

TESIS
5:1

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA

"ASPECTOS GENERALES DE LA EVAPOTRANSPIRACION"

Kurty Hübschmann S.
Héctor J. Jaimes Q.

CARACAS, 1.965

Tes
0111
Ej: 1

ESCOLA DE INGENIERIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA



"ASPECTOS GENERALES DE LA EVAPOTRANSPIRACION"

TRABAJO ESPECIAL

presentado ante la Ilustre Universidad Central
de Venezuela

por: Kurty Hübschmann y

Héctor J. Jaimes Q,

para optar al título de Hidrometeorologista.

Caracas, 1.965.

CONTENIDO.

I.-GENERALIDADES.-

A.-Concepto de evapotranspiración.-

1.-Definición.

2.-Tipos.

3.-Factores.

4.-Condiciones.

B.-Antecedentes.-

1.-Extranjeros.

2.-Venezolanos.

II.-MATERIALES Y METODOS.-

A.-Longitud del registro.

B.-Instalaciones.

C.-Funcionamiento.

D.-Computo.

III.-DISCUSION DE LOS RESULTADOS.-

IV.-CONCLUSIONES.-

V.-CUADROS SINOPTICOS Y FOTOGRAFIAS.-

VI.-BIBLIOGRAFIA.-

INTRODUCCION

En el presente trabajo nos proponemos determinar los valores de evapotranspiración potencial, en un lapso de cinco años que comprende dos etapas: la primera de tres años y corresponde a los años 1954 1955 y 1956. La segunda etapa corresponde a los años 1959 y 1960.

Las experiencias fueron verificadas en el Centro de Investigaciones Agronómicas de Maracay, (Edo. Aragua), dependiente del Ministerio de Agricultura y Cría.

Nuestro estudio abarcará también, información acerca del comportamiento de la evapotranspiración potencial como característica climática. La influencia del factor hídrico en el clima agrícola y su medida en diferentes épocas del año, relacionándola con diversos cultivos.

Para la obtención de los valores de evapotranspiración potencial, utilizamos evapotranspirímetros tipo Thornthwaite, instalados en la parcela de experimentación y sembrados con la misma vegetación.

Nos movió a esta investigación, la carencia de estudios sobre evapotranspiración potencial en nuestro País, la innegable importancia que para la agricultura tiene, el conocimiento de la relación existente entre evapotranspiración potencial, evaporación y precipitación.-

I.-GENERALIDADES.

A.-CONCEPTO DE EVAPOTRANSPIRACION.

1.-Definición.-

Puede definirse la evapotranspiración, como la relación entre el balance hidrológico, (o sea la evaporación directa de cualquier superficie) y la transpiración de la vegetación.

Thornthwaite define la evapotranspiración como "la evaporación de la superficie del suelo combinada con la transpiración de las plantas".- (1).-

El término Evapotranspiración fué introducido por el hidrólogo norteamericano Meintzer, en 1936.

Una definición más exacta podría enunciarse en los siguientes términos: la evapotranspiración es la evaporación conjunta proveniente de la superficie del suelo y de la vegetación que se encuentra sobre ese suelo. Representa por lo tanto, la pérdida total de agua en la superficie terrestre, debido a dos factores: suelo y vegetación.-

Para el estudio de la evapotranspiración, interesa conocer la cantidad de agua que el suelo recibe (lluvia), y su distribución durante el año; igualmente la pérdida del agua recibida, distribuida entre los distintos factores (evaporación de la superficie, absorción por el suelo y las plantas, escurrimiento, etc), en las diversas épocas del año.

(1).-BURGOS, J.J.- El evapotranspirómetro de Thornthwaite. pág. 3.
1950.-

El punto de mayor interés para nuestros fines de investigación, es la evaporación de la superficie del suelo y su vegetación, lo que en conjunto se llama evapotranspiración.

Es necesario conocer el valor de la evapotranspiración, porque ella representa la pérdida total del agua aprovechable para una superficie cultivada.

Cuando el gasto de agua supera a la cantidad de agua recibida (lluvia), es natural que haya un déficit, el cual representa la cantidad de agua que debe agregarse a la vegetación para su mantenimiento en condiciones favorables para su desarrollo. Cuando el suelo no puede suministrar las condiciones hídricas indispensables por tener agotadas sus reservas, las plantas mueren.

2.-Tipos.-

Se conocen dos tipos de evapotranspiración: Actual y Potencial.

La Evapotranspiración Actual, es la que ocurre normalmente en un suelo cuyo suministro de agua depende exclusivamente de la precipitación en un intervalo de tiempo dado.

La evapotranspiración actual depende de la humedad disponible del suelo; si la humedad aumenta, ésta será mayor y viceversa; es decir, la variación de la evapotranspiración es directamente proporcional a la variación de la humedad existente en un terreno dado, hasta cierto límite.

En zonas donde se puedan tomar datos precisos del escurrimiento total, la evapotranspiración sería: lluvia menos escurrimiento.

Según el Ingeniero Navarrete, "la evapotranspiración actual ocurre cuando el suelo se encuentra entre su capacidad de campo y su punto de marchitez". (2).

La Evapotranspiración Potencial se puede definir como la cantidad de agua que sería evaporada por una superficie cubierta de vegetación, si existieran permanentemente condiciones óptimas de humedad para el uso de dicha vegetación.

La evapotranspiración potencial representa entonces, la cantidad de agua que evapora una superficie cultivada siempre que exista en el suelo en todo momento, agua suficiente para la utilización vegetal.

La condición para que el suelo aporte el estado de humedad que necesitan las plantas sin que sean perjudicadas por exceso o deficiencia de la misma, nos dice que la evapotranspiración potencial es el valor máximo de agua que requieren las plantas para su desarrollo.

En las regiones áridas o desérticas, donde la evapotranspiración real o actual es casi nula por falta de humedad en el suelo, la potencial es elevada; mientras que en las regiones húmedas, cuanto mayor es la humedad disponible, tanto más la evapotranspiración actual tiende a igualar la potencial.

(2).-NAVARRETE, S.C.- Determinación de los requerimientos de agua por las plantas. pag. 10.

3.-Factores.-

Según Thornthwaite (3), y Mather (4), la evapotranspiración depende de los siguientes factores:

- a).-Del suministro externo de energía a la superficie evapotranspirante, principalmente por la radiación solar.
- b).-De la capacidad del viento para remover el vapor; por ejemplo de la velocidad del viento.
- c).-De la naturaleza de la vegetación, principalmente de la longitud del sistema radicular y de la habilidad que tenga la planta para cubrir el suelo.
- d).-De la naturaleza del suelo, especialmente de la cantidad de agua que pueda retener en la zona de sus raíces.

En los factores mencionados, los de tipo climático tienen mayor importancia en la evapotranspiración.

4.-Condiciones.-

La evapotranspiración depende también de las condiciones del suelo, las cuales pueden resumirse de la siguiente manera:

- 1.-Temperatura del aire y del suelo.
- 2.-Humedad del suelo, (contenido del agua).
- 3.-Composición físico-química del suelo, (salinidad, etc).
- 4.-Tipo de vegetación.
- 5.-Contenido de vapor de agua de la masa de aire que está en contacto con la superficie y su turbulencia.

(3).-BURGOS, J.J.- El evapotranspirómetro de Thornthwaite. 1950. pág. 5

(4).-MATHER, J.R.- The measurement of potential evapotranspiration. 1954.- pág. 6

B. - ANTECEDENTES.

1. - Antecedentes Extranjeros. -

Entre las primeras tentativas para medir la evapotranspiración, podemos mencionar las anotaciones del Servicio Agrometeorológico de Rusia. En 1926, Rykatcheff, en Zürich, diseñó un aparato que consistía en una caja de latón de doble pared, que contenía una masa de suelo y plantas cultivadas, (cereales), las cuales podían ser pesables y controlables en la precipitación, calculando así la cantidad de agua perdida por la evaporación del suelo y la transpiración de las plantas. Con este aparato se pretendía medir la evapotranspiración real.

Realmente contamos con pocos antecedentes respecto a los aparatos que permiten la medida de la evapotranspiración potencial. Sólo podemos referirnos al evaporímetro de nivel constante de Morandi y el evaporímetro de suelo húmedo de Thornthwaite.

Describiremos brevemente estos aparatos iniciales que sirvieron para medir la evapotranspiración.

El evaporímetro a nivel constante de Morandi, (fué utilizado por primera vez en el año 1927). Consistía en un tanque evaporante de 6 cm. de diámetro, de doble pared de latón, que contenía suelo y plantas cultivadas. El suelo se mantenía húmedo por medio de otro tanque anexo, alimentado con agua, cuyo nivel se mantenía constante por la acción de una válvula, unida a un flotante. Sobre la tapa de este tanque había otro de menor diámetro que abastecía de agua el tanque alimentador a través de la válvula, a medida que la evapotranspiración hace descender el nivel del tanque alimentador. La evapora

ción se mide por el volumen de agua cedido por el tanque sobrepuesto al alimentador.

