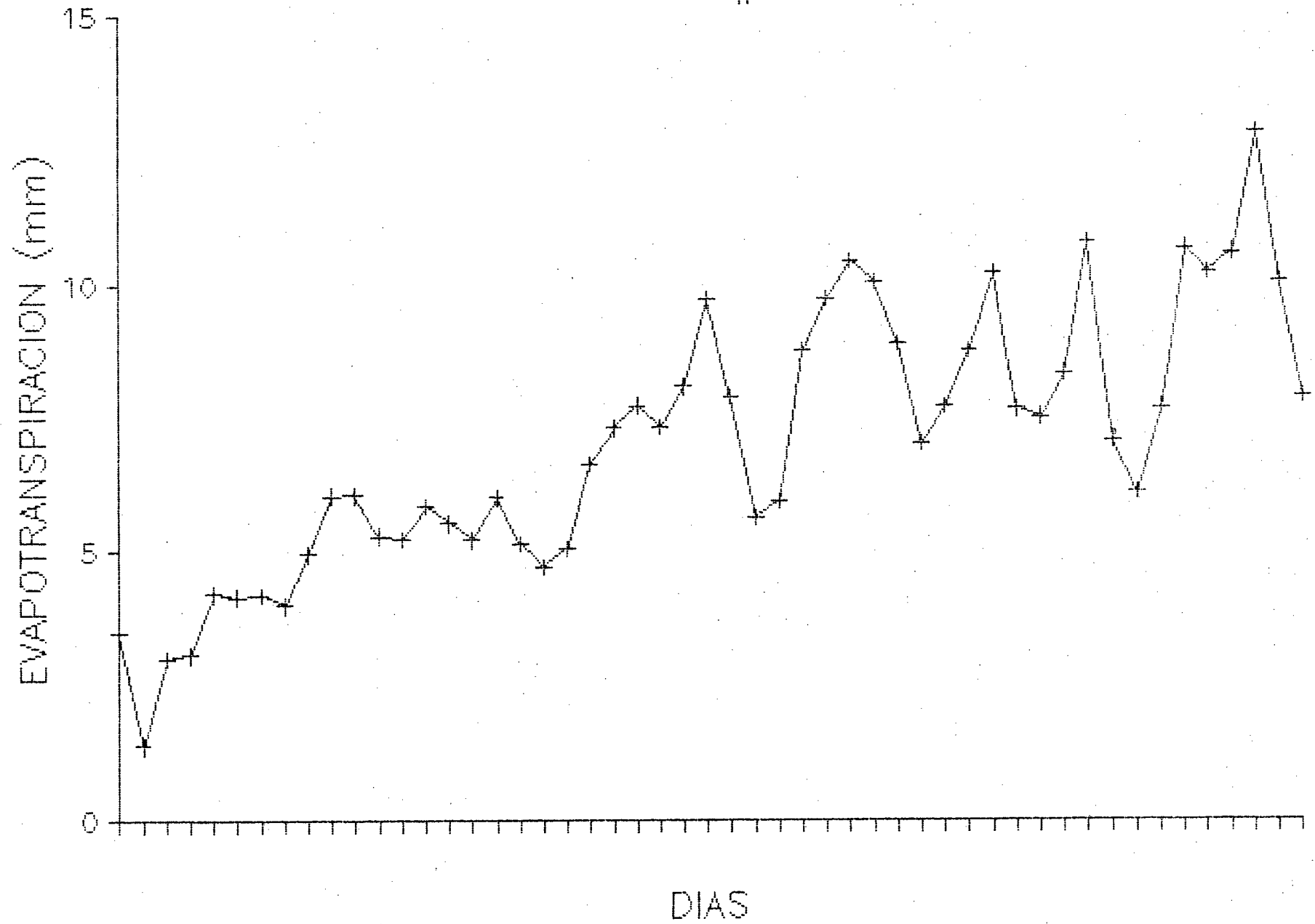
LISIMETRO # 4  
CORTE # 5



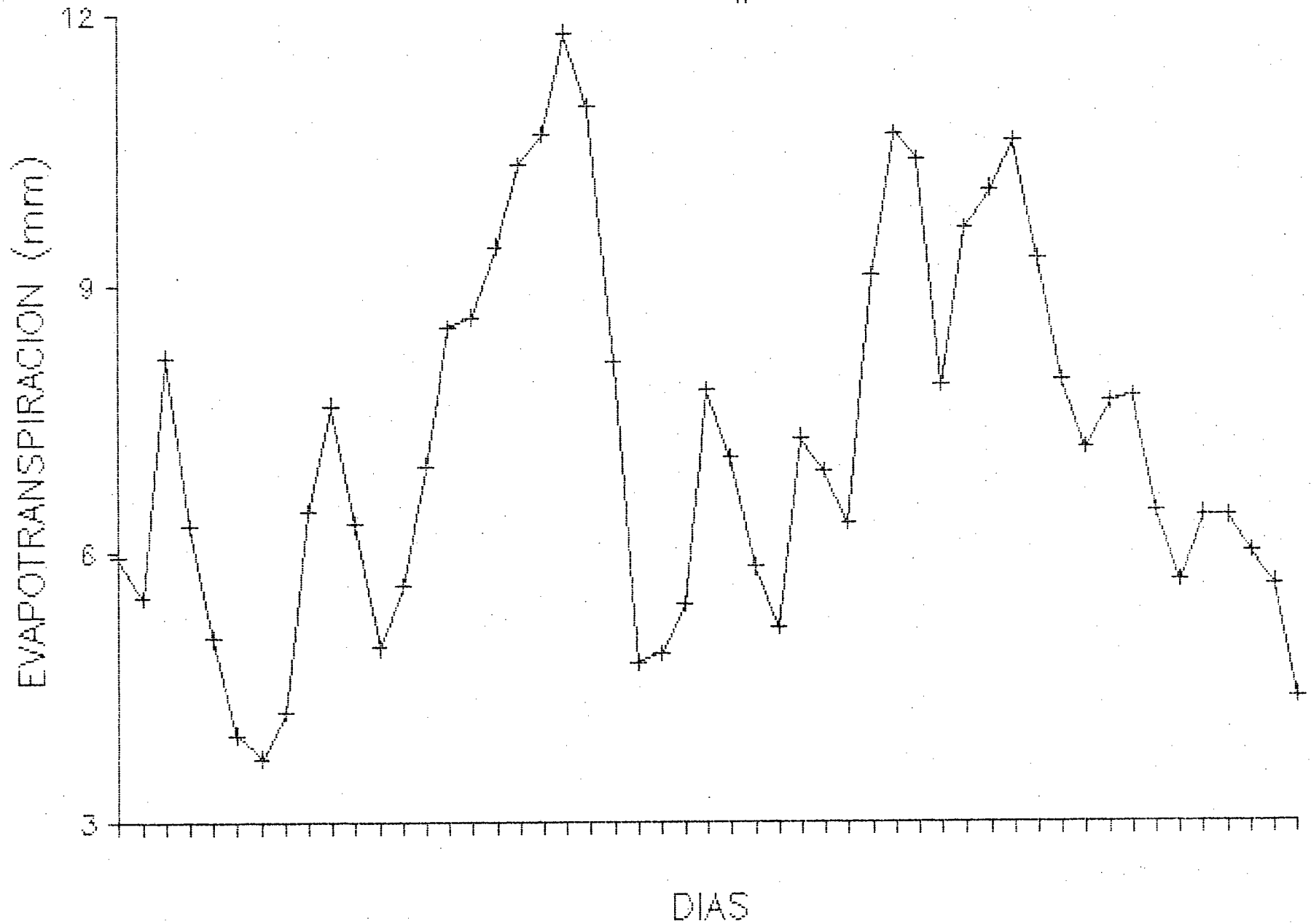
LISIMETRO # 4  
CORTE # 6



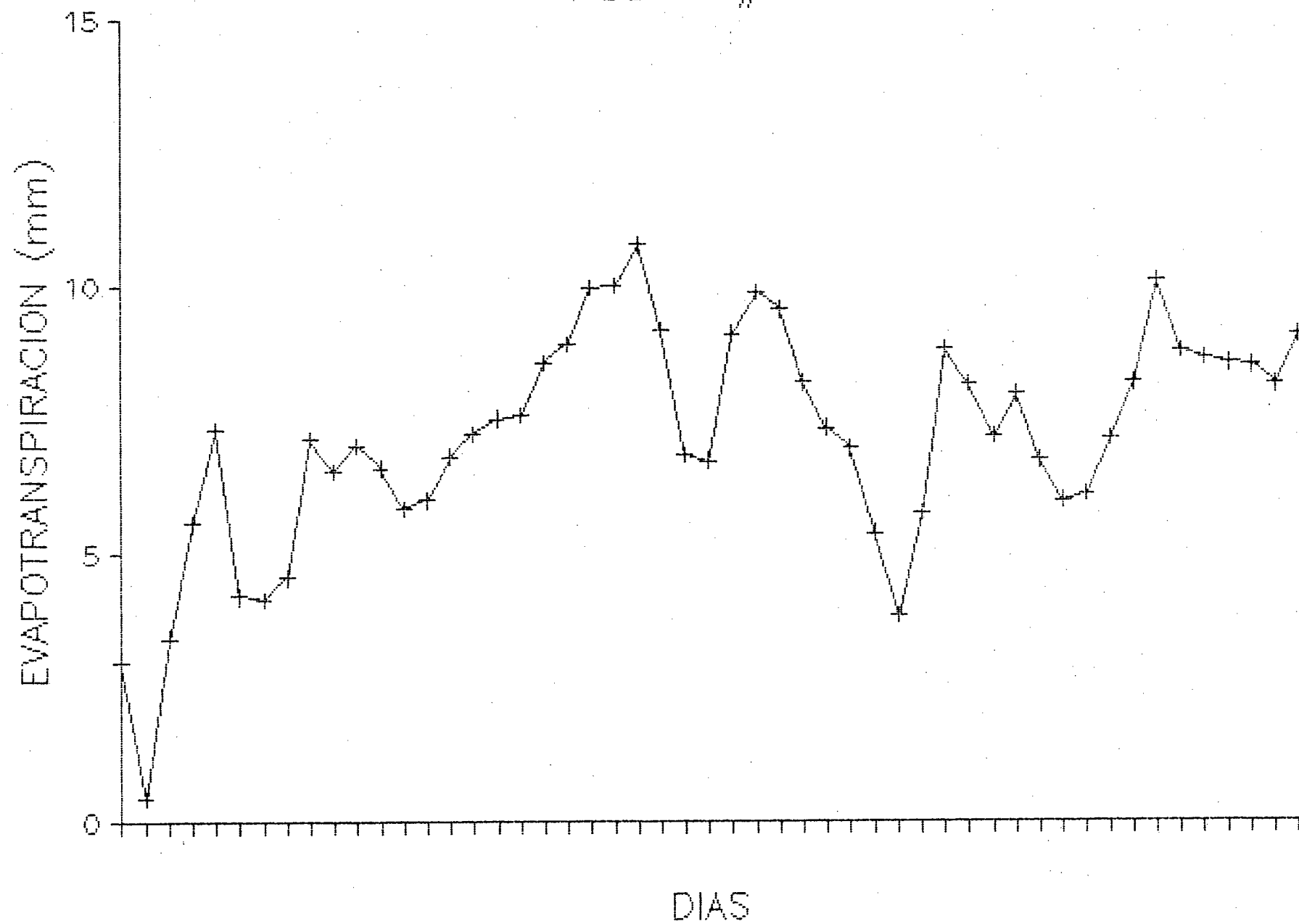
LISIMETRO # 4  
CORTE # 7



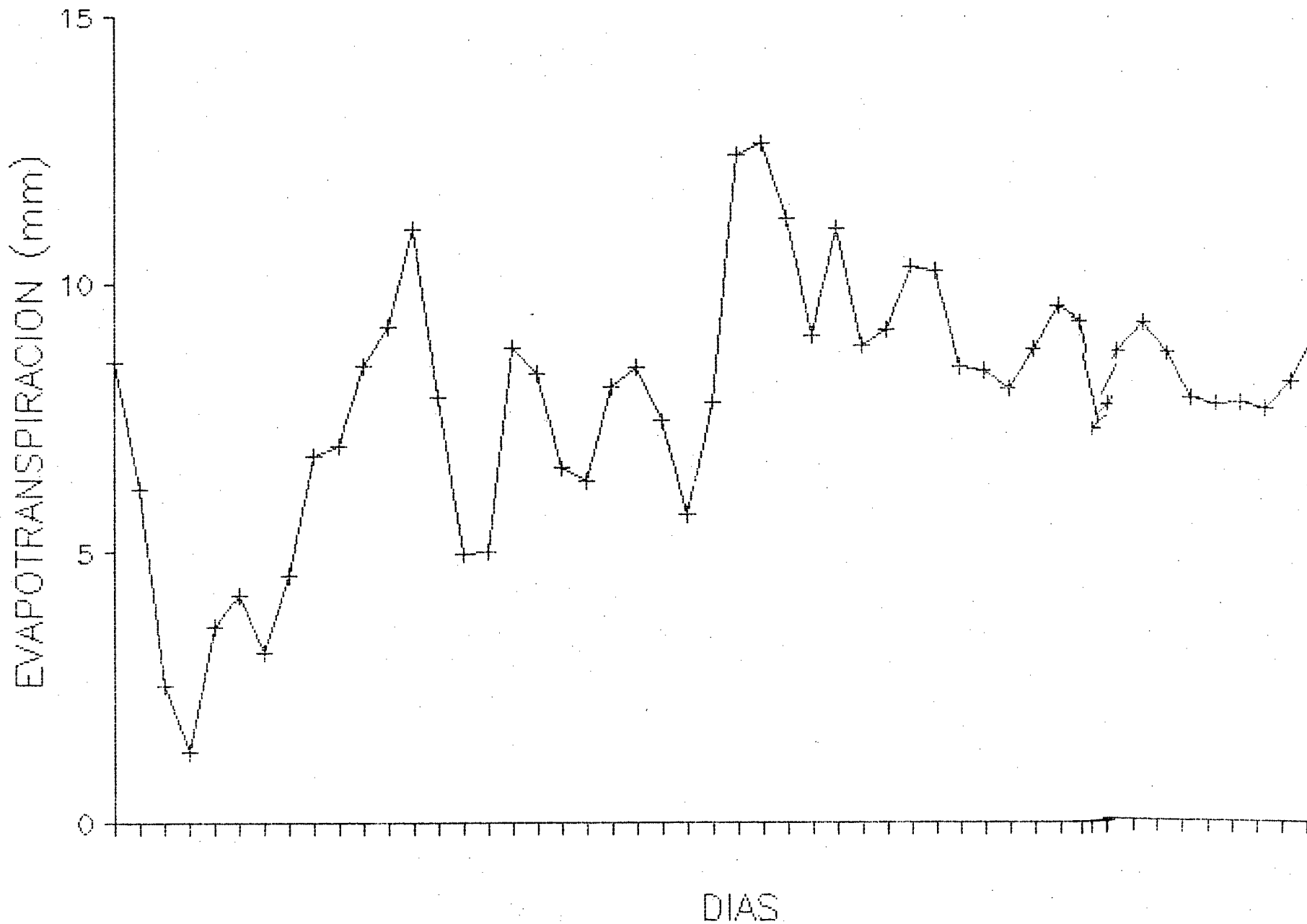
LISIMETRO # 4  
