



IICA



Centro Interamericano de
Documentación e
Información Agrícola
13 JUL 1994
IICA - CIDIA

**CONVENIO IICA-SENARA
II ETAPA DEL PROYECTO DE RIEGO
ARENAL-TEMPISQUE**

**PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA
PLANIFICACION DE LA AGRICULTURA
DE REGADIO EN EL DISTRITO ARENAL**

**BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO
FONDO DE INVERSION DE VENEZUELA**

SERVICIO NACIONAL DE AGUAS SUBTERRANEAS, RIEGO Y AVENAMIENTO

OFICINA DEL IICA EN COSTA RICA

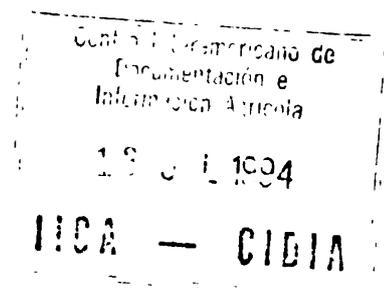
)



CONVENIO IICA-SENARA

II ETAPA DEL PROYECTO DE RIEGO

ARENAL-TEMPISQUE



**PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA
PLANIFICACION DE LA AGRICULTURA
DE REGADIO EN EL DISTRITO ARENAL**

Humberto Pizarro C.

**San José, Costa Rica
Mayo, 1993**

11CA
FOI 03954

00006747

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA PLANIFICACION DE LA AGRICULTURA DE REGADIO EN EL DISTRITO ARENAL

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
Tabla de contenido	i
Lista de cuadros	iii
Lista de figuras	iv
I. GENERALIDADES	1
II. OBJETIVOS	3
III. PLANIFICACION DE LA APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A LA PARCELA	3
3.1. Relación suelo-agua-planta-atmósfera	3
3.1.1. Una combinación adecuada de los elementos suelo-planta-aplicación del agua	5
3.1.2. Los requerimientos de riego	5
3.1.3. Largo y ancho de la unidad de riego	5
3.1.4. El módulo de riego	6
3.1.5. La frecuencia de riegos	6
3.2. Algunos elementos que deben tenerse en cuenta en la agricultura de regadío del Distrito Arenal	6
3.2.1. Las condiciones climatológicas	6
3.2.2. La textura del suelo	9
3.2.3. La productividad relativa	11
3.2.4. El déficit hídrico, la fenología del cultivo y la productividad relativa	14
3.2.5. Relación agua-suelo	17

	Pág.
IV. EL PLAN DE CULTIVO Y RIEGO	17
4.1. Concepción	17
4.2. Elementos que deben considerarse en la elaboración del plan de cultivo y riego	18
V. EJEMPLO DE ELABORACION DE UN PLAN DE CULTIVO Y RIEGOS	20
VI. FRECUENCIA DE RIEGOS Y VOLUMENES A APLICAR	23
6.1. Arroz	23
6.1.1. Primer ciclo (enero-junio)	23
6.1.2. Segundo ciclo (agosto-noviembre)	26
6.2. Caña de azúcar	28
6.3. Pastos	34
VII. CONCLUSIONES	41
VIII. BIBLIOGRAFIA	42
ANEXOS	

LISTA DE CUADROS.

		Pág.
Cuadro No.1	Planificación de la aplicación de agua a la parcela	4
Cuadro No.2	Estimación de los requerimientos de riego y los caudales para el plan de cultivo y riegos de una finca de 34 Has. En el distrito Arenal	21
Cuadro No.3	Precipitaciones mensuales en la estación Taboga. Período 1970-1991	44
Cuadro No.4	Probabilidad de ocurrencia de la precipitación mensual de la Estación Taboga	45

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Fig.1	Precipitación y evaporación acumuladas. Estación Taboga, 1991.	7
Fig.2	Precipitación y evaporación mensual. Estación Taboga, 1991.	8
Fig.3	Triángulo de clases texturales.	10
Fig.4	Relación entre el % de humedad disponible utilizads y el potencial matricial.	12
Fig.5	Productividad relativa del maíz en función del potencial matricial.	13
Fig.5a	Crecimiento relativo del tallo de caña de azúcar en función del potencia matricial del suelo.	15
Fig.6	Efecto del déficit fenológico sobre la productividad relativa.	16
Fig.7	Ciclo vegetativo de los cultivos: Arroz, Caña de Azúcar y Pastos, (San Luis, Distrito Arenal.	22
Fig.8a a 8 l	Ajuste a la distribución normal de la precipitación mensual (mm).	46 a 57

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES PARA LA PLANIFICACION DE LA AGRICULTURA DE REGADIO EN EL DISTRITO ARENAL

*R. Humberto Pizarro C**

I. GENERALIDADES

El riego es la aplicación artificial del agua a los terrenos agrícolas, para sustituirle la humedad necesaria al desarrollo de las plantas, en ausencia de lluvia natural. La fuente de agua puede ser un río, un lago natural, un reservorio artificial o la extracción del agua del subsuelo. Como en todo proyecto en el de riego se distinguen dos aspectos: El Estructural y el No Estructural. El primero se refiere a las obras físicas: construcción de la presa para formación del embalse o la presa de retención para la derivación del agua al canal, la red de canales: Primarios, secundarios, terciarios, la red de drenaje, la red de caminos, las obras de arte como alcantarillas, caídas, sifones, acueductos, etc. y el segundo está en relación con la productividad y la producción agropecuaria, es decir, trata del productor y su capacitación; de la adecuación de la tierra a la agricultura de regadío, de la organización de los usuarios, de la relación suelo-agua-planta-atmósfera, del crédito, de la comercialización, de la generación y transferencia de tecnología y de la agroindustria y de todas las actividades derivadas.

Es muy común asociar las obras civiles con el sistema de riego y a este último se le identifica con la red de canales; la presa, las obras de arte, los caminos y la red de drenaje, dedicándosele la mayor parte de la inversión dejando muy poco para el componente no estructural, sin tener en cuenta que el monto gastado sólo podrá recuperarse si la productividad y la producción aumentan lo que incrementa, consecuentemente, los beneficios de los productores y con ello su capacidad de pago, al mismo tiempo que la creación de empleos y por el efecto multiplicador de la economía, se obtienen ventajas que permiten activar el desarrollo Regional.

La necesidad de riego en las zonas semitropicales surge debido a la ausencia espacio-temporal de la lluvia. En el espacio porque la precipitación no cubre simultáneamente toda el área y en el tiempo, porque este elemento se concentra en algunos meses del año, eso hace que el riego sea un factor importante de la producción agrícola y que juegue un rol preponderante en el éxito de la actividad agropecuaria. En el caso del Distrito de Riego Arenal, anualmente la evaporación es mayor que la precipitación y esta última se produce en dos períodos: mayo, junio y

* *Consultor en Riego y Drenaje Convenio IICA-SENARA.*

setiembre, octubre y noviembre. En general, el período seco es de siete meses y la precipitación promedio es superior a 1.350 mm. por año, o sea, 13.500 m³ de agua, con lo que se puede obtener una cosecha de arroz y tal vez una de caña de azúcar. Desafortunadamente la variabilidad de la lluvia no asegura la obtención de una cosecha con rendimientos económicamente atractivos. El riego aporta a los productores la seguridad de la cosecha, les permite dar al suelo el agua que las plantas requieren en la época crítica del desarrollo del cultivo, que de lo contrario afectaría la productividad.

En ese sentido el riego en el Distrito Arenal otorga a la agricultura la flexibilidad necesaria para poder adaptar los cultivos a sus mejores condiciones climáticas, de tal manera que los períodos vegetativos coincidan con las situaciones más favorables que conduzcan a la obtención de los mejores rendimientos de la parte comercial. Hay que destacar que el agua de riego es un factor que contribuye significativamente en la productividad de los cultivos en comparación a los otros insumos (semillas, fertilizantes y otros agroquímicos) y que por lo tanto merece una singular consideración que debe reflejarse en la tarifa, la cual debe servir a la autofinanciación de los costos de los servicios de operación, mantenimiento y administración, así como aquellos derivados de hacer disponible el agua en la cabecera de la parcela.

La aplicación del agua a la parcela, para ser eficiente requiere reducir al máximo aquellas cantidades que no son aprovechadas por el uso consuntivo de las plantas, es decir, disminuir la escorrentía superficial, la percolación profunda, la retención superficial en depresiones de la superficie del terreno, para esto es conveniente efectuar la adecuación parcelaria, lo que significa hacer las nivelaciones, determinar los bancales o terrazas, determinar el grado de pendiente longitudinal y transversal, enseguida, según la respuesta de la planta a la humedad determinar la forma de poner el agua en el suelo, melgas, surcos, corrugaciones. (Admitimos que el riego será por gravedad).

La interacción suelo-agua es muy compleja, por lo que es muy conveniente realizar ensayos de campo para determinar la óptima relación entre el caudal y las dimensiones de la Unidad de Riego (largo de surco, largo de corrugaciones, largo y ancho de melgas) que nos dé la mayor eficiencia, humedeciendo la profundidad del perfil del suelo requerida, sin erosionar el suelo. Es la práctica, la que nos ayudará a ganar experiencia y a obtener los criterios para tomar la mejor decisión. Para comenzar los trabajos de campo, puede utilizarse los resultados indicados en la literatura para condiciones similares. La observación cuidadosa en el momento de realizar las pruebas, el respeto a los principios hidráulicos que gobiernan el flujo del agua, sobre superficies rugosas y porosas y la reflexión son elementos que favorecen hacer una buena elección de los factores del riego. Es importante destacar que el suelo es un reservorio limitado y permeable, que una vez excedido en contenido de humedad, el agua se desplaza y que por lo tanto, hay un movimiento continuo del agua de zonas de mayor energía a zonas de menor energía.

En otro enfoque es digno de resaltar, que los productores agrícolas bajo riego tengan en cuenta los esfuerzos financieros que debe de hacer el país, para conseguir los montos que demande la construcción de las obras y que comprometen por muchos años el equilibrio económico del país y que todos los ciudadanos tienen que pagar. Paralelamente hay que destacar que la concentración de la inversión en el Proyecto de Riego Arenal deja de lado otros proyectos, en consecuencia es una ventaja que los productores del Distrito Arenal adquieren con respecto a los otros costarricenses y por lo tanto, hay un compromiso de parte de los beneficiarios para que contribuyan tanto a la recuperación de la inversión como a los costos que demanden los servicios de mantener un sistema de riego para una agricultura de regadío, intensiva, conservacionista y sostenible.

II. OBJETIVOS

Esta publicación pretende dar una visión de los componentes de la agricultura de regadío, ofreciendo ideas para su buena utilización y destacar el rol fundamental que desempeña el plan del cultivo y riegos en el ordenamiento del uso del agua disponible para establecer una distribución racional según el área y los cultivos sembrados para asegurar las cosechas, especialmente en las épocas de escasez del recurso hídrico.

III. PLANIFICACION DE LA APLICACION DEL AGUA DE RIEGO A LA PARCELA

3.1 Relación Suelo-Planta-Agua-Atmósfera

En la agricultura de regadío debe de considerarse de manera integral, las características individuales de cada uno de los elementos: suelo, planta, clima y agua (cuadro 1). Además de los insumos que intervienen en la tecnología agronómica del cultivo, en ese sentido deberá planificarse:

- Una combinación adecuada de los elementos: suelo, planta y aplicación del agua.
- Los requerimientos de riego: lámina, volumen.
- El largo y ancho de la Unidad de riego en concordancia con la pendiente y el caudal disponible. (Este trabajo debe realizarse en el terreno y hacerse una cuidadosa evaluación).
- La determinación del módulo de riego (caudal que un regador puede manejar con eficiencia).

- La frecuencia de riego (según el uso consuntivo del cultivo, la infiltración y el contenido de humedad del suelo más apropiado para el desarrollo del cultivo, según su etapa fenológica.
- La eficiencia de utilización del agua (según el tipo y la modalidad de aplicación del agua: surcos o melgas).

Las consideraciones presentadas se conjugan en el plan de cultivos y riegos que anualmente debe ser presentado por los usuarios, a fin de elaborar por canal, por sector hidráulico, por zona y para el Distrito los requerimientos de Riego, así que la superficie máxima por cada cultivo que recibirá agua durante el ciclo, para la obtención de la cosecha. Mientras no se elabore el plan de cultivos y riegos para el Distrito, continuarán creándose conflictos entre los usuarios y SENARA en las áreas piloto de San Luis y Bagatzí.

CUADRO 1

PLANIFICACION DE LA APLICACION DE AGUA A LA PARCELA

EL SUELO	LA PLANTA	EL CLIMA	EL AGUA
Curva de infiltración Velocidad de infiltración Textura Estructura Fertilidad Profundidad Estratificación del perfil Propiedades hídricas Curva de retención de humedad Capacidad de campo Coeficiente de marchitez Agua aprovechable Densidad aparente Necesidad de adecuación parcelaria Contenido y tipo de sales Profundidad del nivel freático Terrazas, bancales	Período vegetativo Fecha de siembra Parte comercial Ciclo fenológico Período crítico Coeficientes de uso consuntivo Necesidad de drenaje Profundidad de raíces Hábito de crecimiento con respecto al agua Período de riego Función de producción Rendimientos Exigencias de factores meteorológicos en su ciclo fenológico Formas de riego: surcos, melgas, corrugaciones	Temp. media Temp. mínima Temp. máxima Horas de sol o brillo solar Radiación solar Humedad relativa Precipitación total anual Ciclo de lluvias Duración de c/período: Seco Lluvia Seco Lluvia Viento Evaporación Evapotranspiración potencial Intensidad de lluvia	Fuente Volumen total Caudal Disponibilidad estacional Calidad

3.1.1 Una combinación adecuada de los elementos: suelo-planta-aplicación del agua

Cada planta según el tipo y perfil del suelo, así como su tolerancia a la humedad desarrolla su sistema radicular y adquiere un crecimiento particular, así por ejemplo: el arroz requiere de condiciones de saturación y sus raíces alcanzan de 0.15 a 0.18 m. Luego para el arroz será conveniente un suelo pesado (arcilloso o franco arcilloso), que presente a poca profundidad (0.20 a 0.30 m.) una capa impermeable ($K \leq 0.001$ m/día) que impida la percolación del agua, este cultivo se riega por melgas. En el caso del maíz se desarrolla bien en suelos profundos y su sistema radicular puede alcanzar de 0.9 a 1.20 m. Requiere de aereación. Para este cultivo se recomendará suelos francos, francos limosos, franco arenosos y se regará por surcos con láminas pequeñas pero frecuentes.

3.1.2 Los requerimientos de riego

Cada planta creciendo en un clima determinado, tiene un uso consuntivo particular, las necesidades hídricas restadas de la lluvia efectiva dan los requerimientos netos de riego; estos últimos divididos por la eficiencia del uso del agua conducen a los requerimientos brutos de riego, los cuales se expresan en lámina (cm. de altura de agua), en volumen (m³/ha.) o en caudal (l/s-ha.).

- a. La lluvia efectiva es la parte de la lluvia total que el suelo retiene y que las plantas pueden aprovechar para su desarrollo. En el procedimiento para el cálculo de este elemento, recomendado por el Servicio de Conservación de Suelos U.S.D.A., se hace intervenir la evapotranspiración y la precipitación total en el mes. El valor máximo mensual a partir del cual el exceso de lluvia ya no es beneficioso para el cultivo es de 200 mm.
- b. La eficiencia del uso del agua se evaluará en el terreno como la relación entre la cantidad que se requiere para hacer la agricultura y la que se recibe de la red de riego. En general en el riego por gravedad que impera en el Distrito Arenal, la eficiencia es baja, puede estimarse en 40%. Los requerimientos de riego pueden calcularse cada 15 días o cada mes.

3.1.3 El largo y ancho de la Unidad de Riego

Para que la aplicación del agua a la parcela sea eficiente, debe de buscarse un humedecimiento uniforme del perfil del suelo a la profundidad requerida, al mismo tiempo que se disminuye la escorrentia superficial. Para lograr este cometido, es conveniente realizar ensayos en el campo combinando pendiente del terreno y caudal con el avance del flujo.

Estas experiencias deben realizarse tanto para el riego por surcos como por melgas. Destaquemos también que la infiltración acumulada nos determina el tiempo de riego, es decir el lapso necesario para aplicar la lámina requerida.

3.1.4 El módulo de riego

El módulo de riego es el caudal en litros por segundo, que un regador puede manejar eficientemente. Esto permitirá conocer, a partir del caudal unitario por surco o por melga el tiempo que ese caudal se aplicará a una determinada área de riego.

3.1.5 La frecuencia de riegos

Conociendo el volumen total a aplicar durante el período y según la capacidad de retención de los suelos, en cada riego el suelo recibirá la totalidad o una parte de ese total. La frecuencia de riegos es el número de veces que en el período dado, debe de aplicarse el agua para cubrir los requerimientos de riego.

3.2 Algunos elementos que deben tenerse en cuenta en la agricultura de regadío del Distrito Arenal

3.2.1 Condiciones climatológicas

Las condiciones climatológicas para la Estación Taboga pueden suponerse representativas del Distrito de Riego Arenal. Al comparar la evaporación y la precipitación, la figura 1 muestra que la evaporación acumulada es superior a la precipitación también acumulada, si se considera que la primera es un indicador de los requerimientos de riego puede deducirse que en esta zona la agricultura intensiva, sólo será posible si se hace intervenir el riego suplementario.

La figura 2 presenta la variación mensual de estos dos elementos meteorológicos: se aprecia que hay dos períodos secos, uno largo de noviembre a abril (6 meses) y otro corto en julio y dos períodos lluviosos mayo-junio y el otro agosto, setiembre, octubre, siendo la precipitación mensual en este período mayor que en el primero. La evaporación es superior a la precipitación en los períodos secos y menor que la precipitación en los períodos húmedos.