Los valores que obtuvo Morandi en el observatorio de El Prado, (Uruguay), parecen sumamente elevados, lo cual se debe principalmente al pequeño tamaño de la superficie evaporante, aunque podría atribuirse también a otra causa como la sobresaturación de la superficie del suelo.

A continuación, anotamos los valores provenientes de las investigaciones de Morandi tomadas en 1927, comparándolas con el evaporímetro de agua de Piché:

Evaporímetro de Piché.....	1.172.5 mm.
Evaporímetro de Morandi: superficie líquida.....	1.670.0 mm.
Evaporímetro de Morandi: superficie con cultivos.....	2.142.0 mm.

Nótese como los valores de Morandi tanto en la superficie cultivada como líquida, superan ampliamente al simple evaporímetro de agua de Piché.

Otro aparato usado, es el evaporímetro de suelo húmedo de Ramdas, (1947), el cual consiste en una columna de suelo cuya parte inferior está convenientemente sumergida en agua, que lo mantiene húmedo por el fenómeno de capilaridad. Diariamente se reponen el agua consumida por la evaporación, lo cual constituye una forma de medir la evapotranspiración potencial. Se cree que el mayor error en sus datos, está determinado por la variación del nivel de agua que origina la evaporación.

Otros trabajos hechos al respecto fueron realizados por los téc

nicos de riego Young y Blaney en 1942, en Estados Unidos, (Sur de California). Se propusieron conocer la cantidad de agua consumida por las plantas cultivadas en suelos subirrigados con la capa a distintas profundidades.

Trabajos similares fueron realizados por Lee en Independencia, (California), y Debler (1946-1949), en Los Griegos (Nueva México).

La primera instalación del evapotranspirómetro de Thornthwaite se realizó en Chapingo, (México), en 1946, sobre su propio diseño.

Posteriormente el laboratorio de Climatología de la Universidad John Hopkins, instaló un aparato en Seabrook, New Jersey, en el año 1947.

En Canadá, la Ontario Research Foundation, instaló en Toronto, (1947), cuatro tanques de evapotranspiración.

Hay otros países, como Trinidad, Irlanda, Alemania, etc, que han instalado sus evapotranspirómetros y están trabajando con muy buenos resultados. Israel y Puerto Rico, tienen muy buena red de evapotranspirómetros; y actualmente están obteniendo resultados muy satisfactorios en instalaciones de diferentes cultivos.

2.-Antecedentes Venezolanos.

Los estudios sobre evapotranspiración en Venezuela, comenzaron hace 11 años (el 1º de Mayo de 1954), con la instalación de seis evapotranspirómetros por el Centro de Investigaciones Agronómicas en Maracay, (Edo. Aragua), bajo la dirección del meteorólogo Jesús María Sánchez Carrillo.

Posteriormente en el año 1959, el Ingeniero agrónomo Cristóbal - Navarrete S. hizo un estudio de la evapotranspiración en una zona de caña de azúcar durante un período de tres años. Para este trabajo utilizó una variedad de caña de azúcar denominada Hawaii 371933, perteneciente a la *Saccharum Officinarum*.

Este experimento se verificó en la Sección, Caña de Azúcar, del Centro de Investigaciones Agronómicas de Maracay. Para llevar a cabo este experimento se utilizó un terreno de 50 mts ². en el cual se instalaron dos evapotranspirómetros en medio de una zona Buffer de equilibrio. Se entiende como tal, una superficie cultivada con la misma planta que crece en los evapotranspirómetros. Las dimensiones de estos aparatos son de 6 mts. de superficie libre colocado a 70 cm. de profundidad con un borde superior a 10 cms. Estos vienen conectados a un tanque colector por medio de un tubo de 3/4 de pulgada de diámetro por 3 mts. de largo. (En la figura N°4 se podrán apreciar mejor los detalles).

El Ingeniero Agrónomo Cristóbal Navarrete ha realizado igualmente otros estudios sobre la evapotranspiración en pastos. Instaló una serie de 16 evapotranspirómetros divididos en cuatro grupos para cuatro tipos de pastos diferentes, para utilizarlos en su determinación de sus requerimientos de agua.

Estos tanques son simples tambores de hierro impermeables, los cuales están instalados en la Facultad de Agronomía en Maracay.

Los requerimientos para su instalación son los siguientes:

a.-Una parcela de terreno de 40 mts. cuadrados, sembrados de cuatro tipos de pastos: Pangola; Bermuda; Estrella y Guinea.

b.-Las dimensiones de los tanques, son las siguientes:

Un tanque de tierra cilíndrico de 55 cm. de diámetro colocado dentro del terreno a una profundidad de 60 cm. y con un borde superior de 10 cm. (Ver figura N° 2).

c.-Cada tanque consta de un depósito alimentador con capacidad para 200 litros.

d.-Un depósito recolector o para sobrantes de agua, con capacidad para 200 litros.

e.-Un tubo conductor subterráneo para abastecimiento y descarga del agua, de 3/4 de pulgada de diámetro y 4 mts. de largo.

Funcionamiento.-

La operación de los tanques es muy sencilla. Se les llena con suelo después de haber puesto en ellos una capa de granzón o cascajo. Se aplica agua hasta satisfacer la capacidad de campo del suelo. Se siembra la planta, se deja desarrollar durante un período no menor de quince días. Todos los días se aplica una cantidad conocida de agua. El agua que percola en un período de 24 horas se mide en unos recipientes colocados en la fosa colectora y luego se mide su volumen, se completa el volumen de aplicación y se vuelve a aplicar a los tanques. La evapotranspiración potencial será la diferencia entre el agua aplicada menos el agua recogida de la fosa colectora.

Los evapotranspirómetros deben localizarse en un campo con vegetación similar a la que se encuentra dentro de los tanques, (esto elimina la llamada zona Buffer o de equilibrio, la cual debe ser tratada en la misma forma que los tanques).

En el año 1964, el Servicio Shell para el agricultor que se encuentra ubicado en la ciudad de Cagua, (Edo. Aragua), puso en funcionamiento un lisímetro. Su instalación es muy reciente y no dispone--

mos de los datos obtenidos en esa localidad.

II.-MATERIALES Y METODOS.

A.-Longitud del registro.-

Las investigaciones para determinar los valores de la evapotranspiración en este trabajo, abarcan un período de 5 años, dividido a su vez en dos etapas: una de 3 años: 1954-55 y 56, y la otra de 2 años: 1959 y 60.

Las etapas del experimento están distribuídas en la siguiente forma:

1954.-Desde Mayo hasta Agosto, se cultivó maíz; de Septiembre a Noviembre se sembró crotalaria y en Diciembre los tanques de los evapotranspirómetros y la zona quedaron sin vegetación.

1955.-Desde Enero hasta Agosto, estuvieron los tanques sin vegetación luego de Septiembre a Diciembre, se sembró y cultivó ajonjolí.

1956.-Durante el año, los tanques del evapotranspirómetro y la parcela estuvieron sin vegetación.

En los meses de Septiembre y Diciembre no funcionaron los aparatos.

1959.-Desde Junio hasta Septiembre, vuelve a sembrarse y cultivarse maíz.

De Octubre a Diciembre, tanto en los tanques como en las parce-

las no se cultivó.

1960.-En Enero se sembró y cultivó frijoles

En Agosto se concluye con la siembra y cultivo de ajonjolí.

B.-Instalaciones.-

Las características de estos aparatos y del terreno utilizado para su instalación, son las siguientes:

- 1.-Un terreno experimental de 40 mts cuadrados (1.600 mts), situado cerca del centro geográfico de los campos de cultivo. La parcela se siembra temporalmente con un cultivo determinado y adecuado para esa zona.
- 2.-Un juego de seis evapotranspirómetros con material de láminas de hierro impermeables colocadas en forma rectangular, en dos filas de tres, uno frente a otro. (Ver fotografía N°1). En nuestra investigación, tomamos en cuenta tan solo los datos de una sola fila de evapotranspirómetros denominados 1,2 y 3, cada uno de los cuales comprende:
 - a.-Un tanque de tierra de 4 mts. cuadrados de superficie libre colocado dentro del terreno a 45 cm. de profundidad, con un borde superior a 5 cm. sobre el terreno.
 - b.-Un depósito alimentador de agua con capacidad neta de 40 lts. colocado a distancia y altura apropiados.
 - c.-Un depósito para sobrantes de agua con capacidad neta de 200 litros situado a nivel inferior a la superficie terrestre.
 - d.-Un mecanismo regulador de nivel de agua en el tanque.
 - e.-Un tubo conductor subterráneo para abastecimiento y descarga del agua.