CORTE # 8



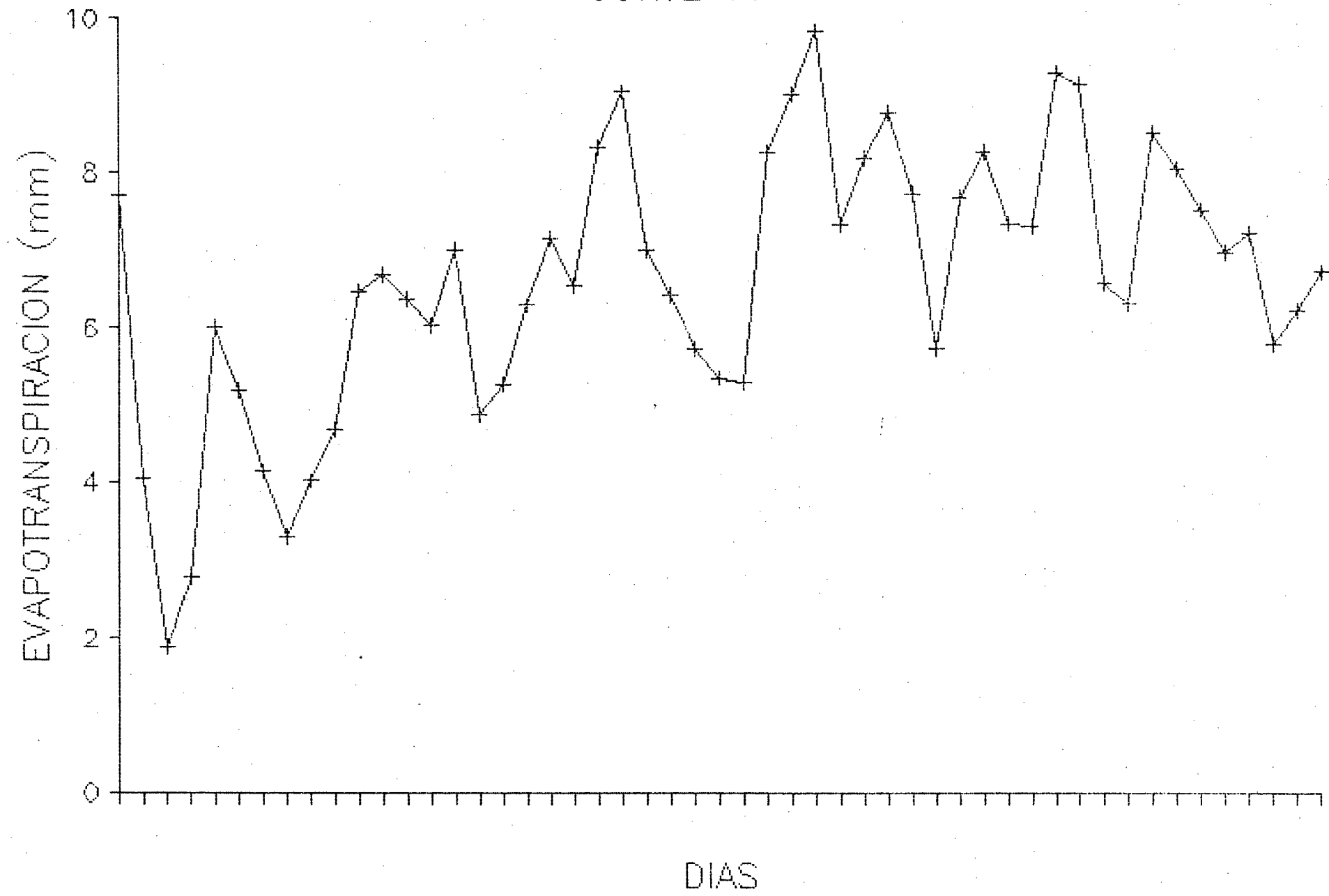
LISIMETRO # 4  
CORTE # 9



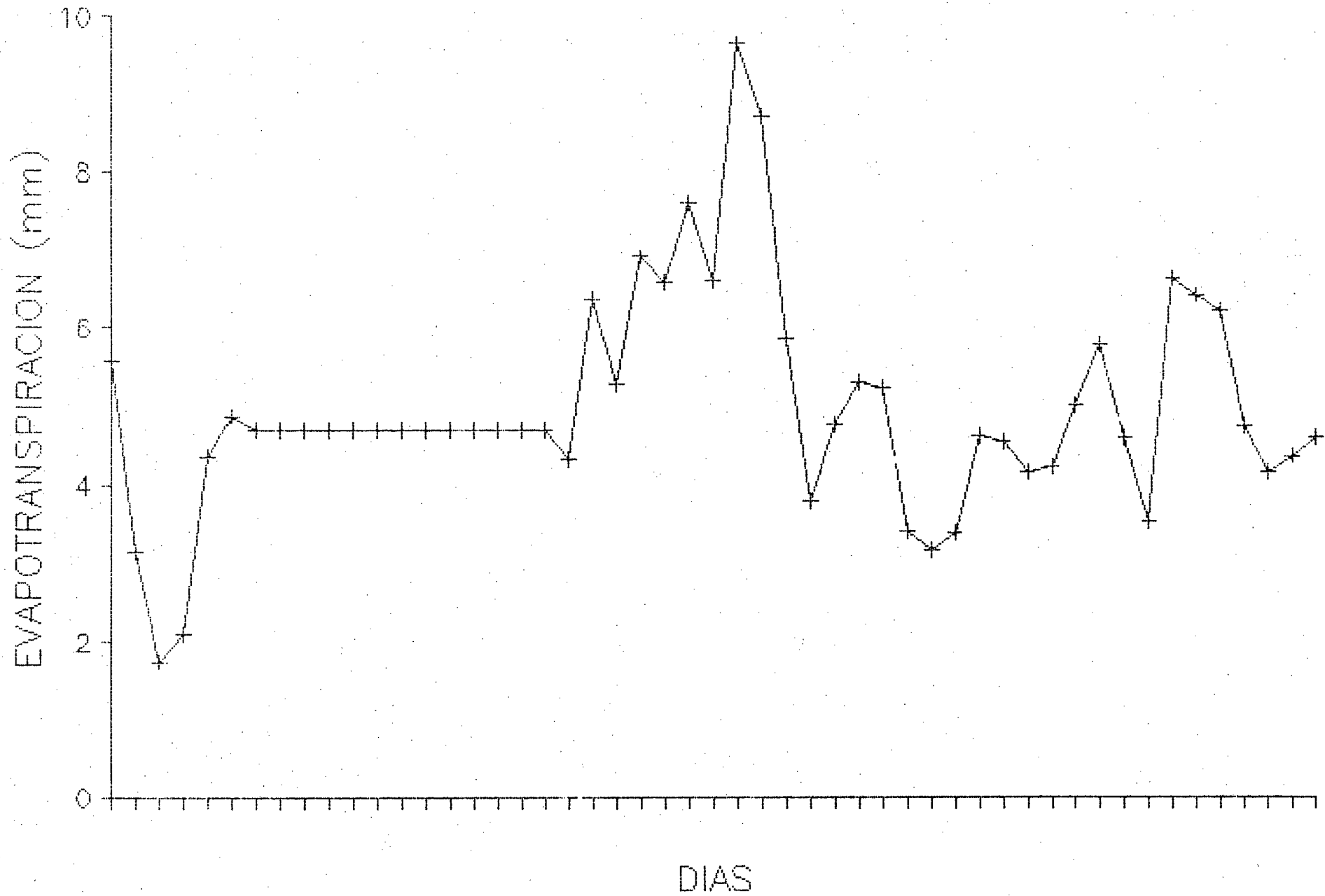
LISIMETRO # 4  
CORTE 10



LISIMETRO # 4  
CORTE 11



LISIMETRO # 4  
CORTE 12



PROGRAMAS

- DOBLE INTEGRACION

- ARCO DE PARABOLA

```