Figura nº1

Precipitación y Evaporación Acumulada

Estacion Taboga 1991

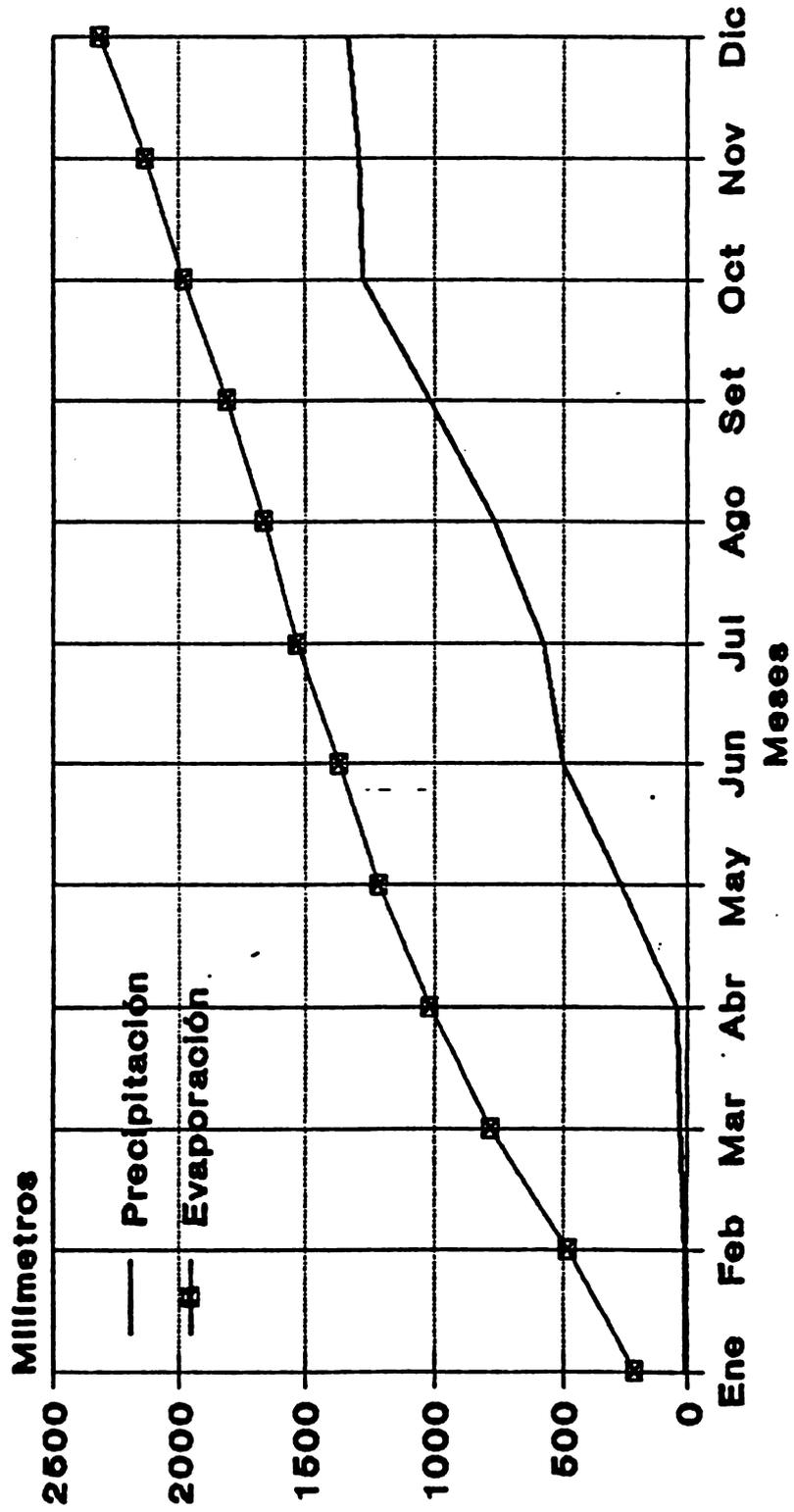
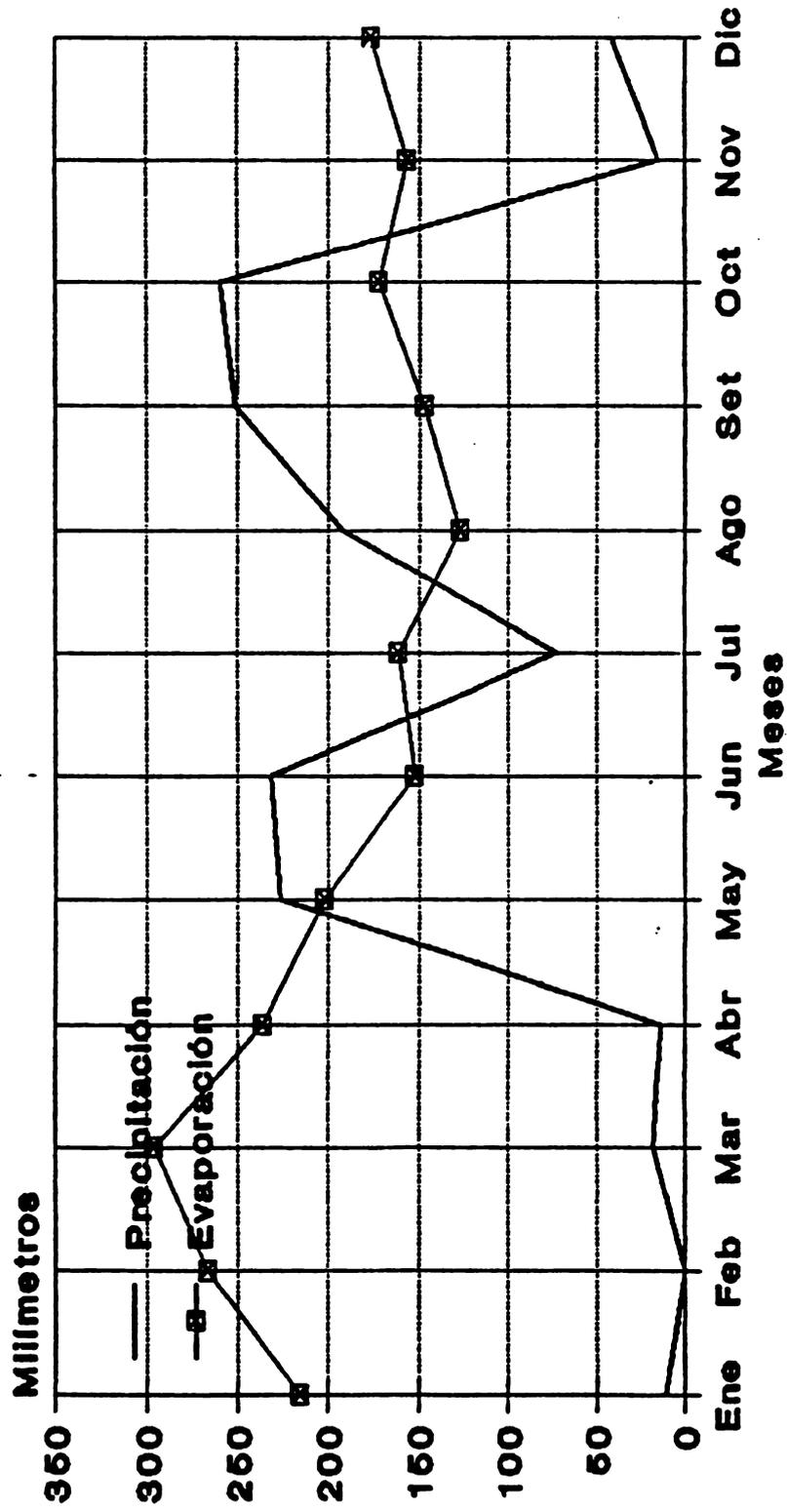


Figura nº2

Precipitación y Evaporación Mensual Estación Taboga 1991



Esta situación obliga a la programación de los riegos en las épocas secas, y el plan de cultivo y riegos juega un rol muy importante en asegurar la superficie que recibirá agua sin limitaciones y que los productores conozcan las áreas que pueden sembrarse de cada cultivo, especialmente en las áreas de Bagatzí (alimentado por el río Piedras) y San Luis (el agua de riego es derivada del río Cañas) donde los caudales disponibles en la época seca disminuyen considerablemente, creando situaciones conflictivas entre los usuarios y los funcionarios del Distrito Arenal.

También este comportamiento de la precipitación permite planificar las actividades de mantenimiento en las épocas, donde las necesidades de operación disminuyen. Así se combina la labor de reparaciones en función de la agricultura de regadío. Es importante que el plan de cultivo y riegos prevea la realización anual de las tareas de mantenimiento.

3.2.2 La textura del suelo

En general, en la agricultura de regadío se asocia la textura del suelo con su capacidad para la retención de humedad. Para la clasificación se emplea el triángulo textural, (figura 3), en el cual se observa que las clases texturales pueden ser: Arcilla, Arcillo-Arenoso, Arcillo Limoso, Franco Arcilloso, Franco Arcillo Limoso, Franco Arcillo Arenoso, Franco, Franco Limoso, Franco Arenoso, Arena Franca, Arena y Limo. Para cada clase textural existe una gama de posibilidad de combinar los porcentajes de Arcilla, Limo y Arena, así por ejemplo: los suelos cuya composición se da a continuación, se clasifican como franco limoso:

ARENA %	LIMO %	ARCILLA %
40	55	05
30	60	10
35	60	05
25	65	10
20	70	10
20	75	05
25	60	15
20	60	20
10	70	20
5	75	20

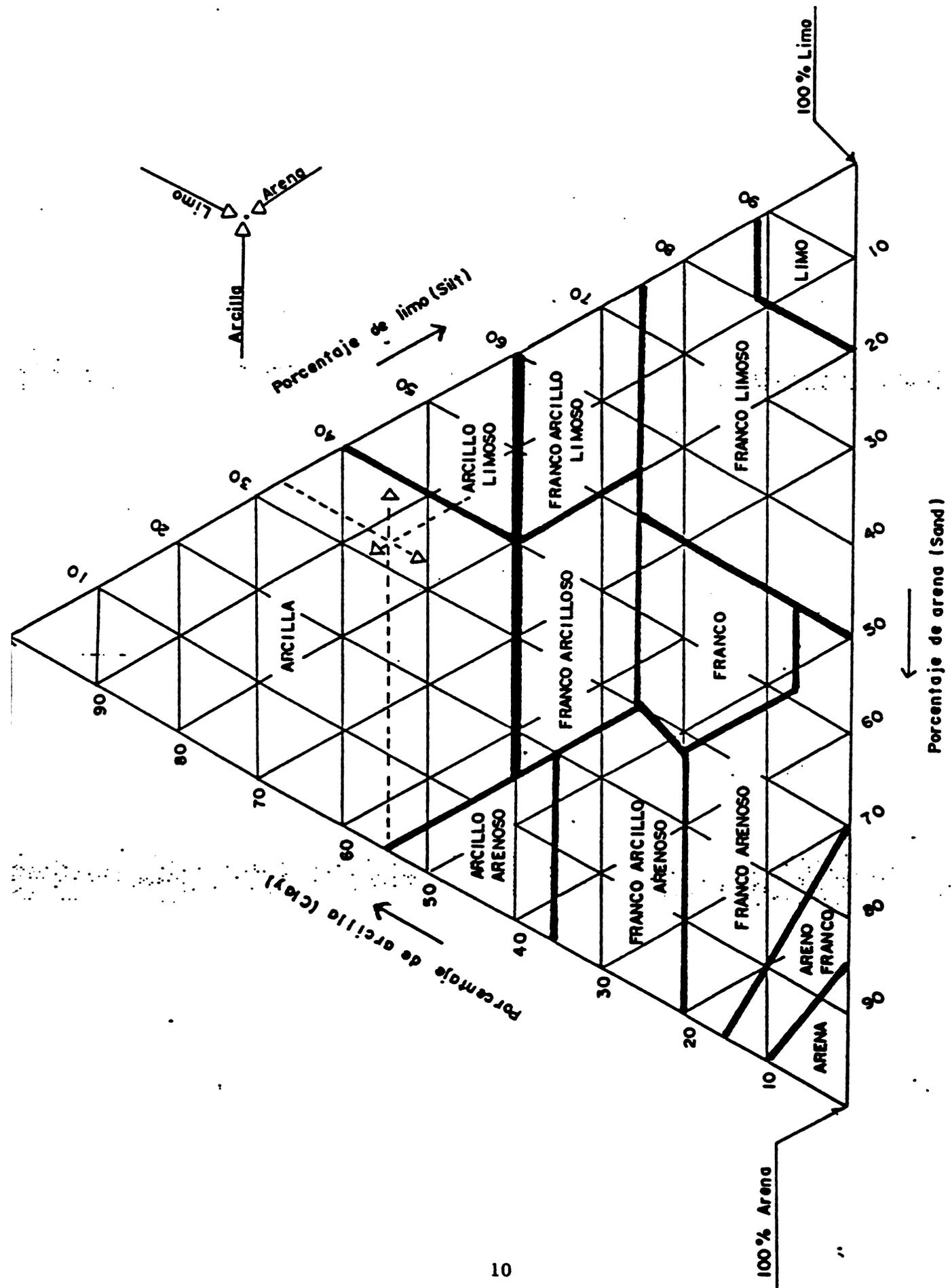


Figura 3 TRIANGULO DE CLASES TEXTURALES

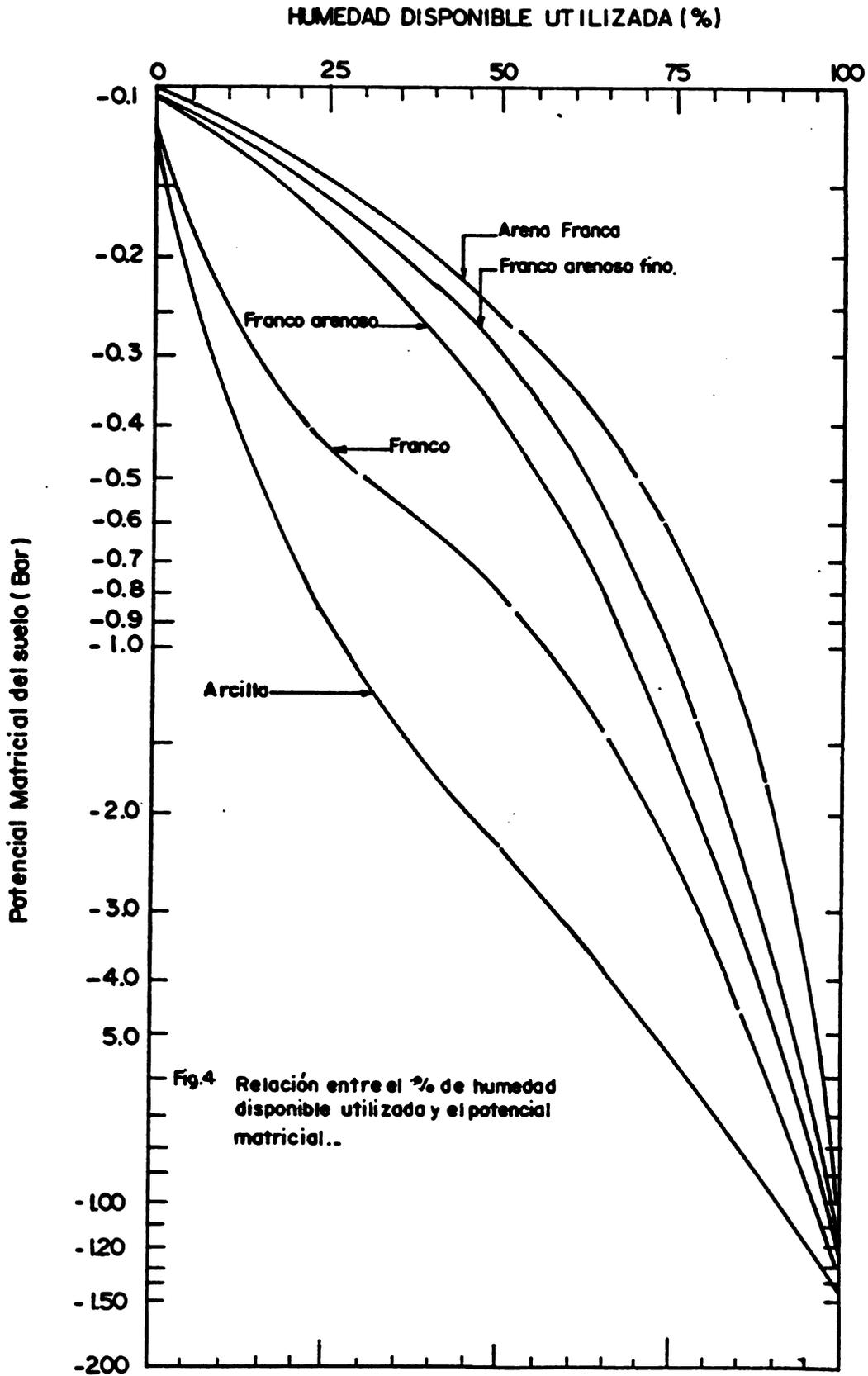
Esto nos indica que la clase textural es sólo una orientación del tipo de suelo y que las características hídricas, deben ser determinadas para cada caso, a fin de obtener la curva de retención de humedad que al lado de las exigencias del cultivo nos facilite la planificación del riego.

Dentro de esa generalidad, en la figura 4 se ilustra para diferentes clases texturales las curvas de disponibilidades de humedad en el suelo utilizada (abscisas) en función del potencial matricial del suelo (tensión o presión negativa), esta última es la presión con que el suelo retiene la humedad, equivalente a la presión que ejercen las plantas para obtener esa humedad. El enunciado recíproco de Humedad Disponible utilizada, es Humedad Disponible retenida. La Humedad Disponible es el contenido de humedad del Suelo comprendido entre la capacidad de campo y el coeficiente de marchitez, expresado en porcentaje (%). La indicación de humedad disponible utilizada de 25% corresponde a 75% de la humedad disponible retenida.

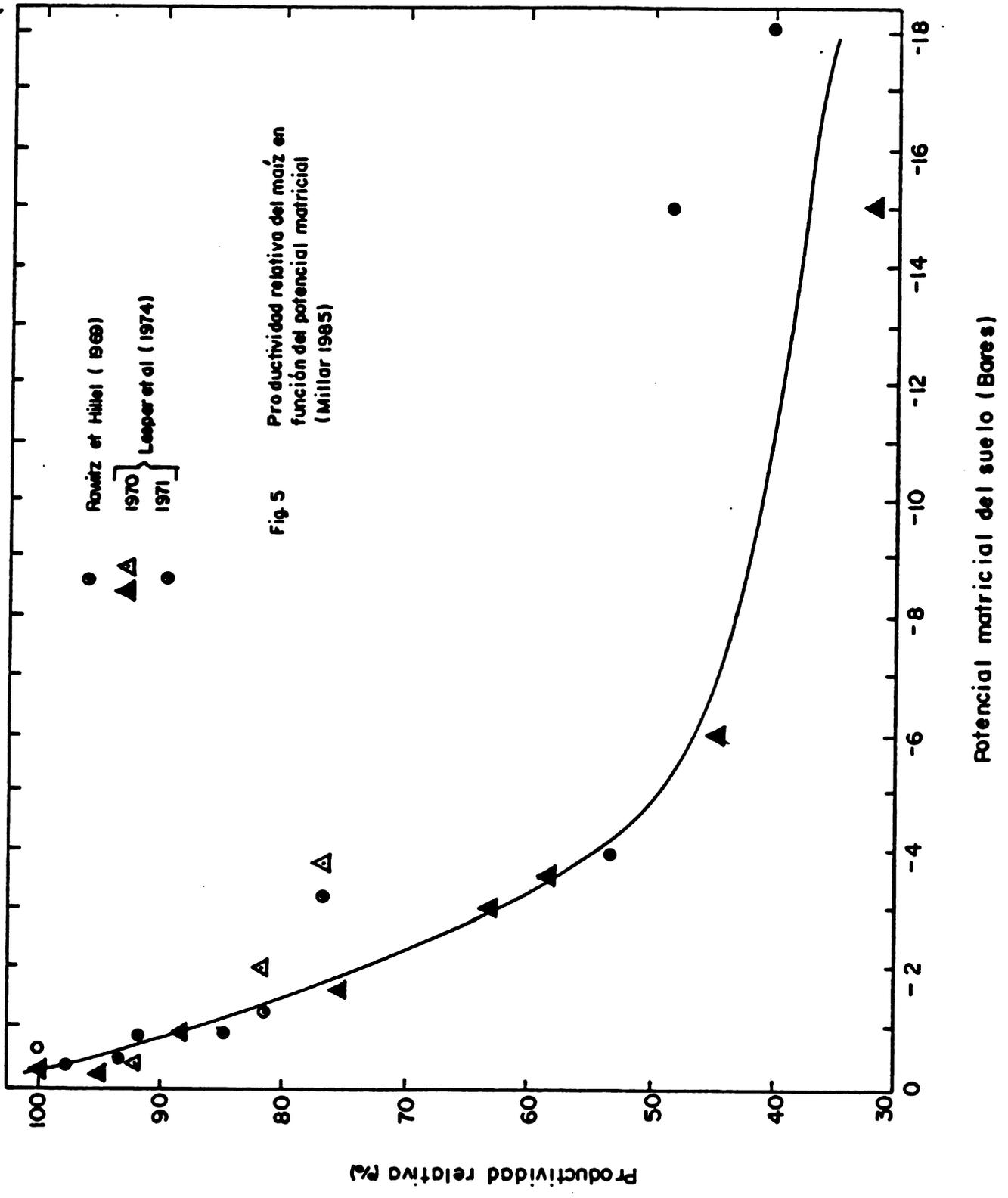
Para un valor dado del potencial matricial del suelo, la humedad disponible utilizada en % crece de las texturas pesadas a las livianas: Arcilla, Franco, Franco Arenoso, Franco arenoso fino y Arena franca, al contrario la humedad disponible retenida decrece en el mismo orden textural, lo que significa que para un mismo potencial matricial, los suelos pesados (arcillosos) retienen mayor porcentaje de humedad disponible que los suelos livianos (arenosos).