- 3.-Un refugio o casilla de mampostería colocado en su mayor parte - bajo el nivel del suelo a una distancia previamente calculada y suficientemente amplia para instalar allí los depósitos alimentadores y de sobrantes de agua, así como los mecanismos reguladores de nivel.
- 4.-Instrumentos meteorológicos diversos, instalados cerca de la parcela experimental, como: termómetros, pluviómetros, anemómetros, solarímetros, etc.
- 5.-El suelo dentro de los tanques es de tipo franco-arenoso, con un equivalente de humedad cercano al 15% y similar al de la parcela o zona Buffer.

C.-Funcionamiento.-

Las etapas en el funcionamiento de los evapotranspirómetros son las siguientes:

- a.-Se llena el tanque de tierra con una cantidad adecuada de suelo permeable, a fin de que el agua circule fácilmente a través de él, hacia las raíces de las plantas y también en el sentido contrario, para el drenaje del exceso de agua.
- b.-El nivel de agua en el tanque se ajusta a una profundidad de 50 cm. Los tubos de conducción subterráneos y el mecanismo regulador, permiten lograr un nivel de agua constante a dicha profundidad.
- c.-En consecuencia, al registrarse una pérdida de agua en el tanque por efecto de la evapotranspiración, se altera el nivel ajustado y entonces el agua comienza a fluir del depósito alimentador hacia el tanque de tierra a través del mecanismo de nivel.

- d.-Teniendo en cuenta que conocemos la cantidad de agua (en litros) que hay en el depósito alimentador y que medimos la cantidad que periódicamente se le agrega, es posible calcular la pérdida ocurrida en los 4 mts. cuadrados del tanque de tierra.
- e.-Al producirse una lluvia, el nivel de agua en el tanque sube, y para restablecerse el equilibrio, el agua es forzada hacia atrás por los tubos subterráneos hasta el regulador a nivel, pero en vez de dirigirse hacia el depósito alimentador, pasa automáticamente al depósito de sobrantes que se encuentra en la parte inferior.
- f.-La cantidad de agua que recibe el tanque en forma de lluvia, lo-gramos medirla con un pluviómetro instalado en el sitio.

Requisitos.-

Las observaciones de evapotranspiración deben hacerse diariamente y a una hora fija. Los valores se expresan en milímetros. La equivalencia de valores es:

1 mm= 1 litro de agua/metro cuadrado; o
10.000 litros/hectárea

Otros de los requisitos que debe guardar el evapotranspirómetro es que la vegetación o cultivo experimental sea uniforme en toda la parcela. Denomina el Ingeniero Navarrete (5) zona Buffer, a-

- (5).-NAVARRETE, S.C.-Estudio preliminar sobre Evapotranspiración de la caña de azúcar en Venezuela. Trabajo presentado ante la U. C.V. para optar al título de Profesor Asociado en la Facultad de Agronomía de Maracay. 1964. pág.12

quella donde "se encuentran instalados los evapotranspirómetros; o sea, el area de terreno cuyo cultivo debe ser uniforme y tratado por igual". (6).

Es obvio que la vegetación dentro del tanque de tierra se desarrolla mejor y más rápidamente que fuera de él, porque tiene las condiciones óptimas de humedad para el crecimiento. En tal caso, la altura y densidad de las siembras no va a ser uniforme en toda la parcela, alterándose así el microclima de la misma.

Para evitar que se produzcan estas anomalías, se procura mantener en toda la zona una humedad permanente, similar en lo posible a la existente en el tanque del evapotranspirómetro. Esto se consigue por medio de un riego periódico cuidadosamente ejecutado, para lo cual se toma en consideración la pérdida proporcional de agua que ocurre en la superficie del terreno.

D.-Compute.-

Entre los métodos cuantitativos para la medida de la evapotranspiración potencial, se halla la determinación directa del fenómeno por medio de un aparato.

Nuestras medidas se realizaron con un evapotranspirómetro, (figura N°1), cuyas características y funcionamiento ya fueron descritas. Los datos obtenidos por dichas medidas, eran llevados diariamente, y luego fueron acumulados mensualmente para el período de estudio.

(6).-NAVARRETE, S.C.-Estudio preliminar sobre Evapotranspiración de la caña de azúcar en Venezuela. Trabajo presentado ante la U. C.V, para optar al título de Profesor Asociado, en la Facultad de Agronomía de Maracay. 1964.

La fórmula para calcular la pérdida de agua, por evapotranspiración, no es sino una simple adición y sustracción de valores.

EVAPOTRANSPIRACION= (LLUVIA+AGUA SUPLIDA) - (AGUA SOBRANTE).

Los términos han sido descritos anteriormente.

oooooo

III.-DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

A.-Año 1954.- Por circunstancias ajenas a nuestra investigación, el año mencionado, sólo registra datos desde el mes de Mayo hasta el mes de Diciembre. El estudio de la evapotranspiración potencial verificado a partir del mes de Mayo, se efectuó con cultivos de maíz y crotalaria, donde habían sido instalados los evapotranspirómetros y correspondientes a las zonas de tales cultivos en el Centro de Investigaciones Agronómicas de Maracay, (Edo. Aragua), dependiente del Ministerio de Agricultura y Cría.

El período Septiembre-Octubre, arroja un balance favorable para la precipitación, pues ésta es mayor que la evapotranspiración potencial. Los períodos Mayo-Agosto y Noviembre-Diciembre, presentan un balance negativo, pues la evapotranspiración es mayor que la precipitación. El agua de lluvia suministró el 94% del total de agua necesaria, lo cual ameritó un riego suplementario de un 6% en las zonas de experimentación mencionadas.

Como podrá observarse en el cuadro correspondiente al año 1954, el descenso en los valores de evapotranspiración potencial durante los meses de Noviembre y Diciembre, se debe en parte a la ausencia de vegetación en los tanques de los evapotranspirómetros de la zona. (Se ha tomado entonces, el valor correspondiente a la evaporación -- del suelo únicamente). Otro factor de importancia, pudo haber sido la insuficiencia de humedad disponible en el suelo de los tanques a causa de la profundidad de la capa freática.

Para corroborar nuestra hipótesis sobre los datos mencionados, traemos a colación los valores de un experimento realizado en New -- Jersey durante tres meses del año 1949. En la localidad de Seabrook

se instalaron dos evapotranspirómetros, uno cubierto con vegetación, (habas), y otro sin vegetación. Los resultados fueron los siguientes:

UNIDADES (m.m.)	TANQUE SIN VEGETACION		TANQUE CON VEGETACION	
PERIODO	2	3	1	4
JULIO (24 días)	75.9	71.3	70.0	70.6
AGOSTO	87.8	84.1	138.4	132.7
SEPTIEMBRE	86.1	89.5	127.5	116.7

Concluimos afirmando que durante los meses de Agosto y Septiembre, la evapotranspiración potencial de los tanques con vegetación es más alta que la de los tanques sin vegetación, circunstancia por la cual los valores de evapotranspiración potencial en los evapotranspirómetros sin vegetación, es menor. Dadas las similitudes entre el experimento anotado y nuestra observación referente a los meses de Noviembre y Diciembre del año 1954, cuando no existió siembra en los tanques de los evapotranspirómetros, se confirma que la evapotranspiración potencial es menor en los suelos sin vegetación.

B.-Año 1955.-

En los meses de Enero y Agosto, los tanques de los evapotranspirómetros estuvieron sin vegetación. En el lapso Septiembre Diciembre, fueron sembrados con ajonjolí. (Ver Fotog. N°4). Nótese como la falta de vegetación reduce notablemente los valores de evapotranspiración potencial en el período mencionado. (Ver cuadro N° 2)

Durante los meses de Agosto, Septiembre y Octubre, hubo un ba--

lance favorable para la vegetación, pues la evapotranspiración potencial es menor que la precipitación. El período de Noviembre a Mayo, tiene un balance negativo, pues la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación. Para este tipo de plantación se necesitó durante los doce meses del año, un promedio de 1.197,5 mm. de agua. La precipitación en la zona alcanzó 997.7 mm. durante el año, razón por la cual se hizo necesario un riego suplementario de 199.8 mm. anual, lo cual constituye un 16.5% de suplemento hídrico al año.