5 REM **** PROGRAMA QUE SIMULA UNA CURVA DE CON TENDENCIA DE PERIODOS DE SENOS*
*
10 INPUT " # DE DATOS";N
20 DIM A(N+2),D1(N+2),I1(N+2),D2(N+2),I2(N+2),D3(N+2),A1(N+2),D4(N+2)
30 FOR I= 1 TO N:READ A(I)
40 SUM=SUM+A(I):NEXT I
50 X=SUM/N
60 FOR I= 1 TO N:D1(I)=A(I)-X
70 SUM1=SUM1+D1(I):NEXT I
80 P=SUM1/N
90 FOR J=1 TO N
100 I1(J+1)=I1(J)+D1(J)
110 SUM2=SUM2+I1(J+1)
120 NEXT J
130 P2=SUM2/N
140 FOR J= 1 TO N
150 D2(J+1)=I1(J+1)-P2
160 SUM3=SUM3+D2(J+1)
170 NEXT J
180 P3=SUM3/N
190 FOR J= 1 TO N
200 I2(J+2)=I2(J+1)+D2(J+1)
210 SUM4=SUM4+I2(J+2)
220 NEXT J
230 P4=SUM4/N
240 FOR J=1 TO N
250 D3(J+2)=I2(J+2)-P4
260 SUM5=SUM5+D3(J+2)
270 T=(12/(2*3.14159))^2
280 D4(J+2)= D3(J+2)/(-T)
281 A1(J+2)=D4(J+2)+X
290 SUM6=SUM6+A1(J+2):NEXT J
300 FOR I= 1 TO N+2
310 PRINT "DA","DE1","INT","DE2","IN2","DE3","DV","VAL"
320 LPRINT USING "###.##";A(I),D1(I),I1(I),D2(I),I2(I),D3(I),D4(I),A1(I)
330 NEXT I
340 LPRINT "MEDIA";X,"PRO1";P,"PRO2";P2
350 LPRINT "PRO3";P3,"PRO4";P4,"SUM FINAL";SUM6
360 DATA 3.3,4,4.6,3.5,4,3.3,5.1,5.5,7.1,6.4,7.9,8.8,6.7,9.2,8.7,8.4,8,8,7.3