3.2.3 La productividad relativa

La productividad óptima de una planta creciendo sin limitaciones de humedad, puede considerarse equivalente al 100%. La productividad obtenida de una planta que crece con limitaciones de humedad puede expresarse en porcentaje de la productividad óptima, el cociente se ha designado como productividad relativa. De la figura 4 se deduce la relación entre el potencial matricial del suelo y la productividad relativa, ya que el potencial matricial del suelo está ligado al contenido de humedad y éste a la productividad relativa. En la figura 5, se observa que en el caso del maíz, si se riega cuando el contenido de humedad es tal que el potencial matricial del suelo es 2 bares (Un bar = 1 atmósfera = 10.33 m de altura de agua = 76 cm. de altura de mercurio = 14.7 libras por pulgada cuadrada = 1 kilogramo fuerza por cm²), la productividad relativa es de 73% y si el potencial matricial es de 4 bares, la productividad relativa es de 53%.







Teniendo en cuenta que las plantas al crecer en stress por falta de humedad, disminuyen su productividad relativa y que también existe un límite de contenido de humedad por arriba del cual la productividad relativa no es afectada. Es muy importante, en la agricultura de regadío determinar ese valor de humedad del suelo al cual debe realizarse el riego, porque ese límite, en función de la evapotranspiración real del cultivo determina la frecuencia de los riegos, las láminas y los volúmenes por aplicar. La figura 5a muestra el crecimiento relativo del tallo de la caña de azúcar, en función del potencial matricial del suelo. Si se riega cuando el potencial matricial del suelo alcanza una atmósfera, el crecimiento relativo del tallo es del 78% y si se riega cuando el potencial matricial del suelo llega a 2 atmósferas, el crecimiento relativo del tallo es del 46% lo cual influye en el rendimiento del cultivo.

3.2.4 El déficit hídrico, la fenología del cultivo y la productividad relativa:
 En su desarrollo vegetativo la planta desde su germinación hasta su cosecha, atraviesa por varios estados, cada uno de los cuales presenta signos exteriores distinguibles, esos son los períodos fenológicos del cultivo, durante los cuales sus necesidades en nutrimentos y en humedad son también variables y cuya limitación afecta en cierto grado la productividad relativa del elemento comercial. Un ejemplo de estos aspectos se muestra en la figura 6; donde en las abscisas se presenta la fenología del maíz en la que se indican:

ESTADO	DIAS DESPUES DE LA GERMINACION
Germinación	0
Inicio de la floración femenina	60
Fin de la polinización	74
Formación del grano lechoso	88
Presentación del grano semiconsistente	100
Presentación del grano brillante	112
Presentación del grano maduro	120

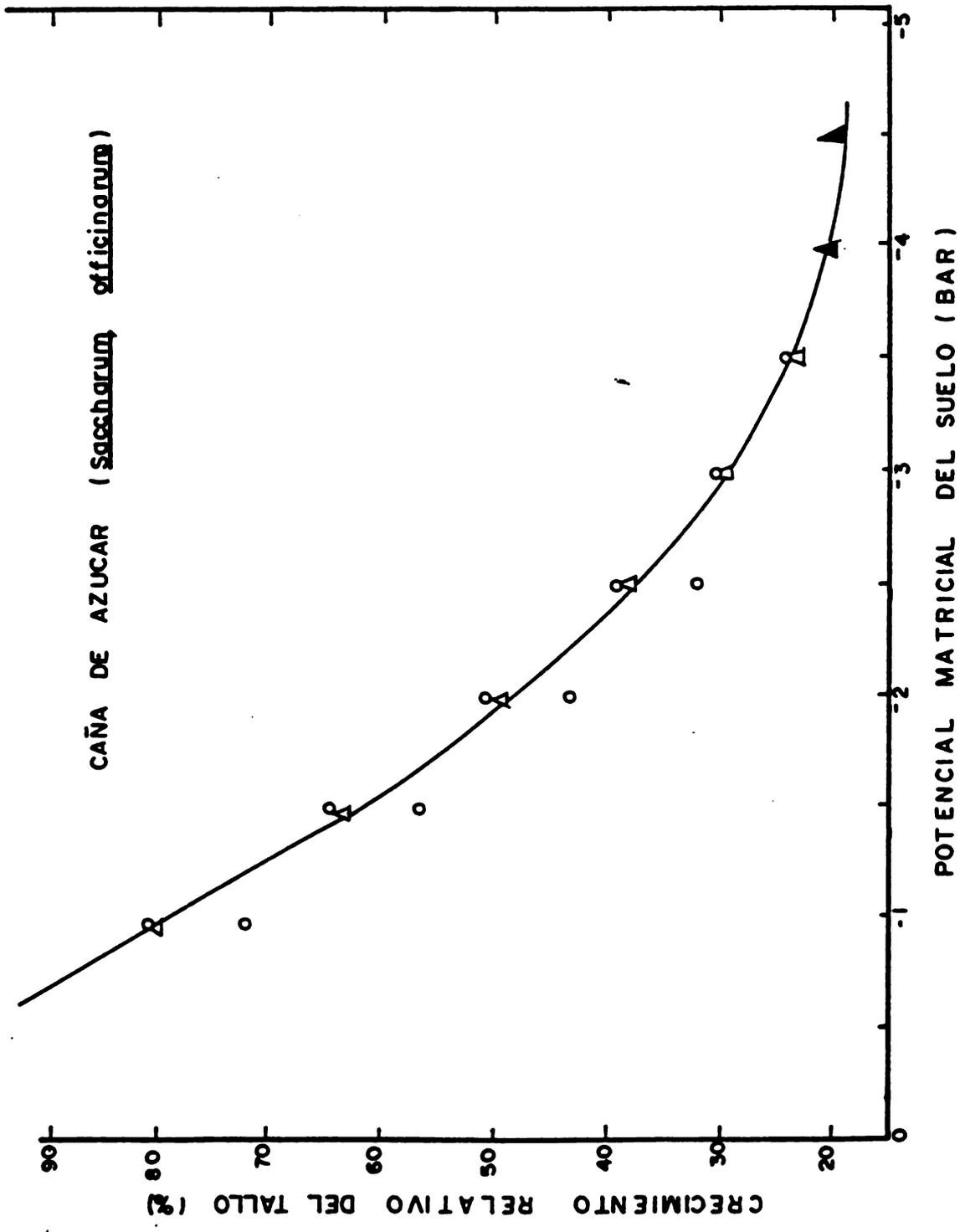
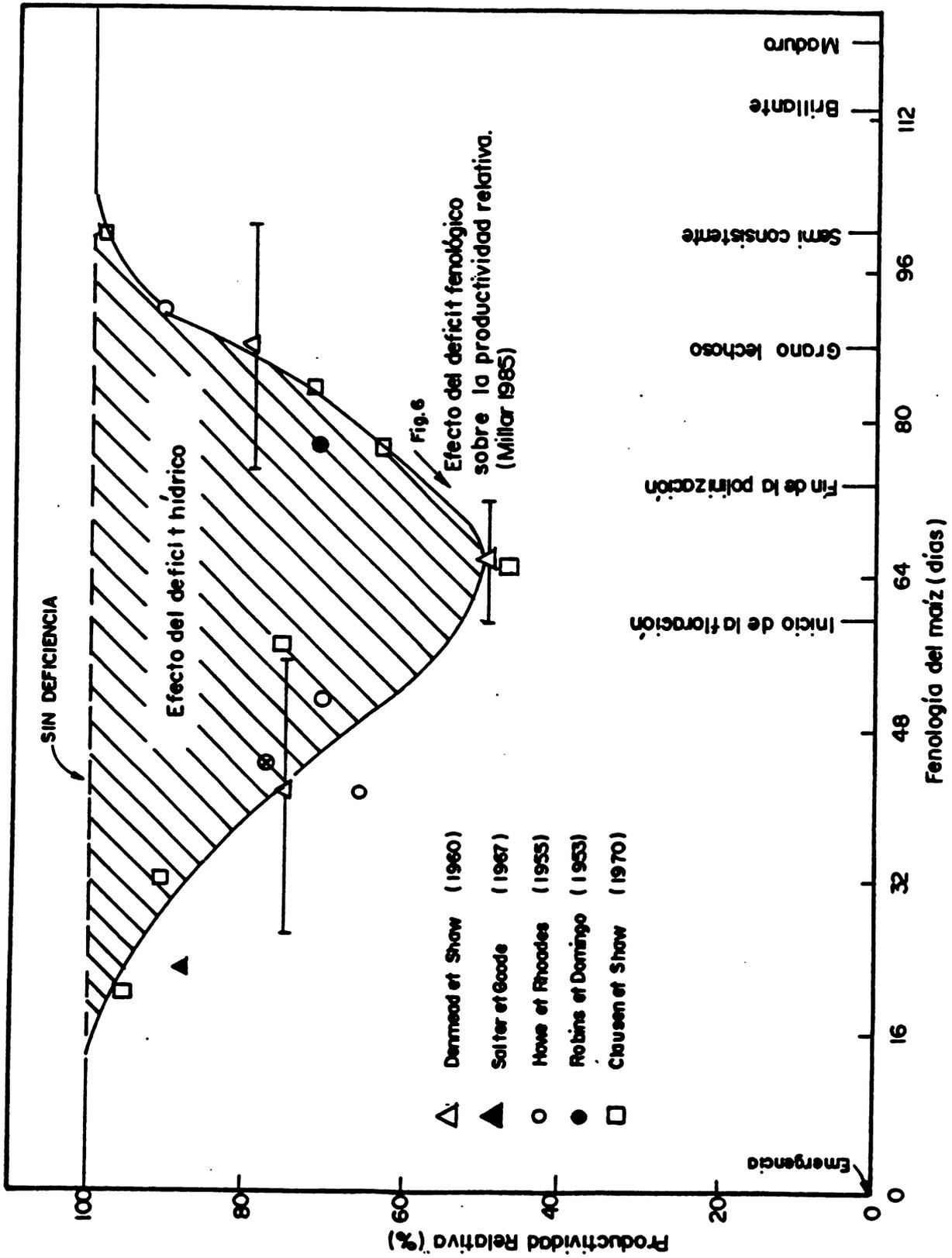


Figura 5a. CreCIMIENTO relativo del tallo de caña de azúcar en función del potencial matricial del suelo.



En las ordenadas está la productividad relativa. El gráfico indica el efecto del déficit hídrico, según el estado de desarrollo del cultivo, en la productividad relativa. Se aprecia que el mayor impacto de la falta de humedad se presenta durante el período de inicio de la floración y la polinización en el que la productividad relativa es de 50%.

Las constataciones enunciadas revelan la importancia del riego para proporcionar la humedad requerida en el período fenológico de mayor sensibilidad del cultivo, evitando pérdidas en las cosechas.

3.2.5 Relación Agua-Suelo

El agua debe aplicarse para restituir al suelo la humedad que requieren las plantas, de tal manera que sólo se mojará el espesor del suelo hasta donde llegan las raíces y la aplicación se hará en concordancia con la velocidad de infiltración, para evitar la percolación profunda y la escorrentia superficial que hacen ineficiente el riego y pueden deteriorar la capacidad productiva por la erosión del suelo y por el ascenso del nivel freático, que restringe las posibilidades de diversificación de cultivos. La planificación de la aplicación del agua a la parcela, es un requisito importante en la agricultura de regadío, que debe comenzar con la determinación de las características del suelo, así como la pendiente superficial del terreno, los caudales disponibles y realizar los ensayos de campo para encontrar las mejores relaciones que aseguren el desarrollo sostenible de la agricultura de regadío. Así se dispondrá de: La Unidad de riego: largo, ancho, pendiente: longitudinal y transversal de la melga; largo y pendiente del surco; Lámina y Volumen de agua por aplicar total y por riego y la frecuencia de los riegos, según el período fenológico del cultivo.

El conjunto de elementos presentados se conjugan en el plan de cultivo y riego, cuya elaboración y ejecución favorece la operación del riego y asegura la agricultura de regadío.

IV. EL PLAN DE CULTIVO Y RIEGO

4.1 Concepción

El plan de cultivo y riego es el procedimiento de trabajo de un sistema de riego orientado a asegurar de manera equitativa, la distribución de las aguas de riego entre las áreas agrícolas con derecho al riego. Para su elaboración se tiene en cuenta los siguientes elementos: Los cultivos, sus ciclos vegetativos, fechas de siembra, requerimientos de riego con su frecuencia y volumen a lo largo del ciclo, las disponibilidades hídricas, los tipos de suelo, las eficiencias con que se maneja el agua de riego y la infraestructura hidráulica existente.

En el momento actual, en el Distrito de Riego Arenal, las áreas agrícolas de Paso Hondo, La Guaria y Ampliación Paso Hondo no tienen limitaciones de agua porque el canal del Sur y los canales secundarios que de él se derivan, conducen un caudal superior a las necesidades de los cultivos de las áreas agrícolas. Por el contrario, las áreas de San Luis y Bagatzí que obtienen el agua del río Cañas y del río Piedras, respectivamente, tienen restricciones en verano (primer ciclo del cultivo del arroz) porque la ausencia de lluvias aumenta las demandas de agua y por oposición los caudales disponibles en los ríos mencionados disminuyen. Ante esta circunstancia el Distrito Arenal en calidad de entidad responsable del riego, debe advertir a los regantes de las disponibilidades de agua durante esta época, así como indicar el área que debe sembrarse de cada cultivo para evitar pérdidas de cosecha por falta de agua. Además de reducir el área de siembra, debe motivarse el incremento de la eficiencia en el manejo del agua, promoviendo la reutilización de los caudales y minimizando el agua de drenaje. Paralelamente debe resaltarse el aspecto social del riego el cual debe servir a crear un adecuado bienestar de todos los usuarios que comparten el agua de riego. Sobre este principio el agua que no es aprovechada por los usuarios de aguas arriba, debe solidariamente, ser entregada en buena calidad a los usuarios de aguas abajo.

Otro aspecto que debe de considerarse en la operación del sistema durante el período de escasez es el reparto equitativo de los caudales, para lo cual debe de emplearse el turnado, el que debe ser apoyado con la elaboración de un rol de turnos.

4.2 Elementos que deben considerarse en la elaboración del plan de cultivo y riegos

Entre los elementos que intervienen principalmente en la elaboración del plan de cultivo y riegos tenemos:

- a. **El calendario agrícola:** El año agrícola puede iniciarse con el comienzo de las lluvias en setiembre, octubre o después que cesan los vientos en febrero. Considerando que en el Distrito de Riego Arenal, no hay problema temporal de disponibilidad de agua, se ha supuesto que el inicio del año agrícola coincide con el año calendario, porque en este mes algunos productores del Distrito riegan el arroz y los pastos, y también la tierra donde la caña se ha cosechado.
- b. **Disponibilidad de agua en la fuente:** En la primera etapa de riego, en el Distrito Arenal se utilizan las aguas del río Piedras para regar Bagatzí, río Cañas para regar San Luis y las aguas del trasvase que se recibe de la laguna Arenal y que son derivadas al Canal del Sur. Es importante calcular las disponibilidades mensuales, al 80% de

probabilidad, de los caudales que se presentan en los ríos Piedras y Cañas, medidos muy cerca a la estación de derivación. El canal del Sur puede recibir el caudal que acepte su capacidad.

- c. **Disponibilidad de la lluvia efectiva:** La lluvia efectiva es la parte de la lluvia caída en una zona que es aprovechada por los cultivos. Se calcula a partir de los registros existentes de las lluvias mensuales. Para cada mes se calcula la lluvia que tiene el 80%, de ocurrir y según el procedimiento del Servicio de Conservación de Suelos que usa la evapotranspiración y la lluvia, se determina la lluvia efectiva para cada mes (Anexo 1)

- c. **Capacidad de conducción de cada canal del Sector hidráulico:** Según el diseño debe de conocerse la capacidad máxima de cada canal que será empleado para regar el área que domina en concordancia con los cultivos que se sembrarán.

- e. **Eficiencia del Sistema:** Para cada cultivo y de acuerdo con la forma de aplicación del agua a la parcela, se usará una eficiencia de aplicación, también la eficiencia de distribución del agua y la eficiencia de conducción. El valor global de eficiencia permite conocer los caudales a derivar o a entregar al canal principal, a los secundarios y el que se debe entregar en la cabecera de la finca del usuario. Se debe estimular a los productores a aumentar sus eficiencias para hacer un mejor aprovechamiento del agua de riego.

- f. **La Cédula o patrón de cultivos tanto permanentes como anuales:** Cada productor debe presentar el conjunto de cultivos que desea sembrar en cada ciclo, indicando para cada uno las fechas de siembra y de cosecha, así como el período crítico de humedad.

- g. **La Evapotranspiración potencial (ETP) para la zona:** Es la evapotranspiración de un pasto que cubre la superficie del terreno, creciendo sin limitaciones de humedad. Existen varias fórmulas para estimar la evapotranspiración potencial a partir de datos climáticos, los cuales han sido deducidas mediante regresiones múltiples con datos medidos. Entre las más usadas está la fórmula de Penman modificada.

- h. **Los coeficientes culturales:** Se ha denominado coeficiente cultural K_c a la relación entre la evapotranspiración real del cultivo y evapotranspiración potencial $K_c = ETR/ETP$. k_c aumenta con el crecimiento del cultivo hasta un máximo que se produce en la época de mayor desarrollo del cultivo y luego decrece en las etapas de maduración.

- i. **La evapotranspiración real (ETR):** Es la cantidad de humedad que la planta requiere para realizar sus funciones como ser viviente. Se ha convenido en denominar uso consuntivo a la suma de la humedad necesaria para satisfacer la evapotranspiración real y la formación de los tejidos, propios de las plantas. Esta última parte es muy pequeña en relación con la primera, por lo que en general se considera que uso consuntivo y evapotranspiración real son sinónimos.
- j. **Las características hídricas de los suelos:** Su capacidad máxima de retención de humedad o capacidad de campo (C.C.), la capacidad mínima de humedad a la cual las plantas pueden extraer agua del suelo es el coeficiente de marchitez (CM). La diferencia de los dos nos da la humedad aprovechable (H.A.) cuyo total se considera como el 100%. La densidad aparente del suelo junto con la profundidad de humedecimiento nos permite hallar la lámina y el volumen de riego. En este caso se ha empleado el mes como período de tiempo, pero también se puede usar 15 o 10 días.

Además de lo indicado, deberá tenerse en cuenta las políticas nacionales del Sector Agropecuario sobre cultivos y épocas de siembra. Igualmente la preferencia del productor y la especialización de la zona juegan un rol importante en el establecimiento del Plan de Cultivo y Riegos.

V. EJEMPLO DE ELABORACION DE UN PLAN DE CULTIVO Y RIEGOS

En el cuadro 2 se presentan los datos de un plan de Cultivos y Riegos para una finca de 34 hectáreas en el área de San Luis, en el Distrito Arenal. Se trata de una porción de tierra que realiza agricultura de regadío con los tres (03) cultivos más importantes de la zona: el arroz, la caña de azúcar y los pastos (Fig 7). Para el ejercicio se concertó la obtención de los datos de base con el propietario de la finca. Para el servicio de operación, la obtención de los volúmenes a otorgar al usuario cada mes, le servirán para estimar los requerimientos mensuales, en cada canal secundario y en el canal principal lo que le permitirá programar las derivaciones de caudales y así saber cuales son las necesidades totales de riego para cada sector, las que comparadas con las probables disponibilidades nos guiarán para aprobar las áreas a cultivar en cada ciclo.