C.-Año 1956.-

Los tanques de los evapotranspirómetros y la parcela, estuvieron sin vegetación. En este año, sólo los meses de Mayo, Junio y Julio, tienen un balance positivo, o sea, que la precipitación superó a la evapotranspiración potencial. En los meses de Agosto y Septiembre, los aparatos sólo funcionaron durante veintiun días, por daños sufridos en sus instalaciones. El requerimiento total de la zona fué de 948 mm. de agua anuales, de los cuales la precipitación aportó 791.1 mm., es decir, el 83.4%. El riego suplementario fué lógicamente de 16.6% al año.

D.-Años 1957-58.-

Per daños en las instalaciones, durante estos años no se llevó a cabo experimentación alguna con los evapotranspirómetros.

E.-Año 1959.-

La vegetación existente en los tanques y la parcela, fué de maíz, la cual fué cultivada de Junio a Septiembre. La recolección se practicó a fines de Septiembre y principios de Octubre con resultados satisfactorios. Este año fué seco, circunstancia por la cual la evapotranspiración potencial fué mayor que la precipitación. En este período de siembra, (8 meses), la lluvia suministró el 47% del requerimiento total de agua, lo cual condicionó a un rie-

go suplementario de un 52.2%.

F.-Año 1960.-

En el mes de Enero se sembraron frijoles en la parcela y en los evapotranspirómetros. La recolección de la cosecha fué en el mes de Julio. Durante los primeros 16 días de Agosto, la zona Buffer y los tanques de los aparatos estuvieron sin vegetación. En este mes, los valores de evapotranspiración potencial fueron bajos. A partir de la fecha última mencionada se sembró ajonjolí en la zona de experimentación, el cual tuvo un desarrollo normal.

El período Enero-Junio tuvo un balance negativo, pues la evapotranspiración potencial fué mayor que la precipitación. Durante los ocho meses que duró el experimento, la necesidad de agua fué de 1.220.8 mm. La lluvia suministró 549.6 mm, o sea, un 45% de los requerimientos. El riego suplementario tuvo que ser de un 55%.

E.-Recomendaciones.-

Queda abierto el campo para experimentar sobre idénticos cultivos durante los meses estudiados por nosotros (Mayo-Septiembre), con el fin de observar posibles variaciones en el consumo de agua.

En principio, la evapotranspiración potencial es función de la temperatura ambiental, sin embargo, en nuestro experimento no se muestra como un factor decisivo, aun en los meses de mayor promedio térmico.

IV.-CONCLUSIONES.

- 1.-La mayor incidencia de precipitación y de cultivo en la zona de -
experimentación, se realiza durante el lapso Mayo-Septiembre.
- 2.-Durante los cinco años estudiados, el balance promedio entre la e
vapotranspiración potencial y la precipitación, en el lapso Mayo-
Septiembre, fué favorable a la evapotranspiración potencial en los
meses Mayo, Junio, Julio y negativo en los meses Agosto y Septiem-
bre.
- 3.-En nuestro estudio no se ha tomado en cuenta el contenido de agua
del suelo (almacenaje), en la deducción del balance mensual. Só-
lo se tomó en cuenta los valores de precipitación.
- 4.-La evapotranspiración potencial es mayor en los terrenos con vege
tación, debido a la transpiración de las plantas.

oooooooo

AÑO: 1.954	T°C	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (m.m.)				PRECIPITACION. LL (m.m.)	EFICIENCIA DE LA LLUVIA. %	
		MEDIA	EVAPOTRANSPIROMETROS Nos.					PROMEDIO
			1	2	3			
ENERO	23.5							
FEBRERO	24.0							
MARZO	25.4							
ABRIL	25.6							
MAYO	25.7	118.4	110.5	129.8	119.5	104.3	87.4	
JUNIO	24.9	167.7	152.3	171.1	163.7	148.1	90.0	
JULIO	25.0	202.0	161.8	194.1	185.9	141.8	76.2	
AGOSTO	24.4	144.0	145.2	149.3	146.1	132.3	90.0	
SEPTIEMBRE	25.0	104.1	101.1	113.0	106.0	130.9	123.5	
OCTUBRE	24.5	140.1	146.9	169.0	152.0	233.9	154.8	
NOVIEMBRE	24.4	58.1	55.8	58.6	57.5	19.0	33.0	
DICIEMBRE	23.8	70.0	68.1	69.3	69.1	33.1	47.9	
TOTAL.		1.004.4	941.7	1.054.2	999.8	943.4		
PROMEDIO TOTAL							94.5%	

CUADRO N°1.-

AÑO: 1.955	T°C	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (m.m.)				PRECIPITACION. LL (m.m.)	EFICIENCIA DE LA LLUVIA. %
		EVAPOTRANSPIROMETROS Nos.			PROMEDIO		
		1	2	3			
MESES.	MEDIA						
ENERO	23.6	63.3	58.1	63.5	61.6	11.8	19.18
FEBRERO	23.9	54.4	51.1	54.8	53.4	8.0	15.10
MARZO	24.1	67.1	50.5	45.8	54.4	0.3	0.55
ABRIL	25.1	73.3	75.6	68.0	72.3	25.5	35.20
MAYO	26.2	93.4	68.0	75.0	78.8	27.2	34.50
JUNIO	25.8	140.5	149.9	97.3	128.9	227.6	176.20
JULIO	25.4	133.5	130.4	116.8	126.9	106.7	84.10
AGOSTO	24.4	138.0	112.2	119.9	123.3	183.6	149.90
SEPTIEMBRE	24.7	130.1	160.9	131.4	140.8	235.2	167.20
OCTUBRE	24.9	137.6	130.3	132.9	133.6	111.7	83.50
NOVIEMBRE	24.6	136.8	171.4	125.5	144.5	56.0	38.65
DICIEMBRE	23.9	81.9	83.1	72.0	79.0	4.1	5.20
TOTAL		1.249.9	1.241.5	1.102.9	1.197.5	997.7	
PROMEDIO TOTAL							83.50%

CUADRO N°2.-

AÑO: 1.956	T°C	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (m.m.)				PRECIPITACION. LL (m.m.)	EFICIENCIA DE LA LLUVIA %
		EVAPOTRANSPIROMETROS Nes.			PROMEDIO		
		1	2	3			
MESES	MEDIA						
ENERO	23.5	74.5	73.2	61.1	69.6	38.4	55.2
FEBRERO	24.2	41.9	58.5	32.9	44.4	6.1	13.7
MARZO	25.2	57.3	70.8	45.9	58.0	20.4	35.2
ABRIL	26.1	59.3	77.5	52.4	63.0	24.2	38.4
MAYO	25.1	107.8	110.7	104.4	107.6	134.0	124.8
JUNIO	25.2	108.9	131.8	97.5	112.7	124.8	110.8
JULIO	25.1	116.9	128.3	128.8	124.6	99.9	80.0
AGOSTO *	24.3	92.2	11.5	86.8	98.1	157.5	160.0
SEPTIEMBRE	26.6	-	-	-	-	-	-
OCTUBRE	24.8	130.5	122.0	127.6	126.7	124.5	98.4
NOVIEMBRE	24.5	140.5	157.1	132.6	143.4	70.3	49.1
DICIEMBRE	23.4	-	-	-	-	-	-
TOTAL		929.8	1.042.4	870.0	791.1	948.1	
PROMEDIO TOTAL							94.5%

* Agosto: 21 días únicamente.

CUADRO N°3.-

AÑO: 1.959	T°C	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (m.m.)				PRECIPITACION LL (m.m.)	EFICIENCIA DE LA LLUVIA. %
MESES	MEDIA	EVAPOTRANSPIROMETROS Nos.			PROMEDIO		
		1	2	3			
ENERO	26.2						
FEBRERO	23.8						
MARZO	26.0						
ABRIL	27.6						
MAYO	25.4	137.6	154.4	149.0	147.0	54.9	37.4
JUNIO	25.0	159.7	170.4	151.3	160.4	63.2	39.4
JULIO	24.6	200.7	224.3	217.1	214.0	83.3	38.9
AGOSTO	24.6	304.5	296.3	245.0	281.9	182.5	64.4
SEPTIEMBRE	24.6	169.9	192.1	176.2	179.4	166.3	92.6
OCTUBRE	24.6	154.2	168.3	167.6	163.4	52.8	32.3
NOVIEMBRE	24.6	177.2	194.4	181.7	184.4	73.2	39.6
DICIEMBRE	24.9	115.5	135.0	114.0	121.5	19.7	16.2
TOTAL		1.420.3	1.535.5	1.401.9	1.452.0	695.9	
PROMEDIO TOTAL							47.8%