```

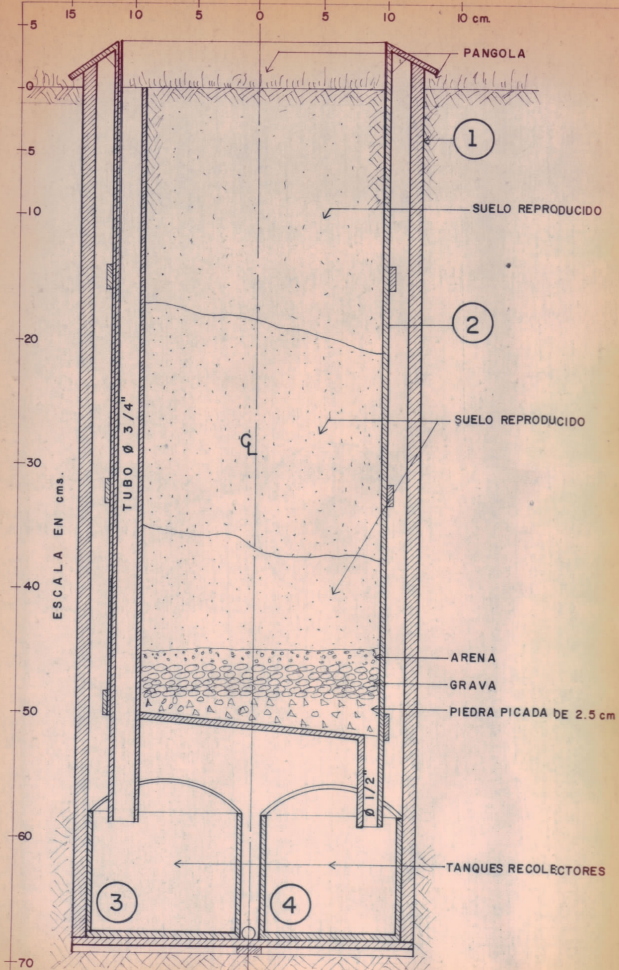
```

10 REM *** PROGRAMA CON EL CUAL SE OBTIENE UN ARCO DE PARABOLA EN UNA SERIE DE -
    DATOS EN FUNCION DE CINCO PUNTOS PONDERADOS***
20 REM *** EN LA DATA SE DEBE REPETIR AL FINAL LOS CUATRO (4) PRIMEROS VALORES**

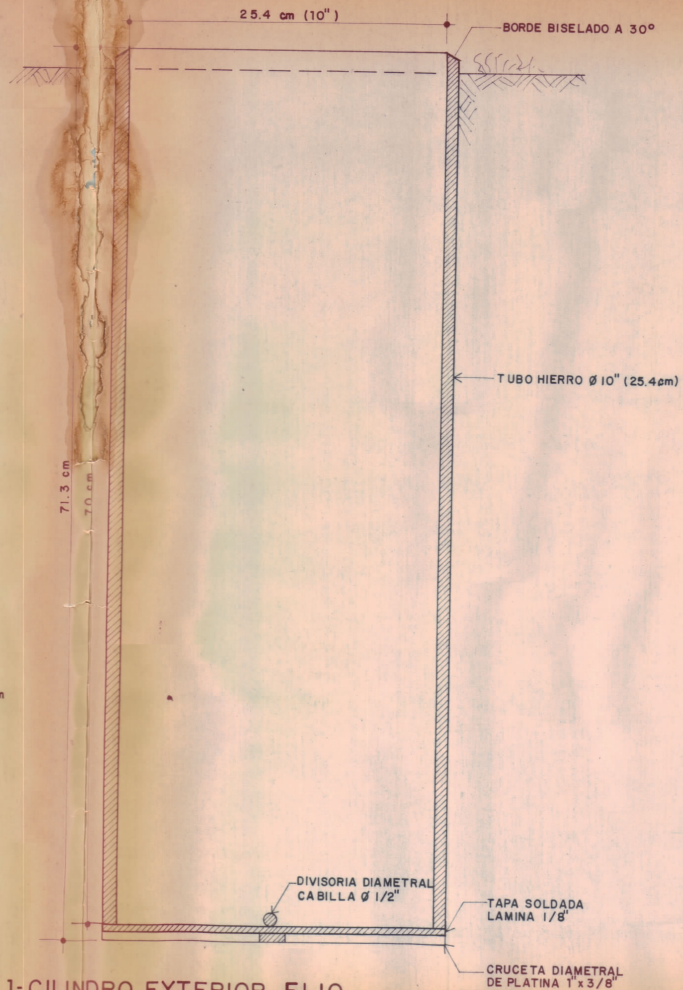
30 INPUT "# DE DATOS ";N
40 INPUT "# DE CORTE ";V
50 DIM A(N+4),B(N+4),C(N+4),S(N+4),D(N+4),X(N+4),T(N+4),L(N+4)
60 FOR I= 1 TO N+4:READ D(I):NEXT I
70 FOR I= 1 TO N
80 SUM= SUM+D(I)
90 NEXT I:X=SUM/N
100 FOR I =1 TO N+4
110 L(I)=D(I)-X
120 NEXT I
130 FOR I= 1 TO N+4
140 A(I)=L(I)*-3:B(I)=L(I)*12:C(I)=L(I)*17
150 NEXT I
160 FOR I= 1 TO N
170 S(I+2)=A(I)+B(I+1)+C(I+2)+B(I+3)+A(I+4)
180 T(I+2)= S(I+2)/35
190 X(I+2)=T(I+2)+X
200 NEXT I
210 PRINT TAB(35) "LISIMETRO # Kc";V
220 PRINT :PRINT:PRINT :PRINT
230 PRINT TAB(6)"DATOS" TAB(17)"DESV" TAB(27)"(-3)" TAB(37)"(12)" TAB(47)"(17)"
    AB(57)"AVER" TAB(67) "SIMU"
240 PRINT :PRINT
250 FOR I=1 TO N+2
260 PRINT USING "#####.##";D(I),A(I),B(I),C(I),S(I),T(I),X(I)
270 NEXT I