CUADRO NO. 2
ESTIMACION DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO Y DE LOS CAUDALES PARA EL PLAN
DE CULTIVO DE RIEGOS DE UNA FINCA DE 34 HECTAREAS EN EL DISTRITO ARENAL

EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Kc para el arroz	195.3	196	226.3	195	155	132	139.5	148.8	129	124	135	179.8
Uso consuntivo mensual mm/mes	1.15	1.15	1.15	1.35	1.15	1.05	1.10	1.10	1.10	1.05	0.95	
Uso consuntivo diario mm/día	225.40	260.25	260.25	263.25	178.25	138.6	163.68	163.68	141.9	130.2	128.25	
Kc para la caña de azúcar	0.6	0.05	0.85	0.775	5.75	4.62	5.28	5.28	4.73	4.2	4.275	
Uso consuntivo mensual mm/mes	117.18	166.6	192.55	185.25	170.5	151.8	1.15	1.15	1.15	1.15	0.85	0.65
Uso consuntivo diario mm/día	3.78	5.95	6.205	6.175	5.5	5.06	160.425	171.12	148.35	142.6	114.75	116.87
Kc para pastos	0.9	1.15	1.15	1.15	0.55	0.55	0.9	0.9	0.6	0.6	3.825	3.77
Uso consuntivo mensual mm/mes	175.77	225.4	260.24	224.25	85.25	72.6	125.55	133.92	77.4	74.4	121.5	161.82
Uso consuntivo diario mm/día	5.67	8.05	8.40	7.48	2.75	2.42	4.05	4.32	2.58	2.4	4.05	5.22
Precipitación media (80%) mm				5.00	115.00	160.00	75.00	122.5	165.00	212.5	18.00	
Requerimiento efectiva mm					83.00	104.4	55.8	89.00	108.00	120.00	16.9	
Requerimiento neto de riego en arroz, mm		225.4	260.25	263.25	95.25	34.2	74.68	74.68	33.9	10.2	111.35	
Requerimiento neto de riego caña de azúcar, mm	117.18	166.6	192.55	185.25	87.5	47.4	104.625	82.12	40.35	22.6	97.85	116.87
Requerimiento neto de riego de pastos, mm.	175.77	225.4	260.245	224.25	2.25	68.4	69.75	44.92	67.8	20.4	222.70	161.82
Requerimiento bruto de riego en arroz (eficiencia 50%) mm	180.28	256.3	296.23	285.00	134.61	72.92	160.96	126.34	62.08	34.77	150.54	179.80
Requerimiento bruto de riego en caña de azúcar (ef=0.65) mm	293.00	376.00	434.00	374.00	4.00	684	116.00	75.00	678	204	174.00	270.00
Requerimiento bruto de riego en pastos (ef=60%), mm	4,508	5,205	5,265	5,265	1,905	684	1,494	1,494	678	204	2,227	
Volumen en m ³ /Ha. arroz	1,803	2,563	2,962	2,850	1,346	729	1,610	1,263	621	348	1,505	1,798
Volumen en m ³ /Ha. azúcar	2,930	3,760	4,340	3,740	40	471	1,160	750	621	348	1,740	2,700
Volumen promedio/m ³ /Ha.	1,578	3,610	4,169	2,705	1,097	471	923	1,166	433	184	1,824	1,513
Caudal l/s-Ha.	0.59	1.49	1.56	1.04	0.41	0.18	0.34	0.44	0.17	0.07	0.7	0.56
Caudal para la finca l/s-34-Ha.	20	50.74	53	35.48	13.93	6.18	11.72	14.80	5.68	2.34	23.93	19.21
Caudal regando 12 horas	40	101.48	106	70.96	27.85	12.35	23.44	29.60	11.36	4.68	47.85	38.42
Si se recibe el agua c/dos días, con 12 horas de riego	80	202.96	212	141.92	55.70	24.70	46.88	59.20	22.72	9.36	95.7	76.84

**CICLO VEGETATIVO DE LOS CULTIVOS DE LA
FINCA DE ISMAEL PEREIRA EN AREA
SAN LUIS - DISTRITO DE RIEGO ARENAL.**

Fig-7

CULTIVO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ARROZ												
CAÑA AZUCAR												
PASTOS												

VI. LA FRECUENCIA DE RIEGOS Y LOS VOLUMENES A APLICAR

6.1 Arroz

El arroz es un cultivo predominante en el Distrito Arenal. En los últimos años el porcentaje de tierras sembradas de arroz ha sido creciente. En 1990 la superficie sembrada de arroz constituyó el 63.55% de la tierra cultivada. Existe una tecnología, hay agua suficiente y los suelos favorecen la retención de la humedad; sin embargo, en ciertas áreas muy permeables los desperdicios excesivos del agua no los hacen apropiados para este cultivo.

6.1.1 Primer ciclo (enero-junio)

CAPACIDAD DE CAMPO(C.C.) = 30.83

COEFICIENTE DE MARCHITEZ PERMANENTE (CMP) = 18.25

HUMEDAD APROVECHABLE (HA) = 12.58

DENSIDAD APARENTE (Da) = 1.2

PROFUNDIDAD DE HUMEDECIMIENTO(P) = 0.18 m.

Lámina a aplicar para saturar el suelo:

$(12.58/100) \times 1.2 \times 0.18 = 0.0272$ m.

Volumen a aplicar en el primer riego por hectárea:

$272 \text{ M}^3/\text{Ha}/0.5 = 544 \text{ M}^3/\text{Ha}$. (0.5 es la eficiencia supuesta para el arroz).

Si se tienen 14 ha. sembradas de arroz el volumen que se aplicará será de: 7616 M³.

Tiempo de aplicación del agua de riego suponiendo bancales de 1 Ha. (100 m x 100 m).

Q (caudal de riego) si se dispone de 100 l/s. Cada ha. se regará en 1 hora, 30 minutos, 40 seg.

14 hectáreas pueden regarse en 21 horas, 11 minutos, 12 seg., es decir en 1 día, aproximadamente.

Intervalo de riego, Febrero:

El arroz que se siembra y germina en febrero no requiere lámina, de tal manera que el suelo debe mantenerse saturado los primeros 0.18 m. del perfil del suelo. Admitiendo que al primer riego el suelo se encuentra a coeficiente de marchitez, se requiere aplicar 544 m³/Ha. (La eficiencia es de 50%). Cada riego sucesivo se aplica cuando se ha consumido el 50% de la humedad disponible, o sea 13 mm. Los riegos se aplicarán cada dos días, el primer riego tendrá una duración de 1 hora, 30 minutos y 40 segundos, cuando se emplea un caudal de 100 l/s. Teniendo en cuenta que la costumbre es mantener una entrada de agua continua y dejar pasar el agua de terraza en terraza. El riego podría ejecutarse cada dos días con un caudal continuo de 100 l/s durante aproximadamente 24 horas. El tiempo de riego para el área de riego es de 21 horas, 11 minutos y 40 segundos. En este mes el riego no será abundante pero sí frecuente para saturar el suelo. El volumen total de agua de riego será $544 \text{ m}^3 + 14(277) = 4422 \text{ m}^3/\text{Ha}$.

Intervalo de riego, Marzo:

Durante este mes el arroz requiere una lámina de mantenimiento que por el tamaño de la planta y el uso consuntivo podría considerarse de 5.4 cm. La presencia de la lámina asegura la saturación del suelo, de tal manera que si se repone la lámina periódicamente se satisfacen los dos componentes del consumo: la evapotranspiración y la infiltración; esta última la estimamos en 10 mm/día y la primera para marzo es de 8.05 mm. El consumo diario será de 18.05 mm/día. Si se acepta regar cada tres días se aplicará una lámina de 54 mm. El primer riego debe servir para saturar el suelo y formar la lámina; para este último se requiere 1080 m³/Ha. y para la primera 483 m³/Ha. (La eficiencia de aplicación se estima en 50%). Los siguientes nueve riegos serán de 1083 m³/Ha. haciendo un total de 11230 m³/Ha. El primer riego tendrá una duración de 4 horas, 20 minutos y 30 segundos y el área total se regará en 60 horas y 47 minutos. Los siguientes riegos se regarán en 3 horas y 20 minutos, y las 14 hectáreas se regarán en 46 horas y 40 minutos.

Intervalo de riego, Abril:

En este mes la lámina de mantenimiento se aumentará a 10 cm, la cual satisficará las demandas de infiltración y de evapotranspiración. Esta última se estima en 8.775 mm/día y la primera en 10 mm/día, o sea 18.775 mm/día. La lámina de agua de mantenimiento asegura la saturación del suelo. El riego sirve a la reposición de la lámina y puede espaciarse cada tres días, es decir aplicar una lámina de 5.6325 cm. Se

aplicarán 10 riegos, uno de 2320 m³/Ha. (2000 m³/Ha. para formar la lámina y 320 m³/Ha para saturar el suelo). Los nueve riegos restantes serán de 1126,5 m³/Ha. El volumen total de agua de riego en el mes será de 12458,5 m³/Ha.

El tiempo de aplicación para el primer riego con un caudal de 100 l/s será de 6 horas, 26 minutos y 40 segundos por hectárea y toda el área de arroz recibirá la lámina de 10 cm en 90 horas, 13 minutos y 20 segundos; es decir, en aproximadamente cuatro días. Los nueve riegos restantes se harán en 3 horas, 7 minutos y 45 segundos por hectárea y el área total se regará en 43 horas, 48 minutos y 30 segundos.

Intervalo de riego. Mayo:

En mayo se tiene el aporte de la lluvia. La precipitación efectiva al 80% de probabilidad es de 830 m³/Ha. El riego es complementario y sirve para reponer la lámina de mantenimiento que también debe ser de 10 cm. En este mes el uso consuntivo es de 5.75 mm/día y la infiltración de 10 mm/día. Por la presencia de la lluvia el intervalo de riego puede ser mayor y la reposición de la lámina puede hacerse en cuatro días, es decir cuando se ha reducido a $(100 - 4(15.75)) = 3.7$ cm. En este mes se observará la presencia de la lluvia para reducir la aplicación del riego. Consideremos la situación más desfavorable aquella en que no hay lluvia y usemos los 6.3 cm de lámina de riego que debemos aplicar, lo que equivale a 630 m³/Ha que, con una eficiencia de 50%, debemos aplicar 1260 m³/Ha.-riego, lo cual con un caudal de 100 l/s se hará en 3 horas y 30 minutos. Así el área de arroz se regará en 49 horas. Cada 3 horas y 30 minutos se abrirá el paso para regar la siguiente terraza; de esa manera el volumen de agua de riego mensual será de 10080 m³/Ha. Si lo restamos del volumen aportado por la lluvia se tendrá $10080 - 1660 = 8420$ m³/Ha.-mes.

Intervalo de riego. Junio:

En este mes el riego es complementario y según la época de siembra en junio, el arroz ya tiene 120 días, es decir es próximo a ser cosechado. En este mes se retira la lámina de mantenimiento y el riego debe servir de complemento a la lluvia para satisfacer las necesidades fisiológicas del cultivo, el uso consuntivo se estima en 4.62 mm/día. La aplicación de dos riegos de 338 m³/Ha. responde a lo requerido. El tiempo de aplicación para un caudal de 100 l/s será de 56 minutos y 20 segundos y para regar el área de arroz durará: 13 horas y 8 minutos.

La aplicación del riego debe de obedecer a la observación del comportamiento de la lluvia.

Los volúmenes necesarios para el consumo de arroz, en m³/Ha. en el área de San Luis para el primer ciclo Febrero-Junio se resume así:

ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	TOTAL
1000	4422	11230	12458,5	8420	684	38214.5

Preparación:

Los consumos netos de evapotranspiración real para el arroz durante este período es de 87.8/mm. o sea 8781 m³/Ha. Es decir que la forma del manejo del riego como la hemos descrito en este documento requiere un volumen que es 4.25 veces mayor que el uso consuntivo. En el caso de riego permanente, con un caudal circulando las 24 horas del día, los volúmenes utilizados serán mucho mayor. Es importante resaltar esta situación para la especialización de la agricultura en Costa Rica. El tiempo de riego y la eficiencia dependen de la nivelación del terreno y del manejo del agua de riego. Si el perfil es impermeable y se reduce la infiltración a cero, se ahorrarían 100 m³/día que durante 90 días equivale a un volumen de riego de 18000 m³ = 2 (100 x 90), y el volumen de agua de riego para el primer ciclo de arroz será de 20214.5 m³/Ha.

6.1.2 Segundo ciclo (agosto-noviembre)

Es la época lluviosa, el riego sirve de complemento para asegurar la satisfacción de las necesidades hídricas del cultivo, así como para la realización de las labores culturales que faciliten la obtención de la cosecha.

Intervalo de riego, Julio: Aplicación de 1000 m³/Ha. para saturar la capa superior del suelo que ayudará a las operaciones mecanizadas de preparación.

Intervalo de riego, Agosto: El cultivo no requiere lámina y el agua debe servir a satisfacer los requerimientos fisiológicos del cultivo. El uso consuntivo es de 5.28 mm/día. De acuerdo con la capacidad retentiva del suelo y aplicando el agua cuando se ha consumido el 50% de la humedad

aprovechable, los riegos pueden darse cada 3 días para satisfacer un consumo de 15.84 mm, equivalente a un volumen neto de 158.4 m³/Ha. y un volumen bruto de 316.8 m³/Ha. Se aplicarán 10 riegos de 316.8 m³/Ha. o sea un volumen mensual de 3168 m³/Ha. menos el aporte directo de la lluvia de 1780 m³/Ha.-mes, resulta en un volumen de riego de 1388 m³/Ha. El tiempo de riego para aplicar 316.8 m³/Ha. con un caudal de 100 l/s es de 52 minutos y 48 segundos y el área arrocerá se regará, aproximadamente, en 14 horas. Debemos resaltar que la aplicación de 316.8 m³/Ha. supone que no hay lluvia. De acuerdo con las observaciones meteorológicas la lluvia efectiva para este mes es de 89 mm. o sea 890 m³/Ha., lo que equivale a un volumen de riego de 1780 m³/Ha., de tal manera que se requiere hacer el seguimiento de la humedad del suelo para aplicar el riego.

Intervalo de riego, Setiembre: La lluvia efectiva es de 108 mm lo que equivale a un volumen de riego de 2160 m³/Ha. El arroz requiere una lámina de 5 cm., el uso consuntivo es de 4.783 mm/día y la infiltración de 10 mm/día, es decir, un consumo total de 14.73 mm. La lámina de mantenimiento asegura la saturación del suelo si se estima regar cada tres días se requiere aplicar 44.19 mm por riego equivalente a 884 m³/Ha. Si se considera una eficiencia de 50%. El primer riego debe servir a saturar el suelo (4.73 mm/día x 3 = 14.19 mm), 142 m³/Ha. o sea un volumen de riego de 282 m³/Ha. Para lograr la lámina de mantenimiento de 5 cm se requiere 1000 m³/Ha. El primer riego necesita 1282 m³/Ha. Con un caudal de 100 l/s, la duración del riego será de 3 horas, 33 minutos y 40 segundos y para las 14 hectáreas de arroz durará 49 horas, 51 minutos y 20 segundos. Los otros riegos de 884 m³/Ha. tendrán una duración de 2 horas, 27 minutos y 20 segundos y para las 14 hectáreas será de 24 horas, 24 minutos y 18 segundos. El volumen de agua de riego será de (884 x 9 + 1282) - 2160 = 7078 m³/Ha.

Intervalo de riego, Octubre: Este mes es lluvioso. La precipitación efectiva se estima en 120 mm equivalente a 2400 m³/Ha. de volumen de agua de riego. El uso consuntivo es de 4.2 mm y la infiltración la estimamos en 10 mm/día, luego el consumo diario es de 14.2 mm. En este mes la lámina se aumenta a 10 cm. Teniendo en cuenta la presencia de la lluvia el riego se puede espaciar cada 5 días lo que significa un consumo de 71 mm, equivalente a un volumen de riego de 1420 m³/Ha. El primer riego requiere aumentar la lámina de 5.81 mm a 100 mm lo que necesita un volumen de riego de 1883.8 m³/Ha. que con un caudal de 100 l/s tendrá una duración de 5 horas, 13 minutos y 58 segundos y para las 14 hectáreas se necesitará 73 horas, 15 minutos y 32 segundos. Los riegos de 1420 m³/Ha. tendrán una duración de 3 horas, 56 minutos y 40 segundos y para el área arrocerá de 55 horas, 13 minutos y 20 segundos. El volumen

de riego para el mes será de $1883.8 + 5 (1420) - 2400 = 6.584 \text{ m}^3/\text{Ha}$.

Intervalo de riego, Noviembre: La precipitación efectiva es de 16.9 mm equivalente a un volumen de riego de $338 \text{ m}^3/\text{Ha}$. El uso consuntivo se estima en 4.275 mm y la infiltración en 10 mm/día. El consumo diario es de 14.275 mm. Si el intervalo de riego es de 4 días la lámina a reponer será de $1142 \text{ m}^3/\text{Ha}$. Con un caudal de 100 l/s el tiempo de riego por hectárea será de 3 horas 10 minutos y 20 segundos y el área arrocerá se regará en 44 horas, 24 minutos y 40 segundos.

El volumen de agua requerido en este mes será de $7.5 (1142) = 8565 \text{ m}^3/\text{Ha}$. menos el equivalente del aporte de la lluvia será de $8565 - 338 = 8227 \text{ m}^3/\text{Ha}$.

El consumo de agua en el ciclo será de:

JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	TOTAL
1000	1388	7078	6584	8227	24477

El consumo de agua en el segundo ciclo es de $13937.5 \text{ m}^3/\text{Ha}$. menor que en el primer ciclo, diferencia que correspondería al aporte de la lluvia, si le restamos los $18000 \text{ m}^3/\text{Ha}$. que significa la infiltración el consumo por riego se reduce a $6277 \text{ m}^3/\text{Ha}$. Los consumos netos de evapotranspiración para el período es de $5640 \text{ m}^3/\text{Ha}$. El volumen aplicado de riego bajo esta modalidad es 4.3 veces mayor.

En el caso de riego permanente, con el agua circulando todo el tiempo el consumo es mucho mayor. Es muy conveniente llevar a cabo estudios a escala comercial para proponer la reducción del consumo de agua, la cual debe hacerse en primera instancia encaminados a mejorar la eficiencia y seleccionando los suelos cuyo perfil posea una capa arcillosa cercana a la superficie para reducir la velocidad de infiltración. De lo contrario el cultivo de arroz reducirá el área cultivada en el Distrito de Riego Arenal. Si suponemos que cada hectárea de arroz consume 40000 m^3 , en 4 meses equivale a 3.86 l/s-Ha . y los $85 \text{ m}^3/\text{s}$ solo regarían 22020 Ha. en lugar de 60000.

6.2 Caña de azúcar

En el Distrito de Riego Arenal, el período vegetativo de la caña de azúcar es de 12 meses. Se riega por surcos y responde bien a las aplicaciones del riego. La producción relativa se ve favorecida si el suelo presenta un alto contenido de humedad cubre el segundo y cuarto mes de crecimiento. El

drenaje es muy importante para la madurez de la caña y concentrar el contenido de sacarosa.

Antes de la cosecha se corta el riego de tal manera que para el rebrote o para la siembra hay que saturar el suelo.

Las constantes hídricas son:

CAPACIDAD DE CAMPO = .38

COEFICIENTE DE MARCHITEZ = .24

DENSIDAD APARENTE = 1.2 gramos/cm³

PROFUNDIDAD DE HUMEDECIMIENTO = 0.4 m.

La lámina de agua a aplicar para saturar los 0.4 m del perfil del suelo:

$$H = 0.14 \times 1.2 \times 0.4 = 0.0674 \text{ m}$$

Volumen bruto por aplicar para saturar el suelo

$$V = (0.0674 \times 10000)/0.65 = 1037 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

0.65 es la eficiencia de aplicación en el riego de la caña de azúcar.

El segundo riego se aplicará cuando se ha consumido el 50% de la humedad aprovechable en los 0.40 m del perfil del suelo o sea

$$H = 0.0337 \text{ m}$$

$$\text{Volumen bruto} = (0.0337 \times 10000)/0.65 = 518 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

Intervalo de riego. Enero:

El consumo del agua en enero para la caña es de 3.78 mm es decir que los 33.7 mm, se consumirán en 9 días. En enero se aplicarán 1 riego de 1037 m³ y 2 riegos de 518 m³/Ha. o sea un volumen total de 2073 m³/Ha.

El riego se hará por medio de sifones. En promedio 2.5 l/s-sifón.

Si cada surco tiene 100 m de largo y el espaciamiento entre surcos es de 1.5 m se deberán regar $100/1.5 \text{ m} = 67$ surcos. Cada surco debe humedecer una área de 150 m², es decir recibir 7.770 m³, cada surco debe regarse en 51 minutos, 48 segundos aproximadamente una hora un regador puede poner en

funcionamiento 66 sifones por hora o sea regar una hectárea por hora, o sea 10 hectáreas por día de 10 horas. Las 14 hectáreas de caña de azúcar puedan regarse en 1,5 días.