AÑO: 1.960	T°C	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (m.m.)				PRECIPITACION LL (m.m.)	EFICIENCIA DE LA LLUVIA %
		EVAPOTRANSPIROMETROS N°s.			PROMEDIO.-		
		1	2	3			
MESES.	MEDIA						
ENERO	22.9	210.9	229.5	224.7	221.7	-	-
FEBRERO	23.3	134.5	134.5	97.4	122.1	-	-
MARZO	24.7	210.0	189.4	168.7	189.3	-	-
ABRIL	26.0	148.5	178.5	207.0	178.0	20.7	11.6
MAYO	25.6	177.8	194.5	189.0	187.1	54.9	29.4
JUNIO	25.1	134.3	133.8	158.3	142.1	126.7	89.6
JULIO	24.4						
AGOSTO	24.8	75.1	66.9	75.0	72.3	180.0	249.0
SEPTIEMBRE	24.3	102.8	112.0	110.0	108.2	167.3	154.5
OCTUBRE	24.5						
NOVIEMBRE	24.4						
DICIEMBRE	23.2						
TOTAL		1.193.9	1.239.1	1.230.1	1.220.8	549.6	
PROMEDIO TOTAL							45.0 %

MARCHA DE LA LLUVIA-EVAPOTRANSPIRACION Y TEMPERATURA MEDIA DURANTE EL AÑO 1954

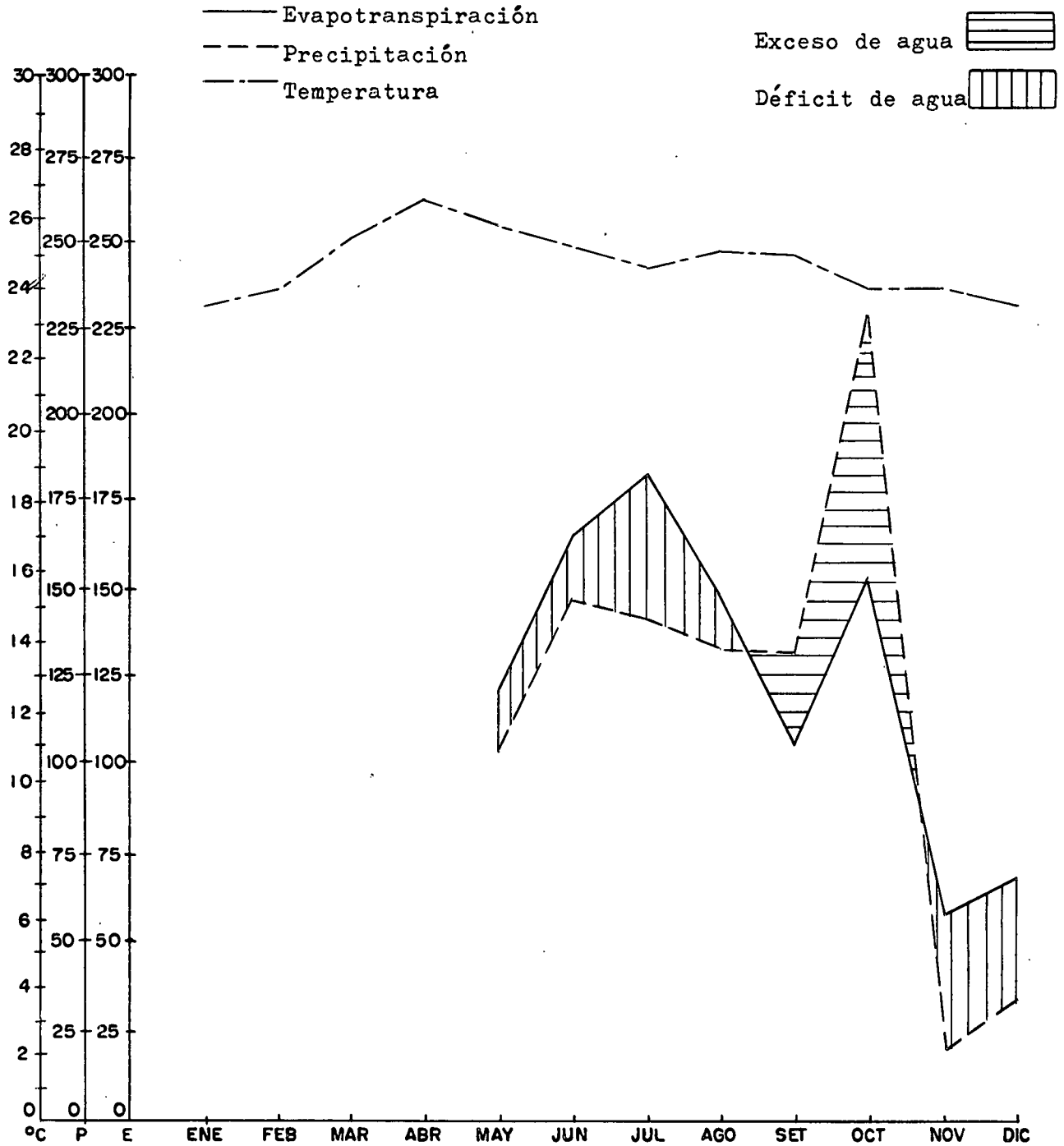