```

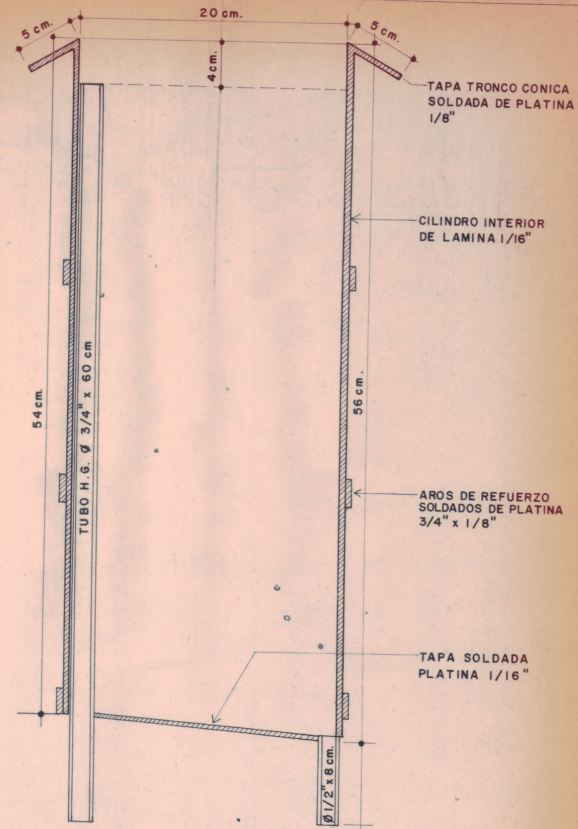
SECRET



CORTE DEL LISIMETRO INSTALADO



1-CILINDRO EXTERIOR FIJO



2-CILINDRO INTERIOR MOVIL

NOTA:  
EN SU PARTE SUPERIOR LLEVARA 2 AGARRADERAS  
CABILLA Ø 1/2"