Intervalo de riego. Febrero:

La profundidad de humedecimiento pueda aumentarse a 0.5 m luego la lámina por aplicar será de:

$$H = 0.07 \times 1.2 \times 0.5 = 0.042 \text{ m.}$$

El volumen bruto por aplicar por riego con 65% de eficiencia será de 646 m³/Ha. El uso consuntivo para este mes de 5.95 mm/mes, luego las 42 mm pueden abastecer el consumo de agua por 7 días lo que significa 4 riegos por mes. La aplicación por hectárea será de 646 x 4 = 2584 m³/Ha.-mes. El volumen por surco será de 9.690 m³, con un caudal de 2.5 l/s el riego demandará una duración de 1 hora, 4 minutos y 24 segundos. Aproximadamente 1 hora por surco.

Intervalo de riego. Marzo:

En marzo la profundidad de humedecimiento puede ser también de 0.5 m y el volumen por aplicar por riego será de 646 m³/Ha. y la lámina de 42 mm. El uso consuntivo para este mes es de 6.2 mm/día. El riego permitirá un intervalo de 4.2/6.2 = 6.7 aproximadamente 7 días por riego y se aplicarán 4 riegos en el mes o sea un volumen de 646 x 4 = 2584 m³/Ha.-mes.

Intervalo de riego. Abril:

En abril la profundidad de humedecimiento será de 0.60 m y el volumen por aplicar por riego será de

$$(0.07) (1.2) 0.6 = 0.056 \text{ m}$$

El volumen bruto por aplicar por riego con una eficiencia de 65% será de 778 m³/Ha. El uso consuntivo para abril se estima en 6.175 mm/día, lo que permitirá un intervalo de riego de 8 días o sea 4 riegos por mes con una aplicación mensual de 778 x 4 = 3112 m³/Ha.-mes. El tiempo de riego por surco para un caudal de 2.5 l/s será de 1 hora, 17 minutos y 48 segundos. Una hectárea puede regarse aproximadamente en 1 hora y 30 minutos empleando los 66 sifones.

Intervalo de riego. Mayo:

En mayo, la lluvia efectiva es importante, 83 mm. La humedad es vital para el crecimiento de la caña y el agua de riego juega un papel muy importante. La profundidad de humedecimiento es de 0.6 m y el volumen por aplicar por riego cuando se ha consumido el 50% de la humedad aprovechable es de 778 m³. El volumen mensual a aplicar será de 3112 m³ - 1277 m³ = 1835 m³/Ha.-mes. Hay que hacer hincapié que la lluvia se presenta al azar por lo que es necesario darle seguimiento al contenido de humedad para decidir sobre la época más conveniente de regar así como sobre la duración del riego en cada surco.

Intervalo de riego. Junio:

La precipitación efectiva es de 104.4 mm equivalente a un volumen de 1044 m³/Ha. y un volumen de riego de 1606 m³/Ha.-riego. Para este mes la profundidad de humedecimiento es de 0.7 m y la lámina por aplicar por riego para saturar el 50% de la humedad aprovechable será de:

$$H = 0.07 \times 1.2 \times 0.7 = 0.0588 = 588 \text{ m}^3/\text{Ha}$$

El volumen por aplicar en cada riego será de 905 m³/(Ha.-riego).

El uso consuntivo para junio es de 5.06 mm/día luego el intervalo de riego será de 58.8/5.06 = 11.6 equivalente 12 días. Lo que equivale a 2.5 riegos o sea un volumen de riego de 2262.5 m³ a lo cual debemos restarle el aporte de la lluvia efectiva (1606 m³) de tal manera que el riego solo debe aportar 656.5 m³/Ha. Para que esto ocurra así es necesario hacer un seguimiento a la humedad del suelo a fin de determinar el volumen y la época en que debe aplicarse el riego.

Intervalo de riego. Julio:

La precipitación es de 55.8 mm o sea un volumen de 558 m³/Ha. equivalente a un volumen de riego de 1116 m³/Ha. La profundidad de humedecimiento es de 0.7 m. La lámina para aplicar y saturar el 50% de la humedad aprovechable es de 58.8 mm o sea 588 m³/Ha. y un volumen por riego para una eficiencia de 0.65 de 905 m³/(Ha.-riego). El uso consuntivo para este mes es de 5.175 mm/día o sea que el intervalo de riego es de 11.36 días o sea 11 días, 3 riegos por mes de 905 m³/Ha.-riego o sea un volumen requerido de 2715 menos el aporte de la lluvia será de 1599 m³/Ha. Para que el riego se pueda controlar es necesario darle seguimiento a la humedad del suelo para determinar el momento del riego así como el volumen a aplicar.

Intervalo de riego, Agosto:

En agosto, la precipitación efectiva es de 89 mm o sea 890 m³/Ha. equivalente a un volumen de riego en caña de azúcar de 1369 m³/Ha. La profundidad de humedecimiento es de 0.8 m y la lámina de humedecimiento será de:

$$H = 0.07 \times 1.2 \times 0.8 = 0.0672 = 672 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

equivalente a una lámina de riego en caña de 1034 m³/Ha. El uso consuntivo para el mes es de 5.52 mm/día. El intervalo de riego para esas condiciones es de $67.2/5.52 = 12.17$ días.

Considerando que el suelo saturado reduce su humedad aprovechable a 50% en 12 días lo que requeriría de 2.5 riegos por mes, es decir, la aplicación de un volumen de $1034 \times 2.5 = 2585$ m³, menos los aportes de la lluvia efectiva se aplicarían 1216 m³/Ha. Al igual que en todo el período de lluvia es conveniente darle seguimiento a la humedad del suelo que es la que nos guiará para determinar el momento del riego.

Intervalo de riego, Setiembre:

En setiembre, la precipitación efectiva es de 108 mm o sea un volumen de 1089 m³/Ha., equivalente a un volumen de riego de 1662 m³/Ha. La profundidad de humedecimiento es de 0.80 m. La lámina de riego por aplicar en cada riego es de 67.2 mm. El uso consuntivo es de 4.945 mm/día lo que permitirá un intervalo de $67.2/4. = 13.58$ aproximadamente 14 días y se aplicarán dos riegos por mes o sea un volumen total en el mes de $1034 \times 2 = 2068$ m³ menos el volumen equivalente de riego aportado por la lluvia resulta en volumen de riego de 406 m³/Ha., lo cual significa que la lluvia efectiva juega un papel importante en este mes, sin embargo su ocurrencia es muy aleatoria por lo que se requiere un seguimiento de la humedad del suelo para determinar cuando y como regar.

Intervalo de riego, Octubre:

La precipitación efectiva es de 120 mm o sea 1200 m³/Ha. equivalente a una aplicación del riego en caña de 1846 m³/Ha. La profundidad de humedecimiento es de 0.9 m. La lámina por aplicar para saturar el suelo es de:

$$H = 0.07 \times 1.2 \times 0.9 = 0.0756 = 756 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

Esto requiere un volumen de aplicación del riego de 1163 m³/Ha.-riego. El uso consuntivo para este mes es de 4.6 mm/día lo que permitiría un intervalo de riego de $75.6/4.6 = 16$ días. Es decir 2 riegos por mes, lo que exige un

volumen de $1163 \times 2 = 2326 \text{ m}^3/\text{Ha.}$, si se tiene en cuenta el equivalente de riego de la lluvia. El requerimiento de riego en volumen será de $480 \text{ m}^3/\text{Ha.}$ Para que el riego pueda reducirse a esa cantidad es necesario hacer un seguimiento del contenido de humedad del suelo con el fin de decidir en que momento regar y que volumen aplicar. También se dosificará el tiempo de riego en los surcos.

Intervalo de riego, Noviembre:

En noviembre la precipitación efectiva es baja pero la caña de azúcar requiere poca agua. Hay que favorecer la concentración de sacarosa en estos dos últimos meses (noviembre y diciembre). El uso consuntivo es de 3.825 mm/día , si se aplican 75.6 mm . El intervalo de riego puede ser de $75.6/3.825 = 20 \text{ días}$, se darían 2 riegos de $1163 \text{ m}^3/\text{Ha.}$ o sea $2326 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

Intervalo de riego, Diciembre:

Es un mes de maduración de la caña y por lo tanto no se riega. La caña de azúcar durante su período vegetativo recibe los aportes de la lluvia, las cuales son aleatorias y requieren de un seguimiento mediante muestreos de la disminución del contenido de humedad del perfil del suelo, a fin de aplicar el riego cuando se obtenga la mayor respuesta.

Para que una superficie cultivada pueda regarse convenientemente se requiere que la superficie del terreno haya sido nivelada y que tenga una pendiente en el sentido del flujo y que el caudal sea suficiente para hacer avanzar el frente húmedo superficial.

El volumen de agua de riego requerido para la caña de azúcar en el Distrito Arenal, en $\text{m}^3/\text{Ha.}$ es:

Enero:	2073
Febrero:	2584
Marzo:	2584
Abril:	3112
Mayo:	1835
Junio:	656.5
Julio:	1599
Agosto:	1216
Setiembre:	406
Octubre:	480
Noviembre:	2326
TOTAL	18871.5

La caña se riega por surcos y debe sembrarse en terrenos de buen drenaje o ayudar al drenaje natural mediante la colocación de drenes subterráneos entubados, que permiten acelerar el descenso de la napa freática asegurando la concentración de sacarosa.

Para lograr una buena repartición del contenido de humedad por efecto del riego, hay que determinar la longitud adecuada del surco en concordancia con el caudal a aplicar en cada surco. Ejemplo: si se tiene surcos de 150 m de largo separados 1.50 el área humedecida por cada surco será de 225 m² y el número de surcos por hectárea es de 45. Si se requiere 324 m³/Ha., a cada surco se le aplicará $324000/45 = 7.200$ litros, si se dispone de un sifón que conduce 2 l/s. El tiempo de riego por surco será de 1 hora. Si el grupo de 2 regadores maneja 10 sifones por tendida, podría regar dos hectáreas por día. Esta mecánica requiere la disponibilidad de los sifones y la construcción de una acequia regadora que permita suministrar 2 litros por segundo por sifón. Con mayor número de sifones y mayor caudal se puede regar con mayor eficiencia.

6.3 Pastos

La provincia de Guanacaste es tradicionalmente ganadera, los pastos de corte no han tenido mucho auge, pero el riego se está introduciendo progresivamente.

El pasto se riega por inundación y el ganado lo consume en el lugar. El suelo donde se siembra el pasto tiene las siguientes características hídricas.

CAPACIDAD DE CAMPO = 28.39%

COEFICIENTE DE MARCHITEZ = 13.30%

HUMEDAD APROVECHABLE = 15.09%

DENSIDAD APARENTE = 1.21 gramos/cm³

En el caso de la fórmula para el cálculo de la lámina de agua se emplea la densidad relativa que es la densidad aparente del suelo dividida por la densidad del agua. El resultado es un valor adimensional.

PROFUNDIDAD DE HUMEDECIMIENTO = 0.4 m.

Lámina de agua para saturar el suelo hasta la profundidad de humedecimiento:

$$H = 0.1509 \times 1.21 \times 0.40 = 0.0730 \text{ m} = 730 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

La lámina bruta a aplicar será $730/0.6 = 1217 \text{ m}^3/\text{Ha.}$

(0.6 es la eficiencia que se ha considerado para el riego del pasto)

Si se riega cuando el contenido de humedad aprovechable se reduce al 40% la lámina de agua a aplicar será:

$$H = 0.6 (730) \text{ m}^3/\text{Ha.} = 375 \text{ m}^3/\text{Ha.}$$

La lámina bruta a aplicar con 60% de eficiencia será de 625 m³/Ha.

Intervalo de riego, Enero:

La precipitación efectiva es nula. El uso consuntivo es de 5.67 mm/día . Lo que nos permite un intervalo de riego de $37.5/5.67 = 7$ días. Se aplicarán 4 riegos: uno de 1217 m³/Ha. y 3 de 625 m³/Ha. es decir: 3092 m³/Ha.

El tiempo de duración del riego, empleando un caudal de 100 l/s será de 3 horas, 31 minutos y 40 segundos y las 6 hectáreas se regarán en 21 horas y 10 minutos, o sea que el pasto puede regarse en un día de 24 horas para facilitar el riego del pasto hay que nivelar el terreno y también regar de las partes más altas a las bajas. Cuando se aplica 625 m³/Ha. el tiempo de riego será 1 hora, 44 minutos y 10 segundos.

Para las 6 hectáreas el tiempo de riego es de 10 horas y 25 minutos. Los tiempos estimados son teóricos y sirven de referencia para medir la eficiencia del tiempo de riego real por razones del caudal y de la topografía.

Intervalo de riego, Febrero:

No hay precipitación efectiva. El uso consuntivo del pasto es de 8.05 mm/día. Los 37.5 mm nos permiten un intervalo de riego de 5 días luego se darán 6 riegos de 625 m³/Ha. o sea 3750 m³/Ha.

Intervalo de riego, Marzo:

No hay precipitación efectiva. El uso consuntivo del pasto es de 8.40 mm/día. El intervalo de riegos será de 5 días o sea 6 riegos en el mes. Un volumen de 3750 m³/Ha.

Intervalo de riego, Abril:

La precipitación efectiva es nula y el uso consuntivo es de 7.48 mm/día. El intervalo de riego es de 5 días, se darán 5 riegos en el mes, lo que requiere un volumen de 3750 m³/Ha.



Intervalo de riego, Mayo:

La precipitación efectiva es de 83 mm. El uso consuntivo para el mes es de 2.75 mm/día. El intervalo de riego será de 14 días, se darán 2 riegos al mes o sea un volumen de $625 \text{ m}^3/\text{Ha.} \times 2 = 1250 \text{ m}^3$.

La precipitación efectiva es equivalente a un volumen de riego de 1383 m^3/Ha . Si la lluvia fuese uniforme no habría necesidad de aplicar el riego pero debido a su carácter aleatorio es que será necesario proveer el riego y también seguir la variación del contenido de humedad a fin de determinar el momento adecuado del riego, así como la cantidad a aplicar.

Intervalo de riego, Junio:

La precipitación efectiva es de 104.4 mm que teóricamente cubre las necesidades de cultivo cuyo uso consuntivo es de 2.42 mm/día, lo que permitiría un intervalo de riego de 15 días y admitiría 2 riegos en el mes o sea un volumen de aplicación de $1250 \text{ m}^3/\text{Ha}$. No se puede confiar en que la lluvia se presentará cuando las plantas requieren la humedad. El seguimiento de la humedad del suelo y aplicaciones ligeras pueden ayudar a economizar el volumen de agua aplicado por el riego en este mes.

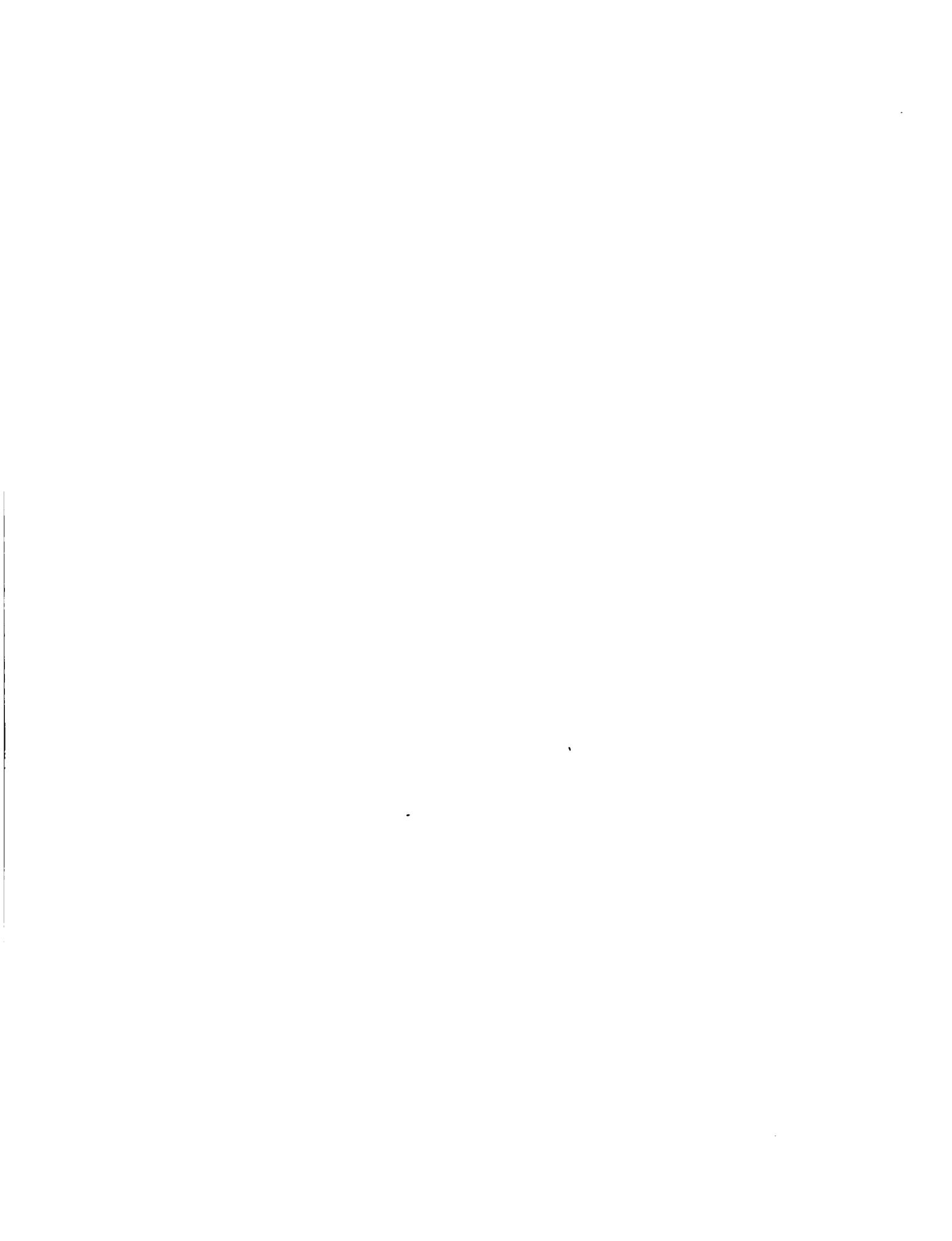
Intervalo de riego, Julio:

La precipitación efectiva es de 55.8 mm. El uso consuntivo es de 4.05 mm/día lo que permite un intervalo de riego de 9 días, o sea que se requieren 3.5 riegos en el mes de $625 \text{ m}^3/\text{Ha}$. equivalente a un volumen de $2188 \text{ m}^3/\text{Ha}$.-riego.

La precipitación efectiva equivale a un volumen de riego de $930 \text{ m}^3/\text{Ha}$., luego el requerimiento de riego sería de $1258 \text{ m}^3/\text{Ha}$.

Intervalo de riego, Agosto.

La precipitación efectiva es de 89 mm equivalente a un volumen de riego de $1483 \text{ m}^3/\text{Ha}$. El uso consuntivo para el pasto es de 4.32 mm/día lo que permitiría un intervalo de riego de 9 días y se requiere 3.5 riegos en el mes lo que equivale a un volumen de $2188 \text{ m}^3/\text{Ha}$. Si se tiene en cuenta el volumen equivalente de riego aportado por la lluvia, el requerimiento de riego será de $705 \text{ m}^3/\text{Ha}$.



Intervalo de riego, Setiembre:

La precipitación efectiva es de 108 mm que equivale a un volumen de riego de 1767 m³/Ha. El uso consuntivo es de 2.58 mm/día lo que permitiría un intervalo de riego de 15 días. Es decir, que se requerían dos riegos para satisfacer las necesidades hídricas de los pastos en este mes. Las observaciones conducen a creer que la probabilidad de tener una precipitación de 108 mm en el mes es superior al 80%. La mejor protección es el seguimiento del comportamiento del contenido de humedad del suelo.