GRAFICO Nº 1 AÑO : 1954

MARCHA DE LA LLUVIA-EVAPOTRANSPIRACION Y TEMPERATURA MEDIA DURANTE EL AÑO 1955

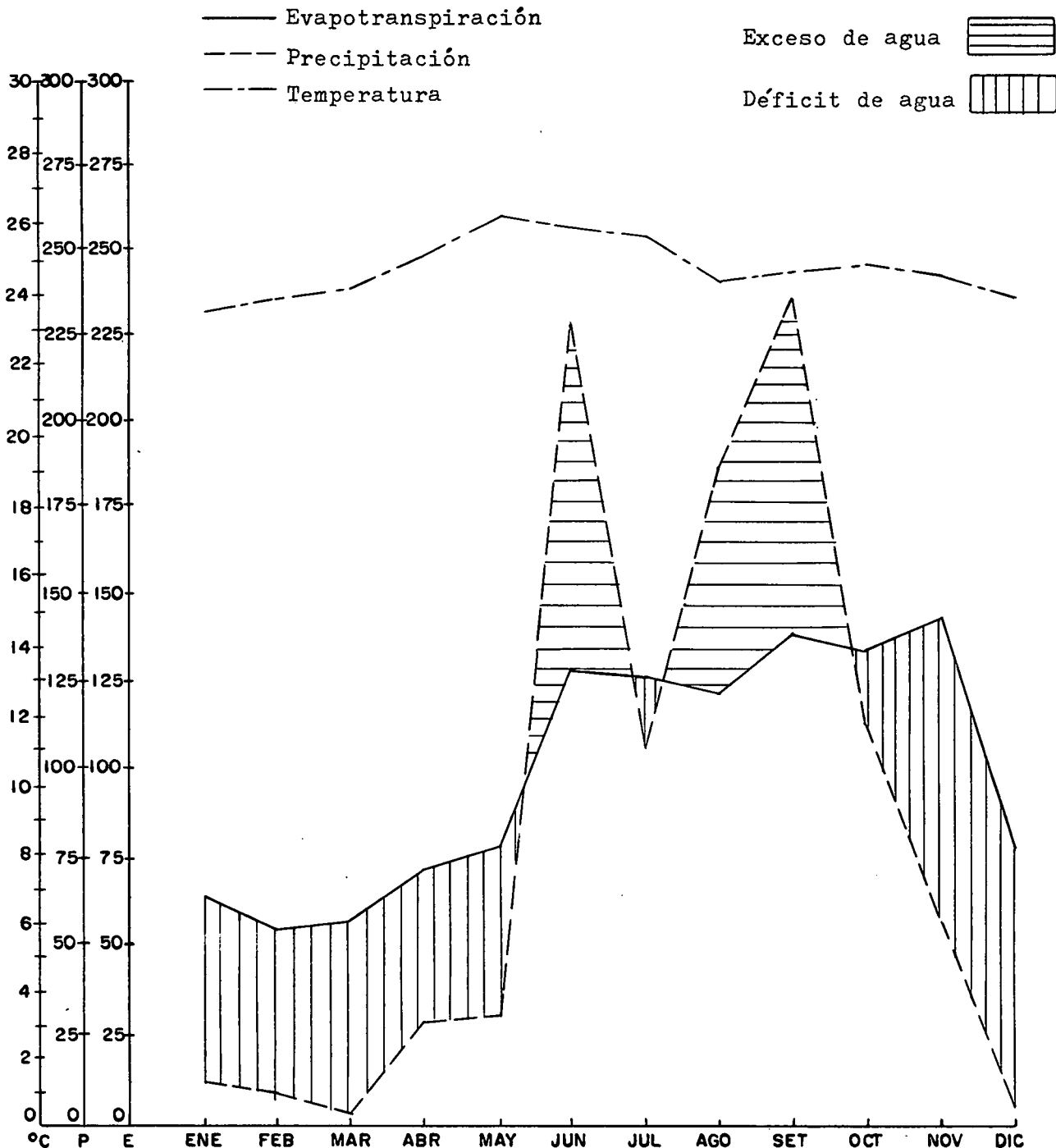


GRAFICO Nº 2 AÑO: 1955

MARCHA DE LA LLUVIA-EVAPOTRANSPIRACION Y TEMPERATURA MEDIA DURANTE EL AÑO 1956

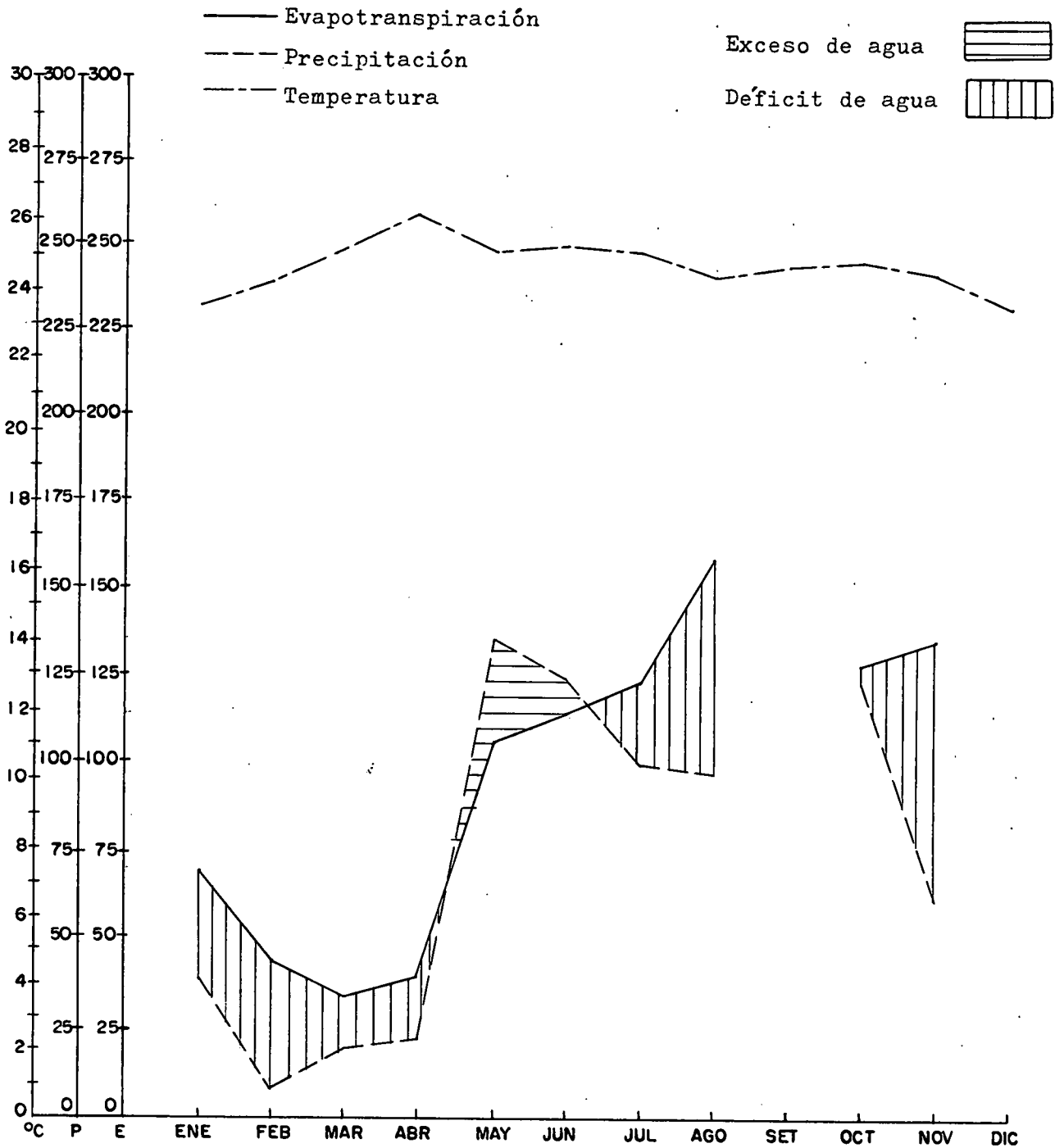


GRAFICO Nº 3 AÑO: 1956

MARCHA DE LA LLUVIA-EVAPOTRANSPIRACION Y TEMPERATURA MEDIA DURANTE EL AÑO 1959

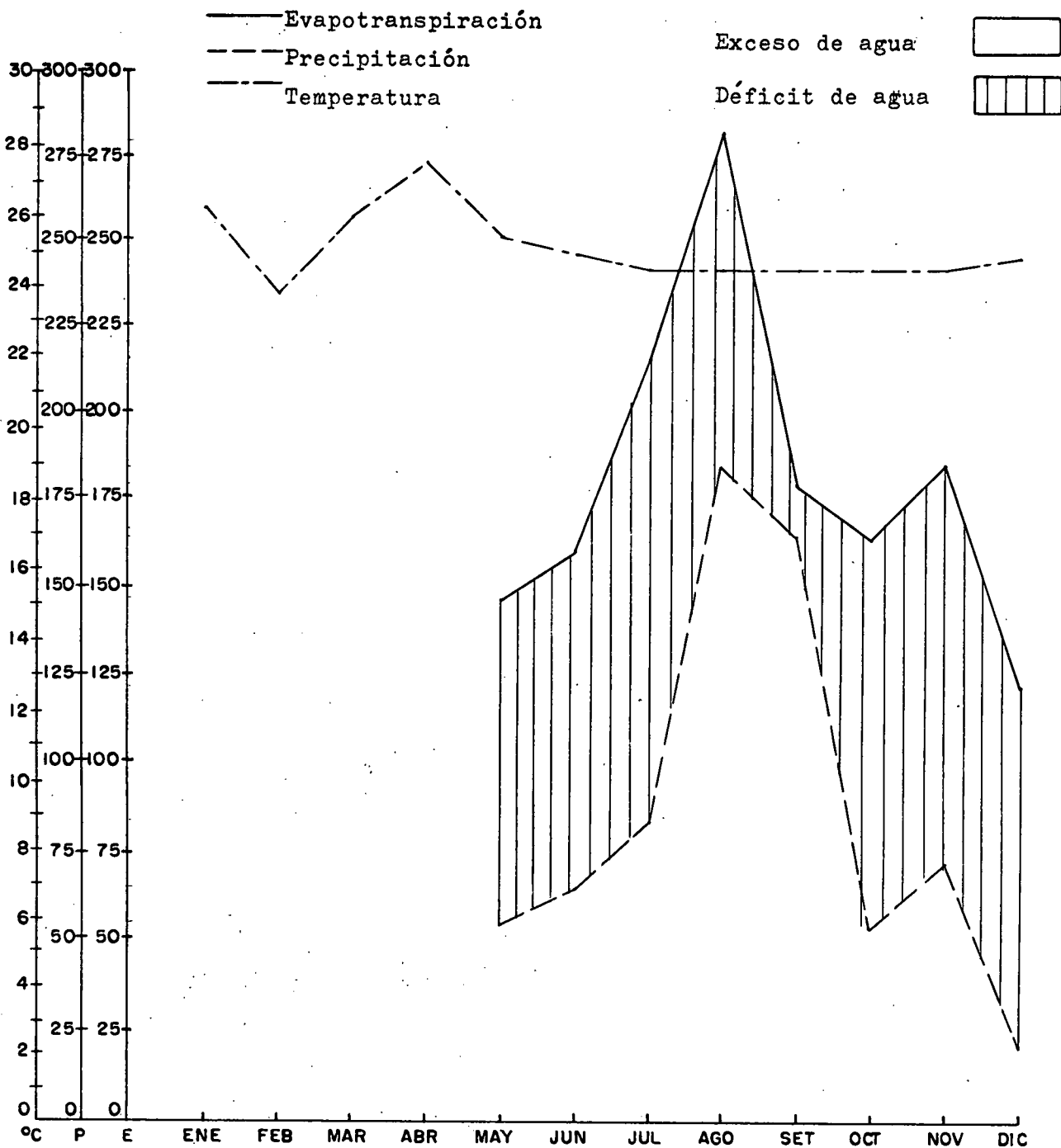


GRAFICO Nº 4 AÑO: 1959

MARCHA DE LA LLUVIA-EVAPOTRANSPIRACION Y TEMPERATURA MEDIA DURANTE EL AÑO 1960

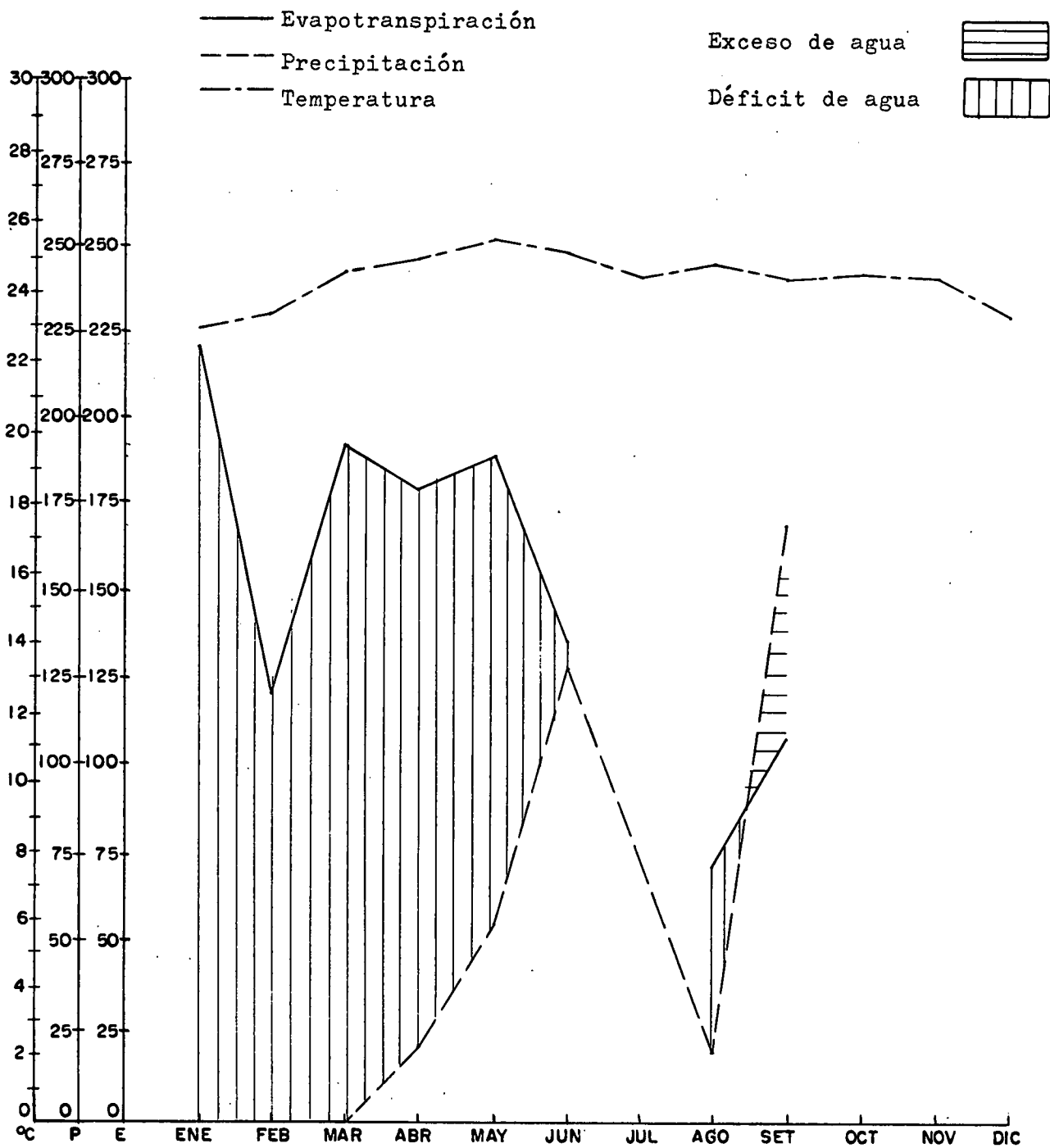


GRAFICO Nº 5 AÑO: 1960

Foto N°1.- Instalación de los seis evapotranspirómetros. Observe-se el sistema de abastecimiento subterráneo. Al fondo, la garita subterránea donde se encuentra el sistema de alimentación y descarga.

Foto N°2.- Detalle interior de uno de los tanques del evapotranspirómetro, se puede observar en el centro, el sistema de alimentación y drenaje.

Foto N°3.- Mecanismo de abastecimiento, control de nivel freático y descarga de los tanques del evapotranspirómetro.

Foto N°4.- Siembra de ajonjolí recién germinado en los tanques y la parcela.

Foto N°5.- Siembra de ajonjolí en la etapa de la floración. Se observa la uniformidad del cultivo dentro y fuera de los tanques.

Foto N°6.- Valores medios obtenidos durante el primer año (1954) con los seis tanques de los evapotranspirómetros, en el cultivo de maíz.

EVAPOTRANSPIROMETRO

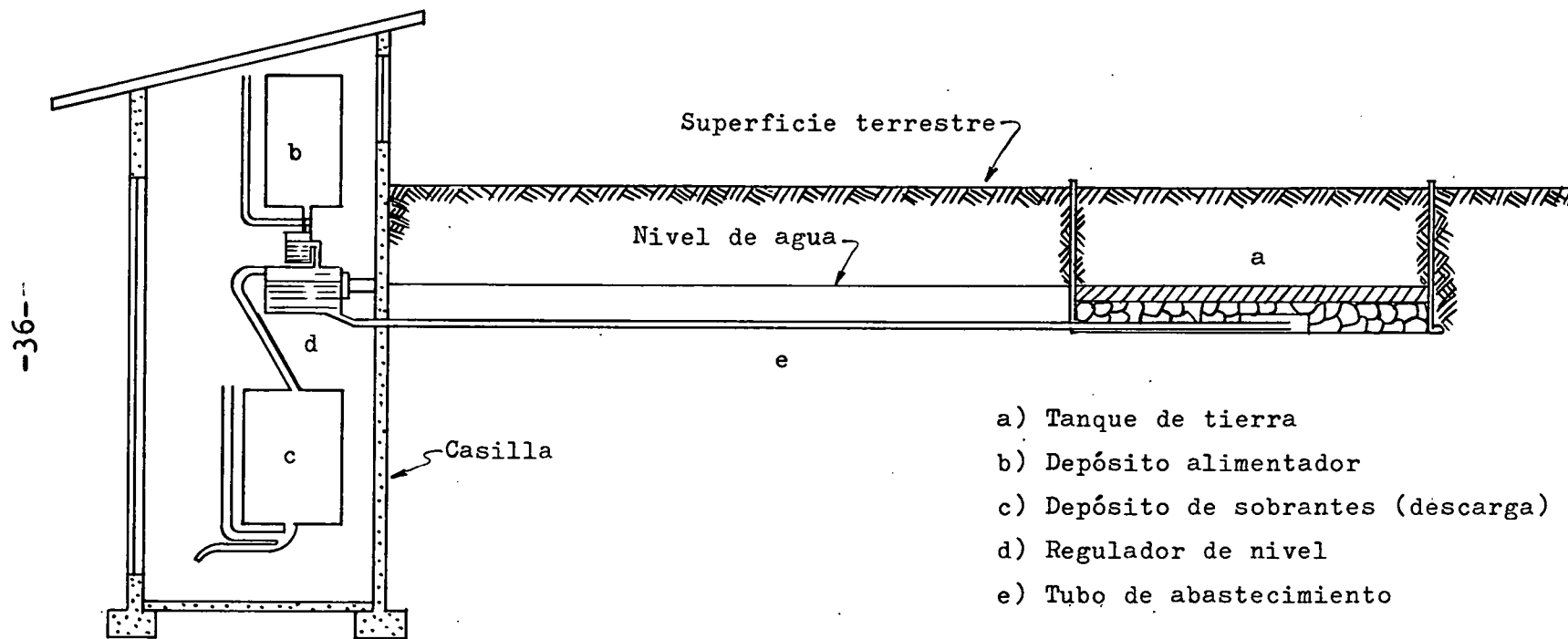


Figura N°1.-Diseño de la instalación del evapotranspirómetro en el campo experimental del Centro de Investigaciones Agronómicas del Ministerio de Agricultura y Cría, - en Maracay, (Edo. Aragua).-