Intervalo de riego, Octubre:

La precipitación efectiva es de 120 mm equivalente a un volumen de riego de 2000 m³/Ha. El uso consuntivo es de 2.4 mm/día lo que permitiría un intervalo de 16 días. Se requieren dos riegos por mes lo que demandaría 1250 m³/Ha. Teniendo en cuenta la presencia de la precipitación efectiva, ésta cubre plenamente los requerimientos de riego, sin embargo hay que tener en cuenta el carácter aleatorio de la lluvia.

Intervalo de riego, Noviembre:

La precipitación efectiva es de 16.9 mm equivalente a un volumen de riego en pastos de 282 m³/Ha. El uso consuntivo es de 4.05 mm/día lo que permitiría un intervalo de riego de 9 días debiendo aplicarse 3.5 riegos en el mes con un volumen mensual de 2188 m³/Ha. menos los aportes de la lluvia se requieren 1906 m³/Ha.

Intervalo de riego, Diciembre:

La precipitación efectiva es nula. El uso consuntivo es de 5.22 mm/día lo que permite un intervalo de riego de 7 días, lo que exige la aplicación de 4.5 riegos equivalente a un volumen de 2813 m³/Ha.

Los volúmenes de agua requeridos en m³/Ha. son:

Enero:	3092
Febrero:	3750
Marzo:	3750
Abril:	3750
Mayo:	----
Junio:	----
Julio:	1258
Agosto:	705
Setiembre:	----
Octubre:	----
Noviembre:	1906
Diciembre:	2813

TOTAL 21024 m³/Ha.

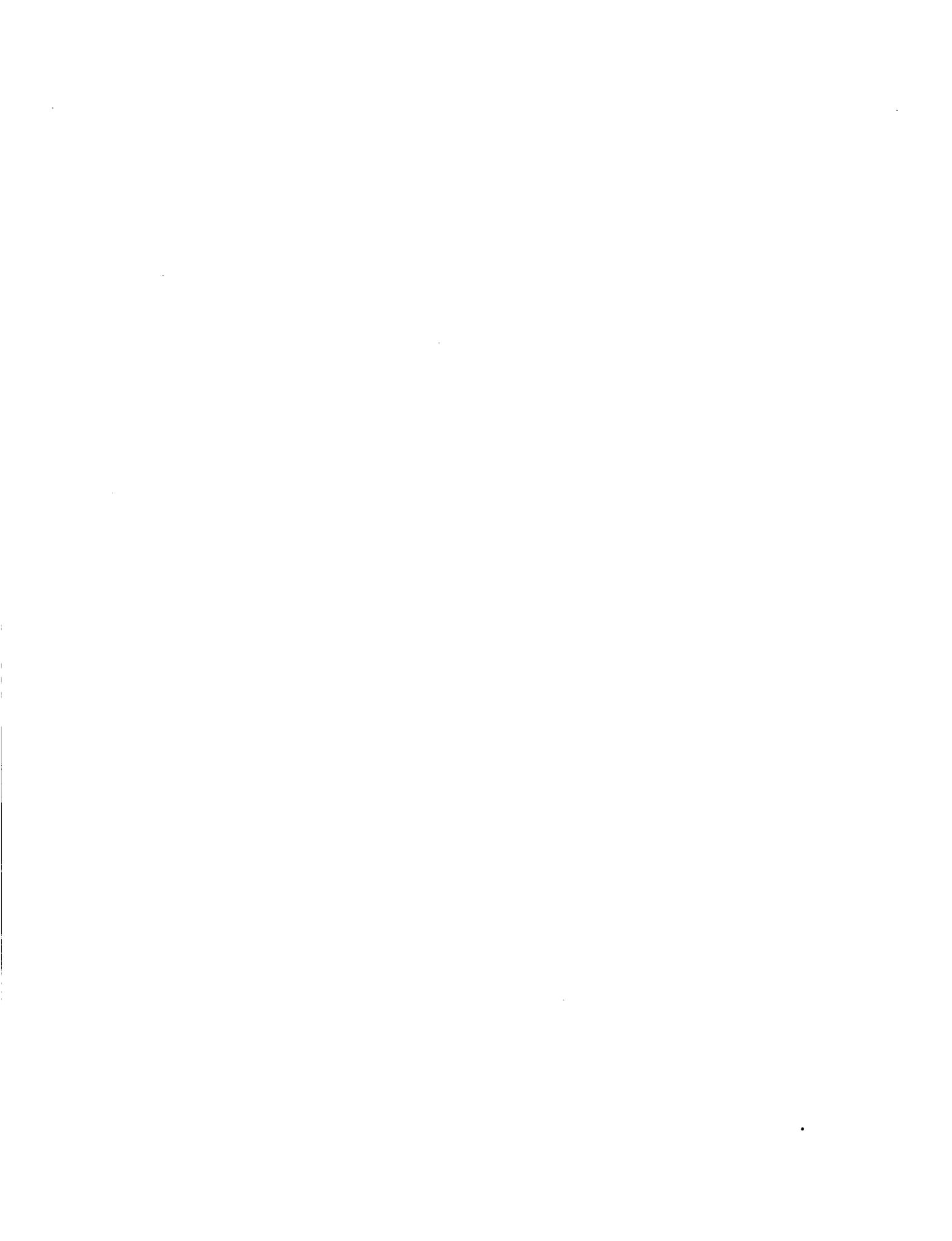
El análisis del plan de cultivo y riegos que hemos presentado se ha basado en la hipótesis que la eficiencia de uso del agua en el cultivo es de 50% para el arroz, lo cual supone terrenos apropiados y nivelados para este cultivo, así como dimensiones de la unidad de riego concordante con el caudal de aplicación y que los bordos son herméticos, que no hay pérdida superficial de agua.

El 65% para la caña de azúcar, lo que indica que se riega por surcos, los cuales tienen la capacidad y la longitud para conducir el volumen de agua que permite humedecer el suelo convenientemente.

El 60% para los pastos, lo cual admite que el terreno está nivelado y que el agua se desplaza convenientemente sobre la superficie sin almacenamiento ni pérdidas superficiales.

También se admite que la precipitación que puede ocurrir en cada mes tiene el 80% de probabilidad y que los valores de precipitación efectiva calculados usando el método del servicio de conservación de suelos de los Estados Unidos, son aplicables a la finca objeto de estudio. La finca posee 34 hectáreas cultivadas bajo riego, de los cuales 14 son de arroz, 14 ha. de caña de azúcar y 6 de pastos.

Los volúmenes de agua a aplicar, el número de riegos por mes, los intervalos de riegos suponen que no hay aportes ni de las otras fincas ni del agua subterránea, lo cual requiere ser verificado porque siempre hay influencia entre ellas. (La práctica del riego incontrolado provoca la subida del manto freático, en las áreas regadas del Distrito Arenal, por esta razón debe vigilarse



el agua subterránea para programar los volúmenes de agua superficial a aplicar en cada riego.

Lo realizado para la finca del ejercicio debe de repetirse, para todas las fincas. Las necesidades totales son contrastadas con las disponibilidades (ambas expresadas) en las mismas unidades, para determinar la aprobación del área a sembrar en cada ciclo del año agrícola. Si las necesidades son menores que las disponibilidades, el plan se ejecutará. De lo contrario si las disponibilidades son menores que las necesidades, debe de reducirse el área, esta situación requiere criterios de base, flexibles para la toma de decisiones, cuya aplicación debe de enmarcarse dentro de un contexto integral. Un ejemplo de prioridades podría ser:

- Cultivos permanentes (frutales)
- Pastos (alimentación del ganado)
- Cultivos de mayor rentabilidad social
- Cultivos más sensibles a la falta de humedad
- Cultivos tolerantes al déficit hídrico

Según las circunstancias, unos criterios prevalecerán sobre los otros. En lo que respecta al porcentaje de área a reducir de cada productor, también se requiere de guías orientadoras por ejemplo sólo reducir las áreas grandes cuyos propietarios serían menos afectados o también hacerlo proporcionalmente al área que posee el productor.

La situación de escasez obliga a la concertación a la cual contribuye eficazmente la junta de regantes, de cuyo fortalecimiento depende la solución de gran parte de los problemas que se presentan en la agricultura de regadío, una buena razón para que el Distrito Arenal encamine sus esfuerzos para lograr su constitución.

Los volúmenes y caudales operativos que la finca requiere para regar los cultivos indicados son:

CULTIVO	ENER.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DEC.
Arroz	1000	4422	11230	12458.4	8420	684	1000	1388	7078	6584	8227	----
Caña	2073	2584	2584	3112.0	1835	656.5	1599	1216	406	480	2326	----
Pastos	3092	3750	3750	3750	----	----	1258	705	----	----	1906	2813
Total	6165	10756	28320	19320.5	10255	1340	3157	3309	7484	7064	12459	2813
Promedio	2055	3585.3	9440	6440	3418	447	1286	1103	2495	2355	4153	938
Caudal l/s Permanente	26	51	120	85	43	6	16	14	33	30	55	12
Número de Horas si recibe 100 l/s	6.24	12.24	----	20.4	10.32	1.44	3.84	3.36	7.92	7.2	13.2	2.88

VII. CONCLUSIONES

- 1. La agricultura de riego pone en funcionamiento un conjunto de elementos ligados al suelo, al clima, a la planta y al agua, los cuales deben intervenir apropiadamente, orientados a lograr los máximos beneficios de los productores.**
- 2. Los productores agrícolas deben de considerar su actividad enmarcada dentro de un contexto de largo plazo y de desarrollo sostenible, lo cual lleva implícito la conservación de la capacidad productiva de los suelos.**
- 3. La observación cuidadosa del comportamiento de los elementos de la producción, es el mejor medio de aprendizaje y que permite hacer la mejor utilización. Por ejemplo: aplicar el riego y los fertilizantes a una determinada época del cultivo y observar su respuesta en el rendimiento; ayudará a programar estas tareas para los tipos de suelos que se disponga.**
- 4. La interacción suelo-agua-planta-atmósfera, es muy compleja y cambia de un lugar a otro, de tal modo que la transferencia de tecnología debe de pasar por la validación en el lugar, antes de ser difundida a gran escala.**
- 5. El manejo de la agricultura de riego debe de tratarse de manera integral para toda el área, porque lo que se haga en una finca influye en las que se encuentran a su alrededor, ya que hay comunicación tanto superficial como subterránea entre todas ellas, especialmente si son parcelas pequeñas como es el caso de las fincas de los beneficiarios del IDA por lo que la administración puede verse favorecida si los pequeños productores se organizan en Asociaciones o Cooperativas; así pueden coordinar la ejecución de las tareas en función del bienestar común.**
- 6. El contenido de este documento está orientado a que el productor agrícola con riego, tome conocimiento de que el suelo no es un reservorio ilimitado y que la humedad del suelo debe de ser manejada para establecer la frecuencia de riegos y que según el desarrollo del cultivo; se calcule el volumen de agua a aplicar.**
- 7. Dentro del marco comunal en que debe desarrollarse la agricultura de riego el plan de cultivo y riegos es una buena herramienta para ordenar la distribución del agua disponible.**

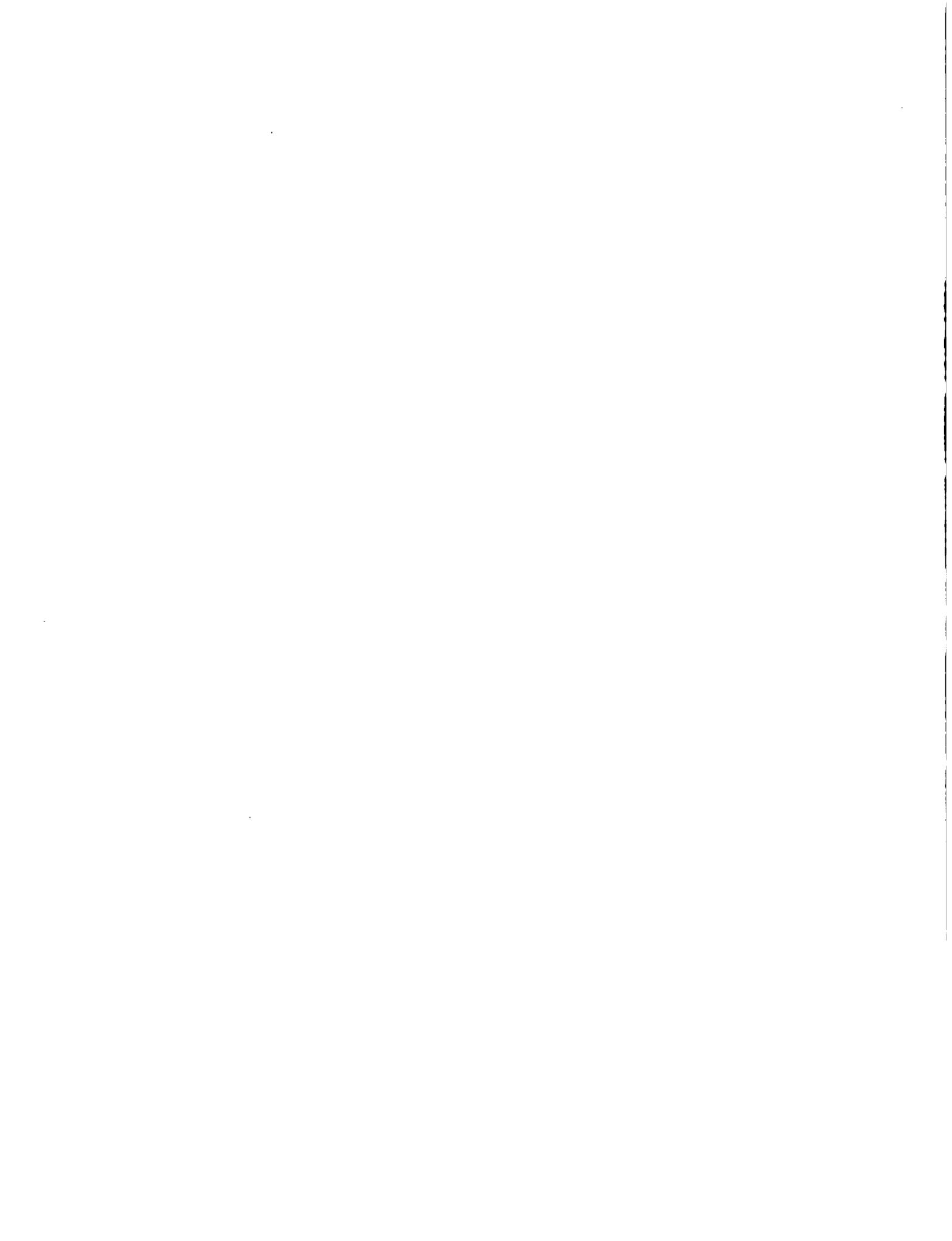


VIII. BIBLIOGRAFIA

- **Doorembos y Pruitt 1977. Boletín 24 de la colección de Riego y Drenaje de la FAO. Las necesidades de Agua de los Cultivos.**
- **Soil Conservation Service. (SCS), 1969 United States Department of Agriculture (U.S.D.A.). National Engineering Handbook. Section 15. Chapter 1. Soil, water and plant relationship.**



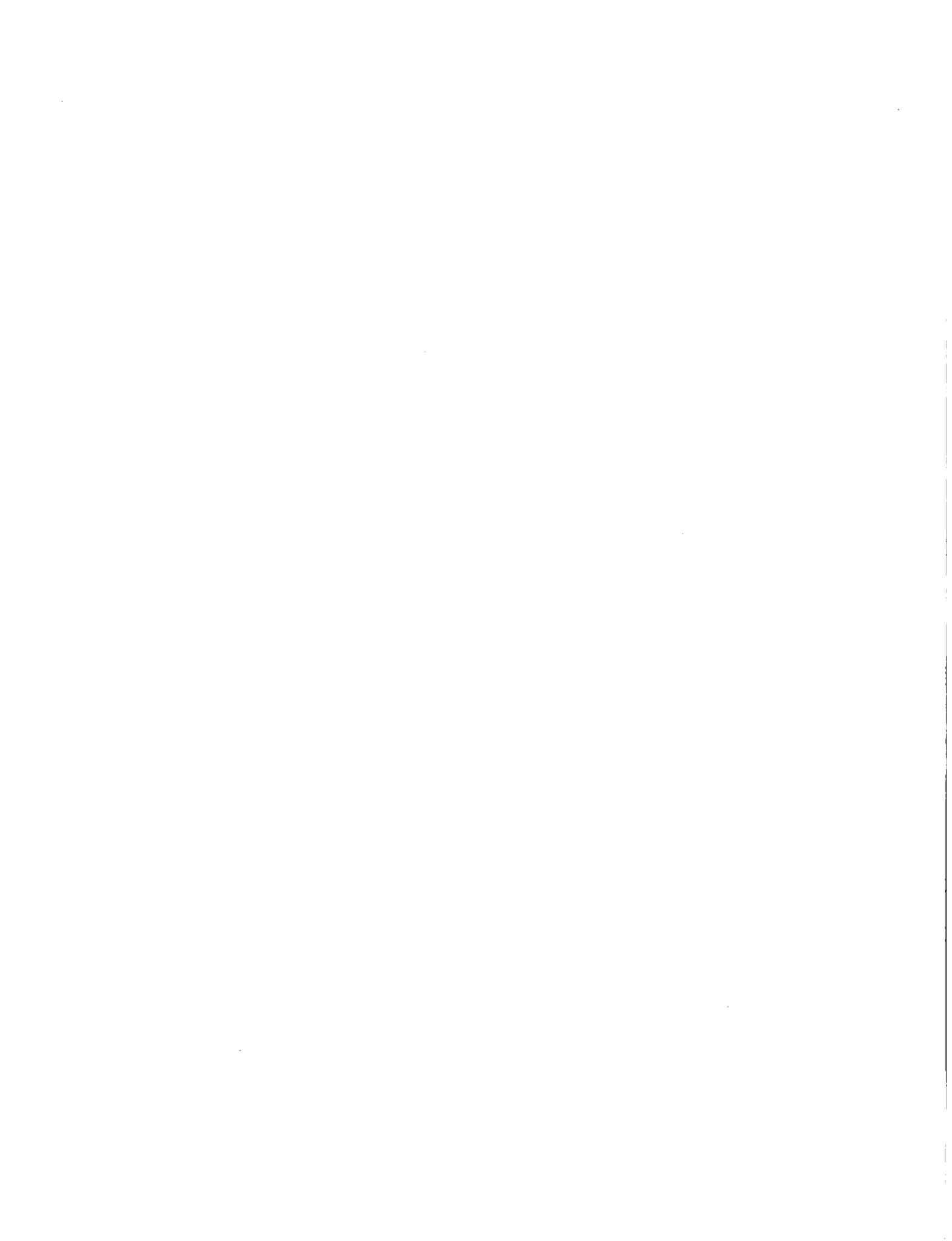
ANEXOS



PRECIPITACION

ESTACION: TABOGA ELEV.: 40 MTS. LAT.: 10 21 INSTITUCION: SEMAR
 NUMERO: 076908 LONG.: 85 09

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL ANUAL
1970	0.0	0.0	28.8	64.6	136.0	159.1	210.7	207.7	384.9	495.7	76.9	27.8	1792.2
1971	6.5	55.4	0.0	147.8	213.0	265.6	72.2	203.8	549.3	443.3	19.4	0.0	1976.3
1972	17.6	0.0	36.6	28.8	327.2	207.6	58.8	101.2	145.6	68.8	251.2	39.2	1292.6
1973	0.0	0.0	14.5	27.8	205.4	473.8	147.6	345.3	323.7	437.7	100.7	2.2	2086.7
1974	0.3	0.0	0.2	33.5	292.2	329.5	150.7	100.6	360.5	289.1	6.1	11.1	1493.8
1975	0.0	0.0	0.0	0.0	84.6	136.8	134.8	213.8	343.5	311.7	244.8	0.0	1470.0
1976	0.0	0.0	0.0	8.1	214.5	243.0	46.8	157.8	93.9	372.6	66.9	0.0	1203.6
1977	0.0	0.0	0.0	30.0	136.2	180.1	33.8	182.6	230.2	247.3	197.4	5.5	1251.1
1978	0.0	0.0	25.4	9.3	400.5	208.9	99.5	304.1	349.9	559.7	16.6	80.1	2054.0
1979	0.0	0.0	1.7	135.8	190.4	331.1	124.5	299.6	443.9	344.8	117.9	38.7	2028.4
1980	5.2	3.3	0.5	16.3	229.3	193.6	232.9	240.1	276.3	303.3	329.5	10.3	1920.6
1981	0.0	0.0	16.8	37.0	412.4	417.8	129.1	400.4	339.7	433.6	42.3	22.1	2251.2
1982	1.4	0.0	0.0	58.6	466.5	153.0	115.5	52.8	378.3	237.7	50.1	0.0	1513.9
1983	0.0	21.8	11.3	16.4	49.9	266.9	149.4	204.8	199.7	258.6	112.3	8.3	1299.4
1984	0.5	101.2	31.5	98.2	89.2	180.7	200.4	137.5	343.4	110.4	94.7	3.6	1471.3
1985	1.6	0.0	0.0	56.5	215.3	303.7	167.2	168.1	146.6	262.6	51.9	0.0	1373.5
1986	0.0	- 9	1.4	2.0	311.7	208.9	33.3	116.6	130.6	287.7	32.9	1.2	1126.3
1987	0.0	0.0	37.10	3.40	102.3	98.80	332.30	49.50	170.20	185.40	12.20	25.50	1016.70
1988	0.4	0.0	67.50	40.30	263.10	468.5	154.30	440.2	496.50	390.50	68.00	1.5	2391.60
1989	0.0	0.0	1.0	0.0	96.10	378.1	227.60	201.00	294.70	228.40	90.00	65.50	1581.50
1990	0.0	0.0	0.0	27.20	239.50	115.40	130.20	149.29	222.50	325.40	129.70	12.8	1351.99
1991	10.60	0.0	17.90	13.80	226.2	231.3	73.9	192.50	251	259	15.20	41.60	1331.90



PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DE LA PRECIPITACION MENSUAL DE LA ESTACION TABOGA

CALCULO DE PRECIPITACION EFECTIVA ESTACION TABOGA

Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio		Julio		Agosto		Septiembre		Octubre		Noviembre		Diciembre		
17.6	1	0.04	101.2	1	0.04	67.5	1	0.04	147.8	1	0.04	172.8	1	0.04	446.2	1	0.04	579.3	1	0.04	379.7	1	0.04	88.1
18.6	2	0.09	53.4	2	0.09	37.1	2	0.09	126.8	2	0.09	468.1	2	0.09	408.4	2	0.09	456.5	2	0.09	453.7	2	0.09	63.5
6.3	3	0.13	21.8	3	0.13	36.6	3	0.13	98.2	3	0.13	417.8	3	0.13	343.3	3	0.13	403.3	3	0.13	443.3	3	0.13	41.6
5.2	4	0.17	9	4	0.17	31.5	4	0.17	64.6	4	0.17	308.1	4	0.17	304.1	4	0.17	427.7	4	0.17	477.4	4	0.17	39.2
1.6	5	0.22	3.3	5	0.22	28.8	5	0.22	58.6	5	0.22	331.1	5	0.22	295.6	5	0.22	384.9	5	0.22	433.6	5	0.22	38.7
1.4	6	0.26		6	0.26	25.4	6	0.26	56.5	6	0.26	323.5	6	0.26	281.1	6	0.26	378.3	6	0.26	426.6	6	0.26	27.8
0.3	7	0.30	0	7	0.30	17.9	7	0.30	48.3	7	0.30	303.7	7	0.30	213.8	7	0.30	368.5	7	0.30	403.3	7	0.30	25.5
0.4	8	0.35	0	8	0.35	16.8	8	0.35	37	8	0.35	266.9	8	0.35	207.7	8	0.35	349.9	8	0.35	372.6	8	0.35	22.1
0.3	9	0.39	0	9	0.39	14.5	9	0.39	33.5	9	0.39	253.6	9	0.39	191.4	9	0.39	343.5	9	0.39	344.8	9	0.39	12.8
0	10	0.43	0	10	0.43	11.3	10	0.43	28.2	10	0.43	243	10	0.43	167.6	10	0.43	343.4	10	0.43	325.4	10	0.43	11.1
0	11	0.48	0	11	0.48	1.7	11	0.48	28.8	11	0.48	231.2	11	0.48	134.8	11	0.48	339.7	11	0.48	311.7	11	0.48	10.3
0	12	0.52	0	12	0.52	1.4	12	0.52	27.8	12	0.52	208.9	12	0.52	128.2	12	0.52	276.3	12	0.52	267.7	12	0.52	8.3
0	13	0.57	0	13	0.57	1	13	0.57	27.2	13	0.57	208.9	13	0.57	123.1	13	0.57	251	13	0.57	262.6	13	0.57	3.3
0	14	0.61	0	14	0.61	0.5	14	0.61	16.4	14	0.61	207.6	14	0.61	124.5	14	0.61	238.2	14	0.61	239	14	0.61	3.6
0	15	0.65	0	15	0.65	0.2	15	0.65	16.3	15	0.65	193.6	15	0.65	115.5	15	0.65	222.5	15	0.65	238.6	15	0.65	2.2
0	16	0.70	0	16	0.70	0	16	0.70	13.8	16	0.70	188.7	16	0.70	93.5	16	0.70	192.7	16	0.70	207.3	16	0.70	1.5
0	17	0.74	0	17	0.74	0	17	0.74	9.3	17	0.74	188.1	17	0.74	72.9	17	0.74	194.7	17	0.74	237.7	17	0.74	1.2
0	18	0.78	0	18	0.78	0	18	0.78	8.1	18	0.78	159.1	18	0.78	72.2	18	0.78	178.2	18	0.78	228.4	18	0.78	0
0	19	0.83	0	19	0.83	0	19	0.83	3.4	19	0.83	153	19	0.83	58.8	19	0.83	146.6	19	0.83	209.1	19	0.83	0
0	20	0.87	0	20	0.87	0	20	0.87	2	20	0.87	138.8	20	0.87	48.8	20	0.87	143.6	20	0.87	185.4	20	0.87	0
0	21	0.91	0	21	0.91	0	21	0.91	0	21	0.91	115.4	21	0.91	33.8	21	0.91	138.6	21	0.91	118.4	21	0.91	0
0	22	0.95	0	22	0.95	0	22	0.95	0	22	0.95	98.8	22	0.95	33.3	22	0.95	93.9	22	0.95	68.8	22	0.95	0

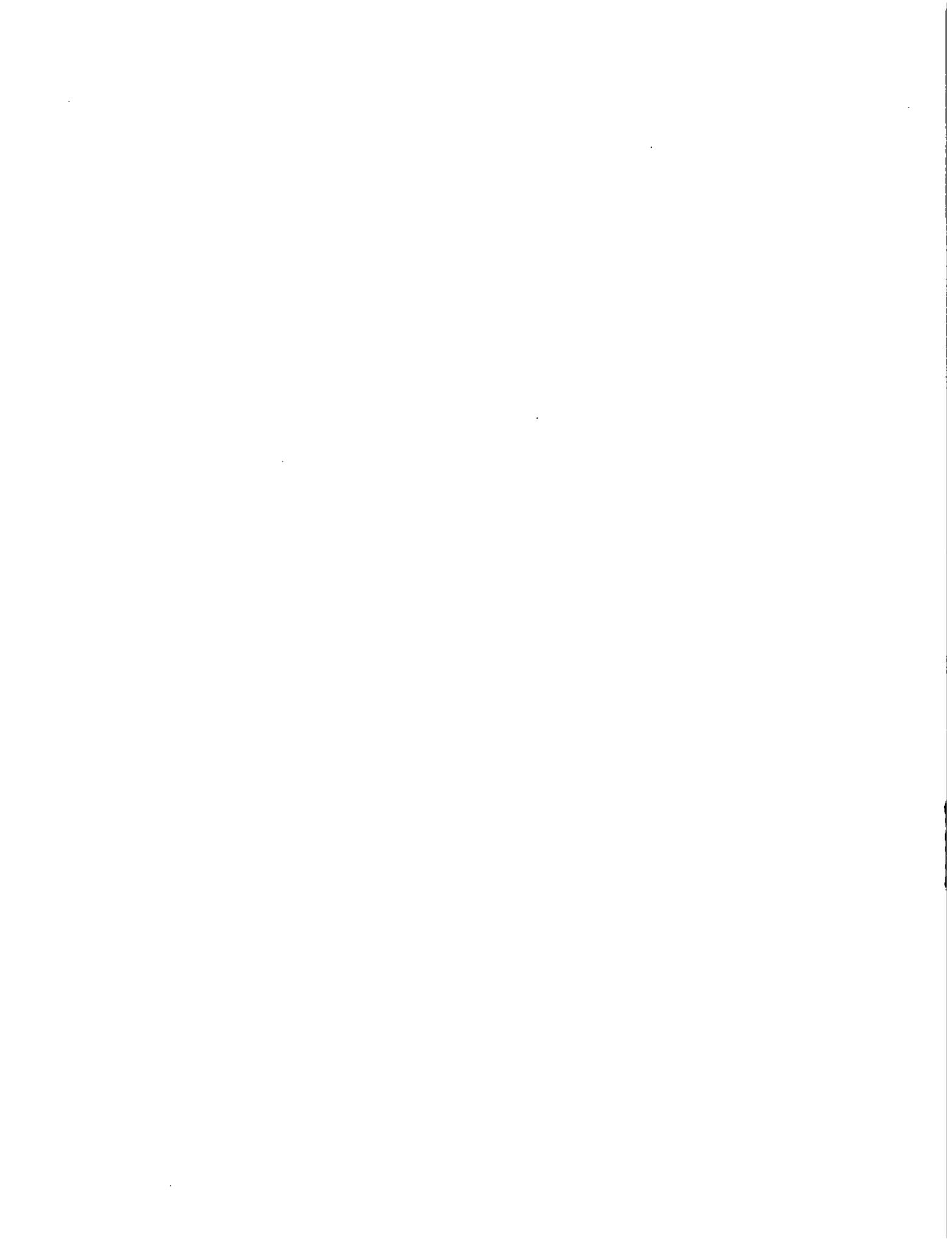


Fig.-80 AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)

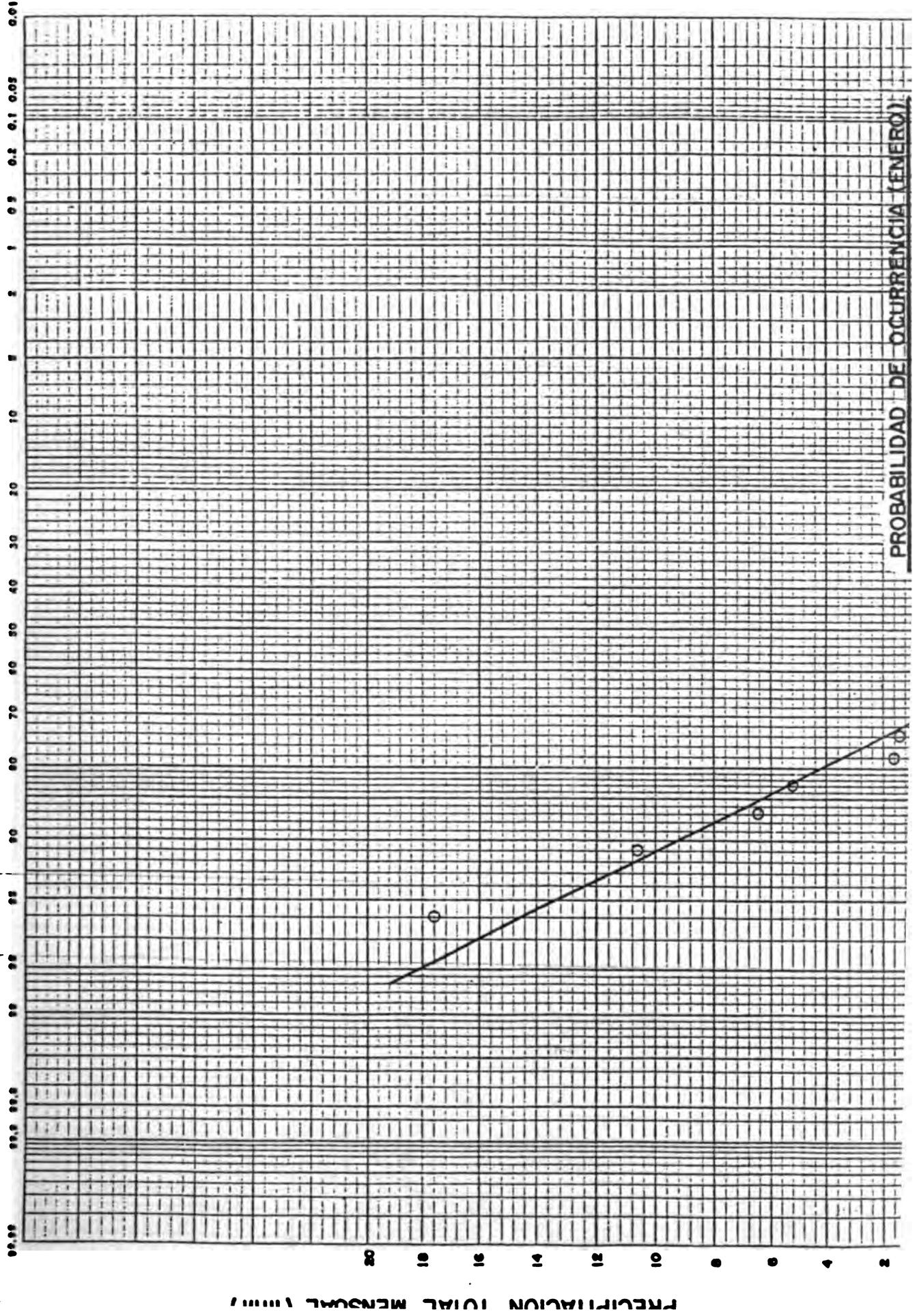
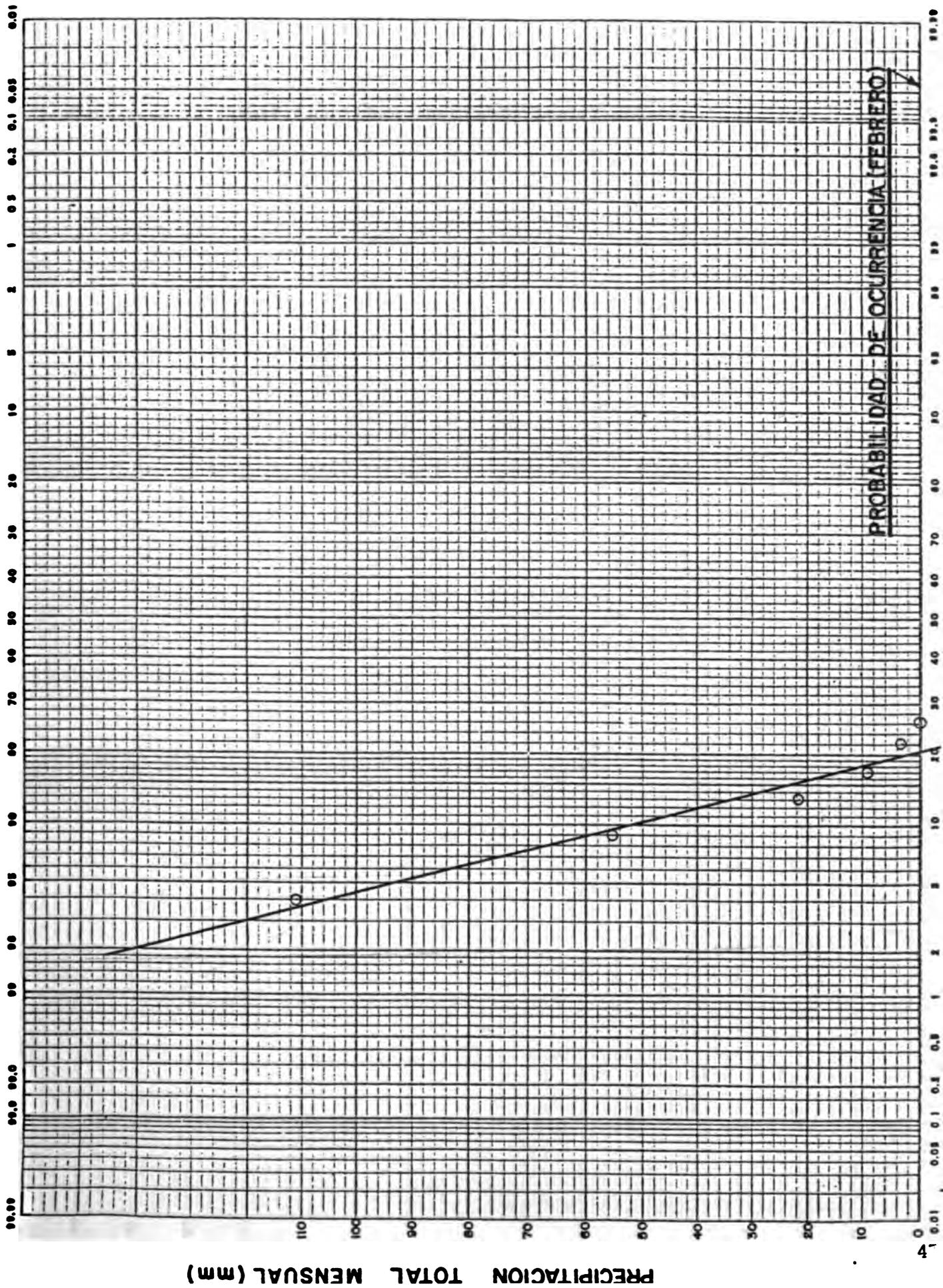