EVAPOTRANSPIROMETROS PARA PASTOS

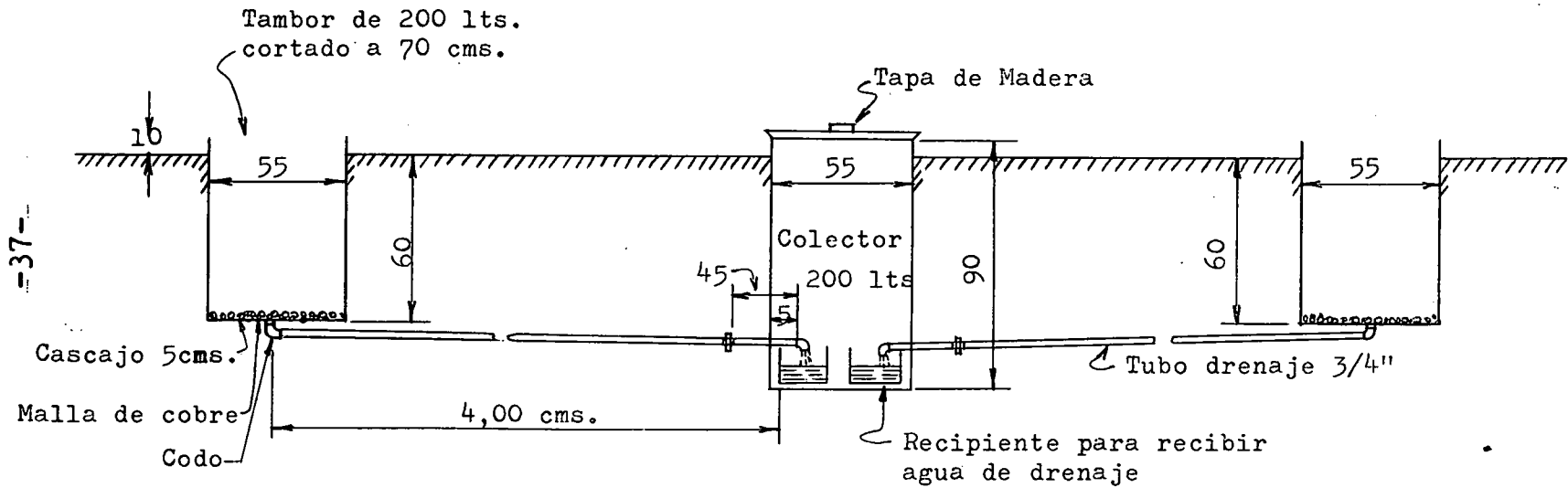


FIGURA Nº 2. Muestra el tipo de evapotranspirómetro utilizado en la determinación de los requerimientos de agua por los pastos, en la Facultad de Agronomía de la UCV. Se muestran dos evapotranspirómetros, fosas colectoras y distribución de los instrumentos en la zona de equilibrio.-

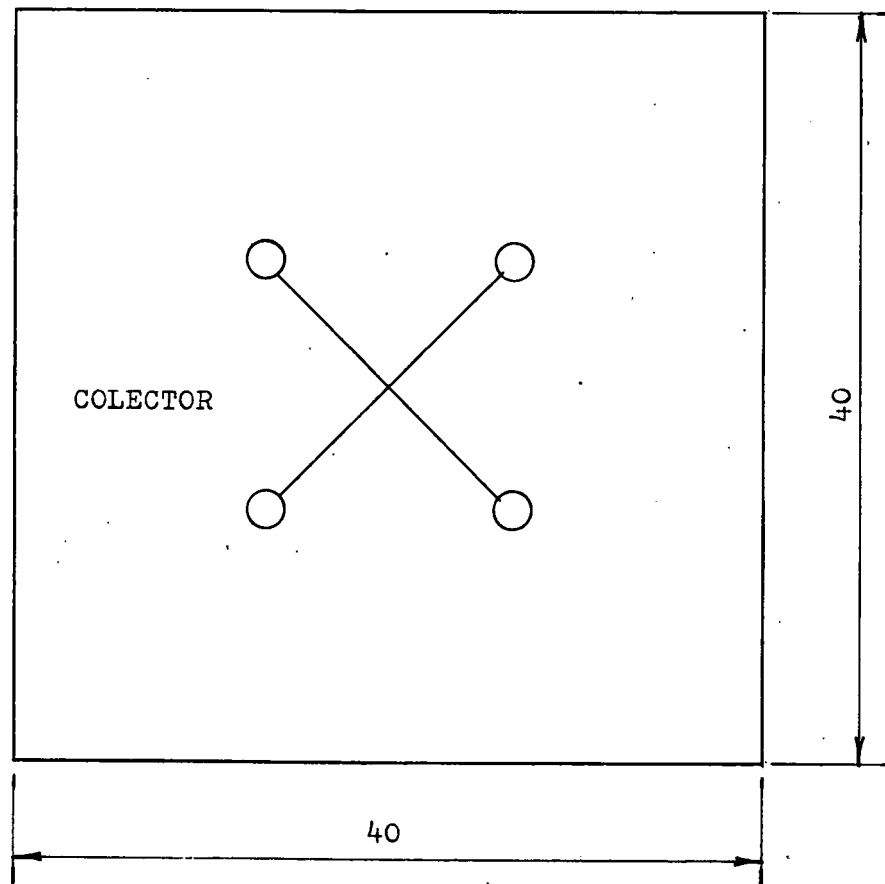
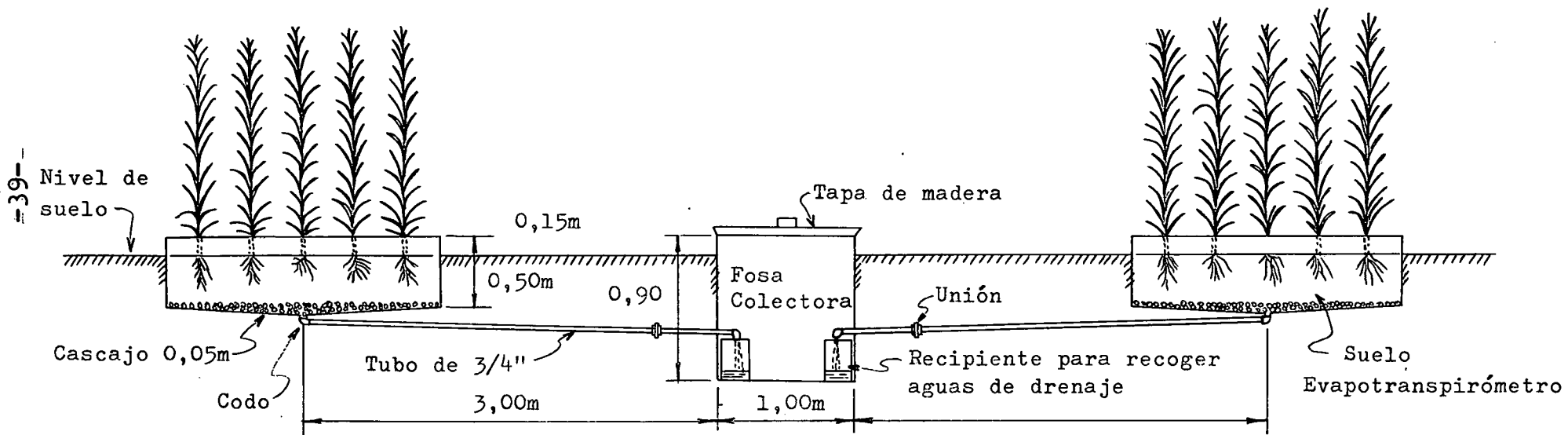


FIGURA Nº 3. Distribución de los evapotranspirómetros en el área BUFFER.



Evapotranspirómetros para caña de azúcar.
Se muestra el detalle en la construcción.

Proyectó:
C. Navarrete S.

FIGURA Nº 4. Evapotranspiración de la caña de azúcar.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.-MATHER, J.R.- The measurement of potential evapotranspiration.-
Publicación Laboratory of Climatology. Vol VII. N°1. Centerton,
New Jersey, U.S.A. 1954.
- 2.-BURGOS, J.J.- El evapotranspirómetro de Thornthwaite.- Revista
de la Facultad de Agronomía de La Plata. Rep. Argentina. Tomo
XXVII. Serie Agrometeorológica. Publicación N°2. 1950.
- 3.-SANCHEZ, C.J.- Los estudios de evapotranspiración.- Publicación
mimeografiada N°10. del Instituto Nacional de Agricultura. Mara-
cay. Enero de 1954.-
- 4.-M.A.C.- Centro de Investigaciones Agronómicas. Archives de la
Sección de Meteorología Agrícola. Maracay.
- 5.-NAVARRETE, S.C.- Estudio preliminar sobre evapotranspiración de
la caña de azúcar en Venezuela.- Trabajo presentado ante la Uni-
versidad Central de Venezuela, para optar al título de Profesor
Asociado en la Facultad de Agronomía de Maracay. 1965.
- 6.-NAVARRETE, S.C.- Determinación de los requerimientos de agua por
las plantas.-

Separata de la Revista de la Facultad de Agronomía de Maracay.
Vol III. N°2. Noviembre de 1963.-