Fig. 8-b AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



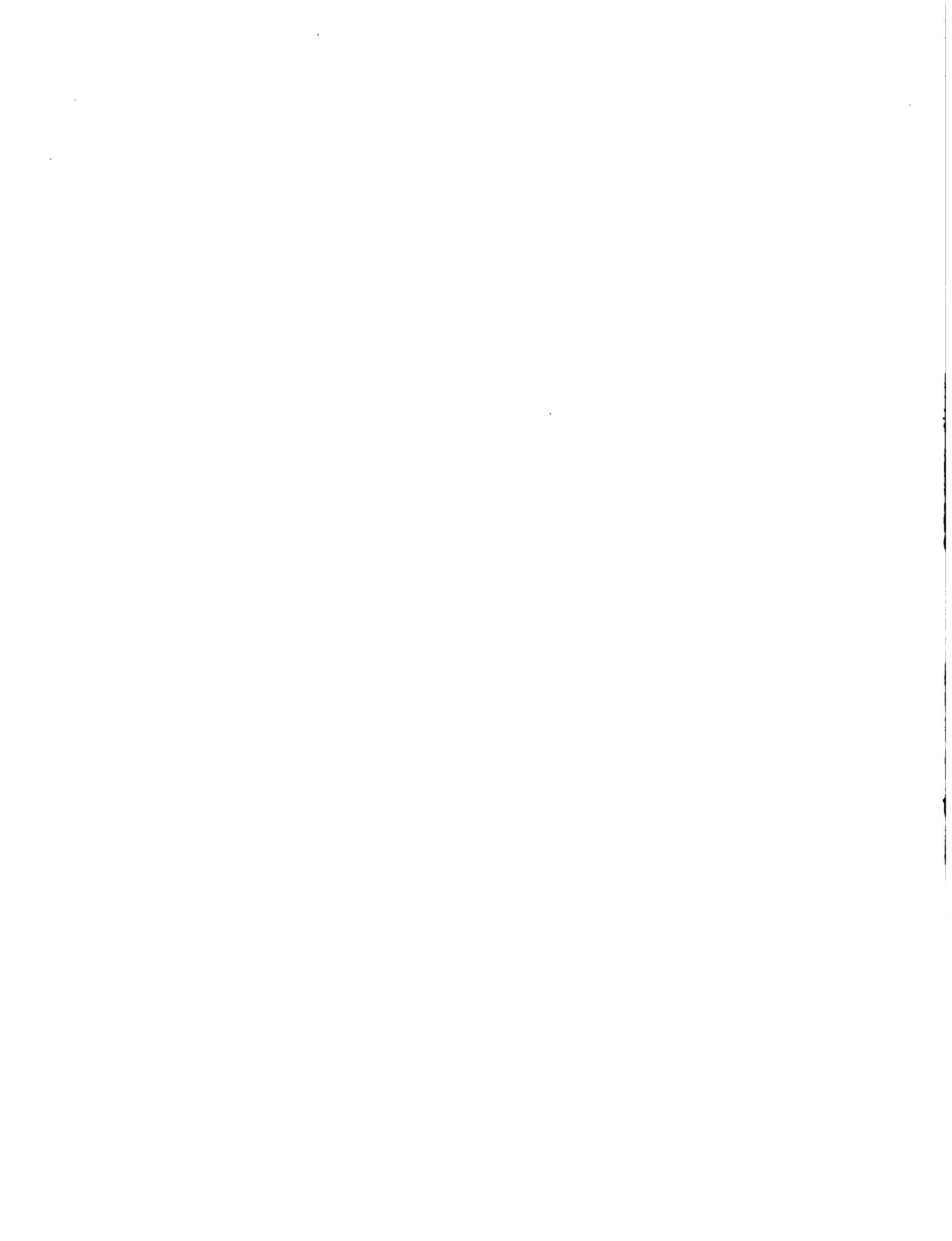
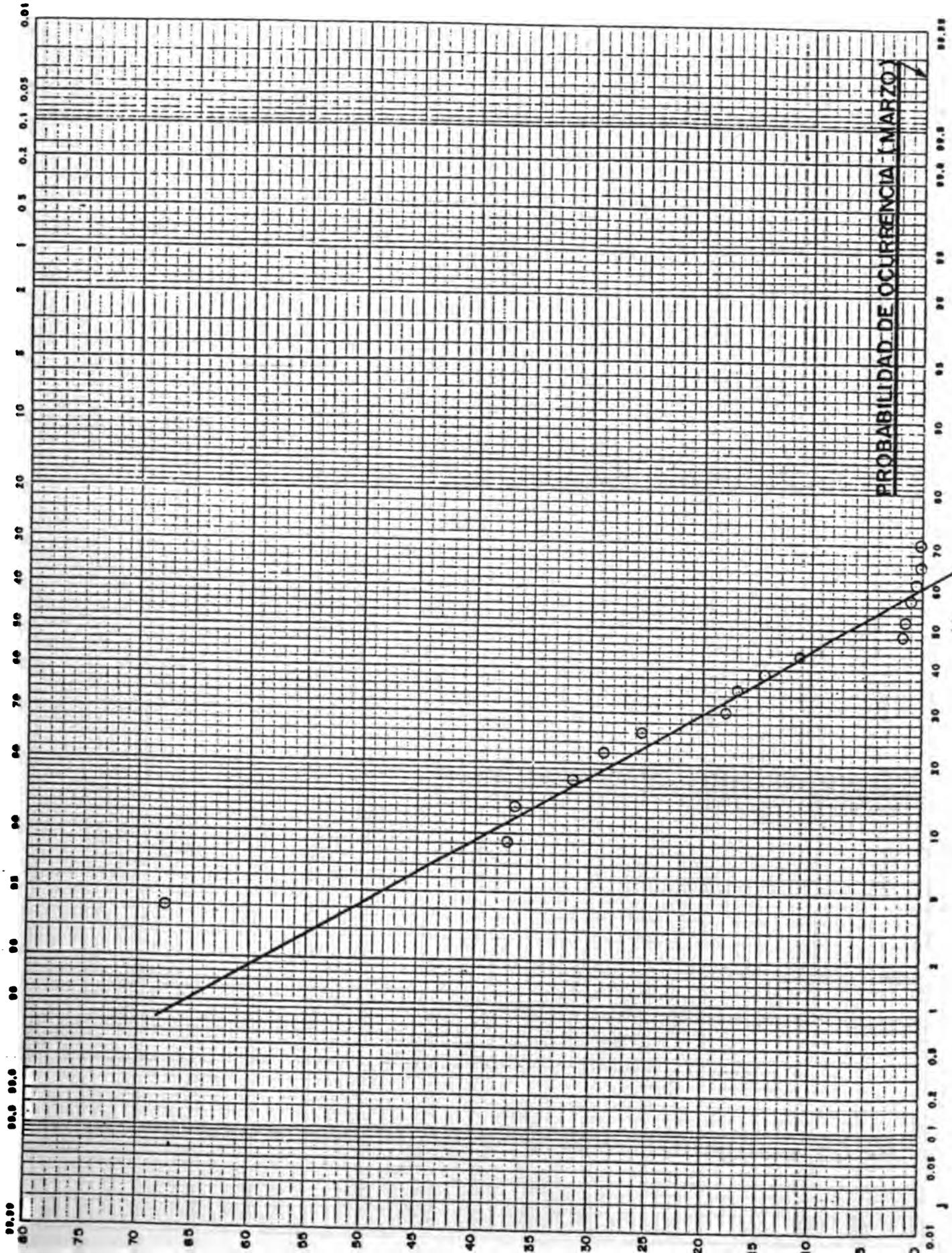


Fig. 8-c AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

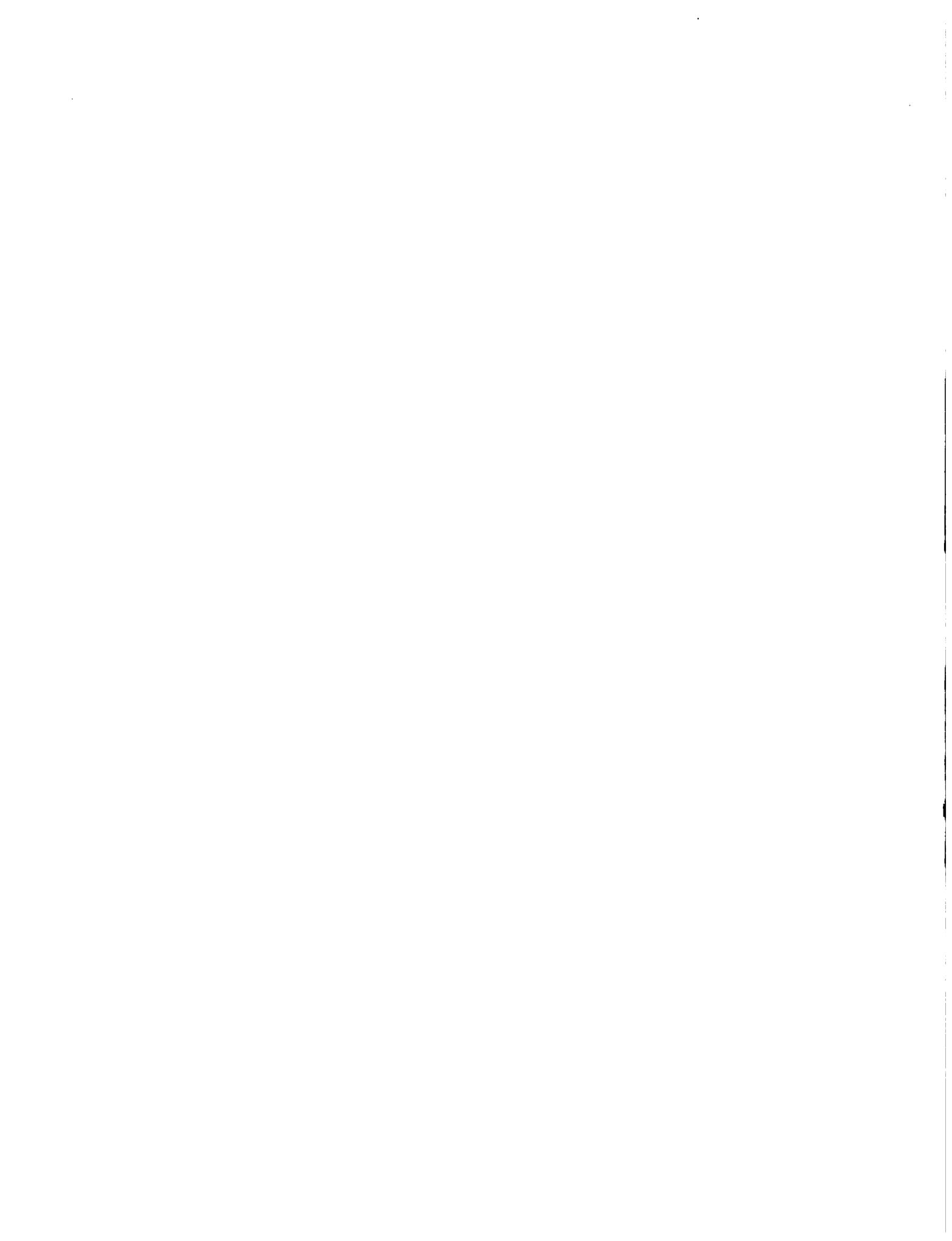


Fig. 8 - ch. AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (m m)

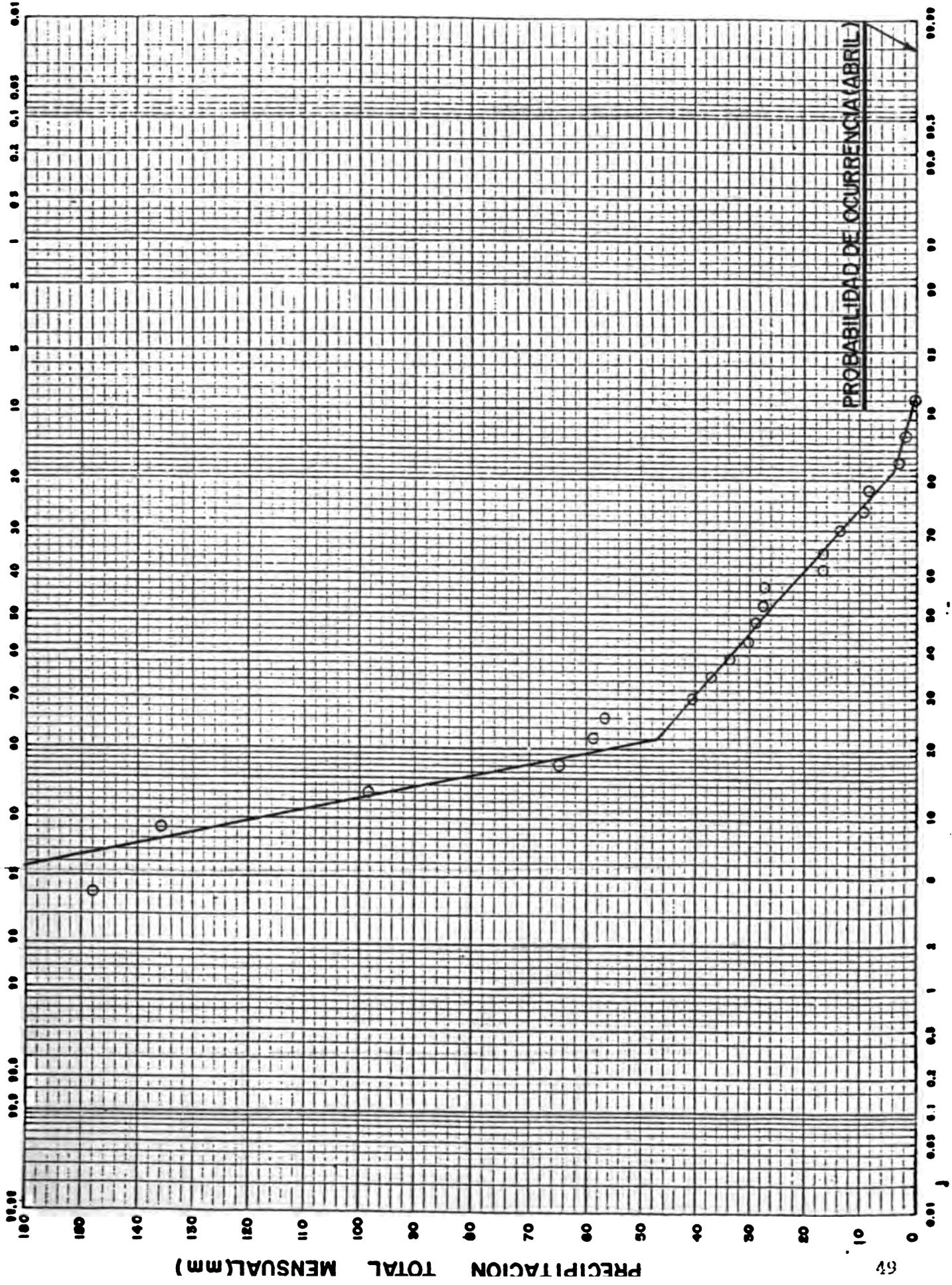


Fig. - 8d

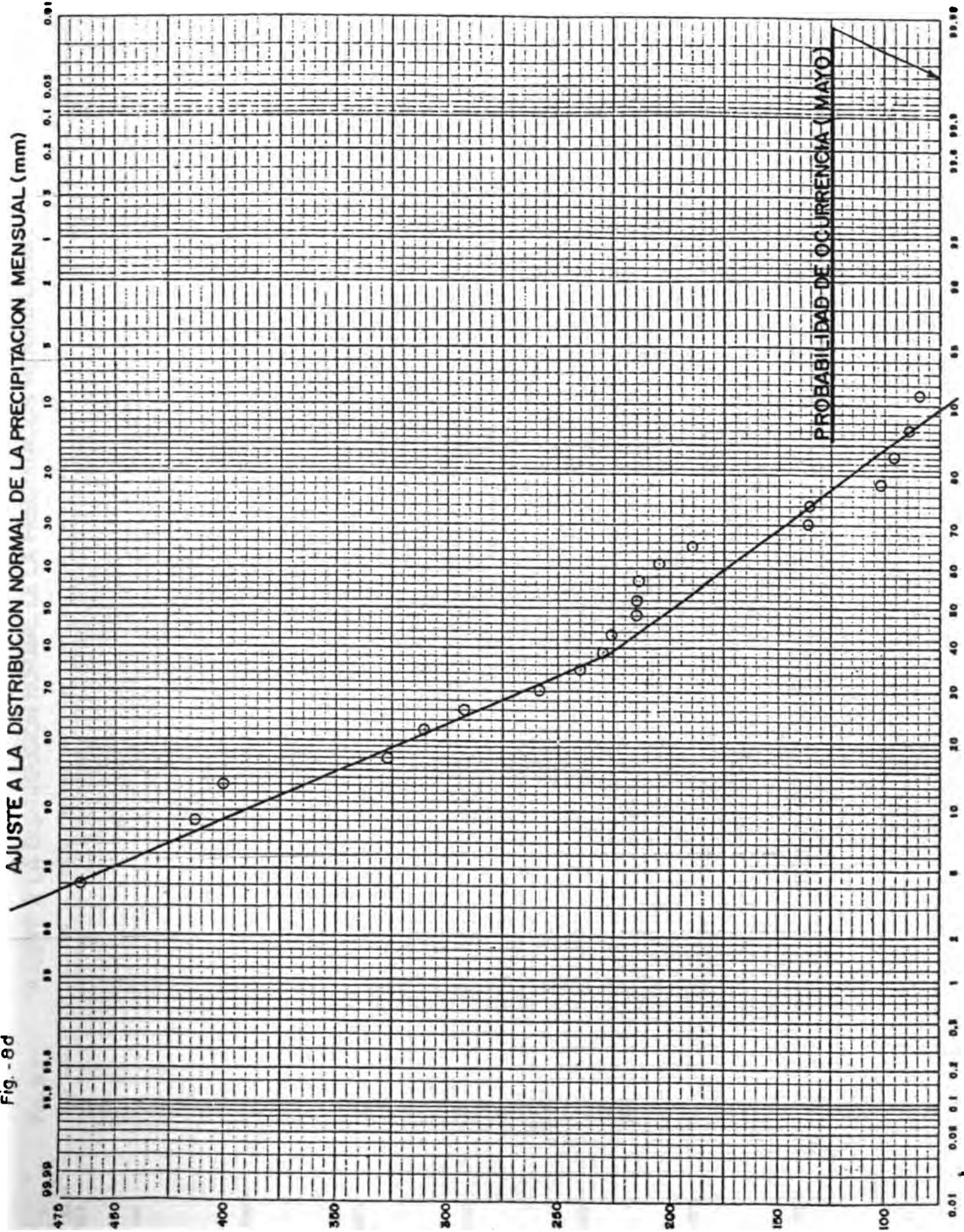
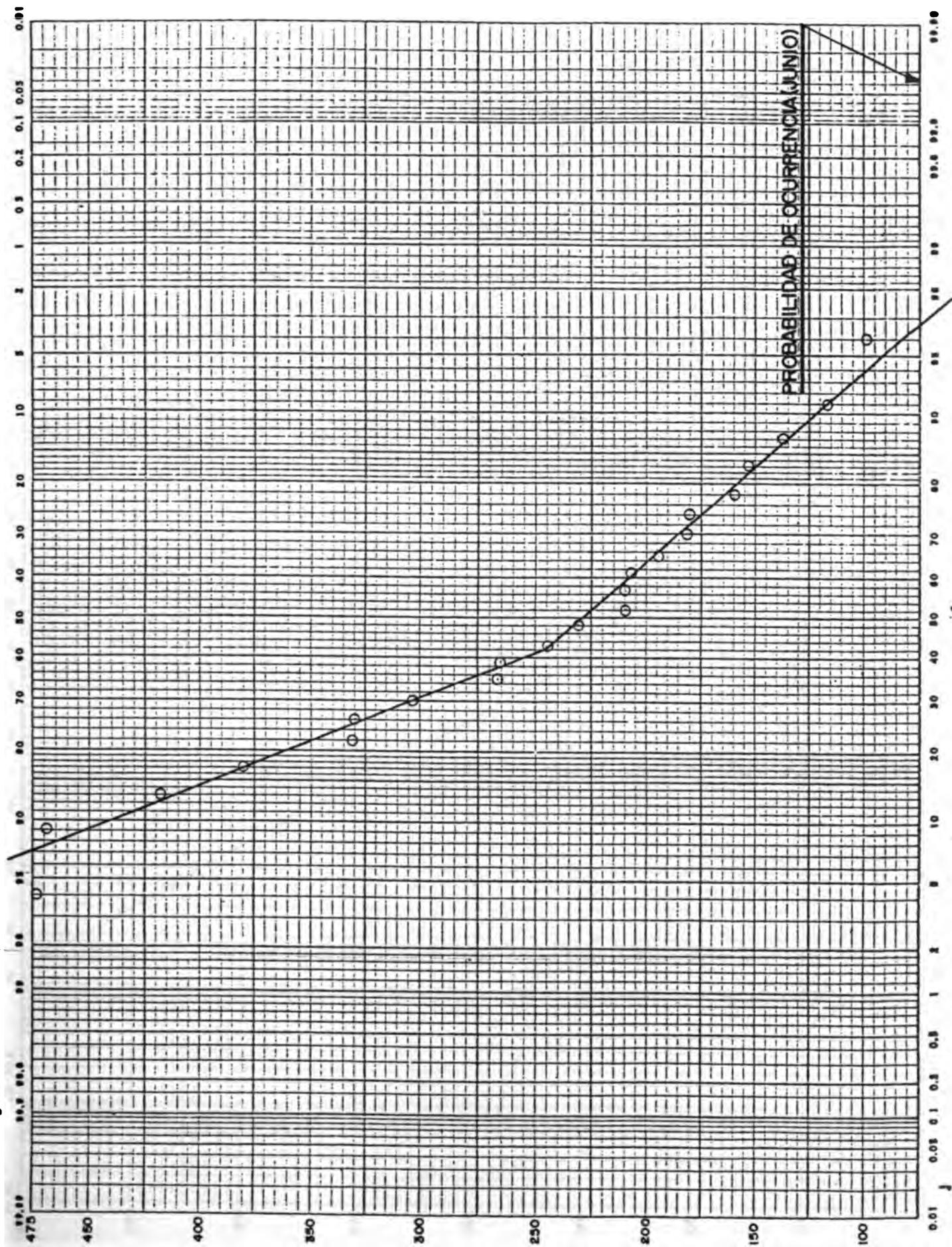


Fig-8 e AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



PRECIPITACION TOTAL MENSUAL

Fig.-8f AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)

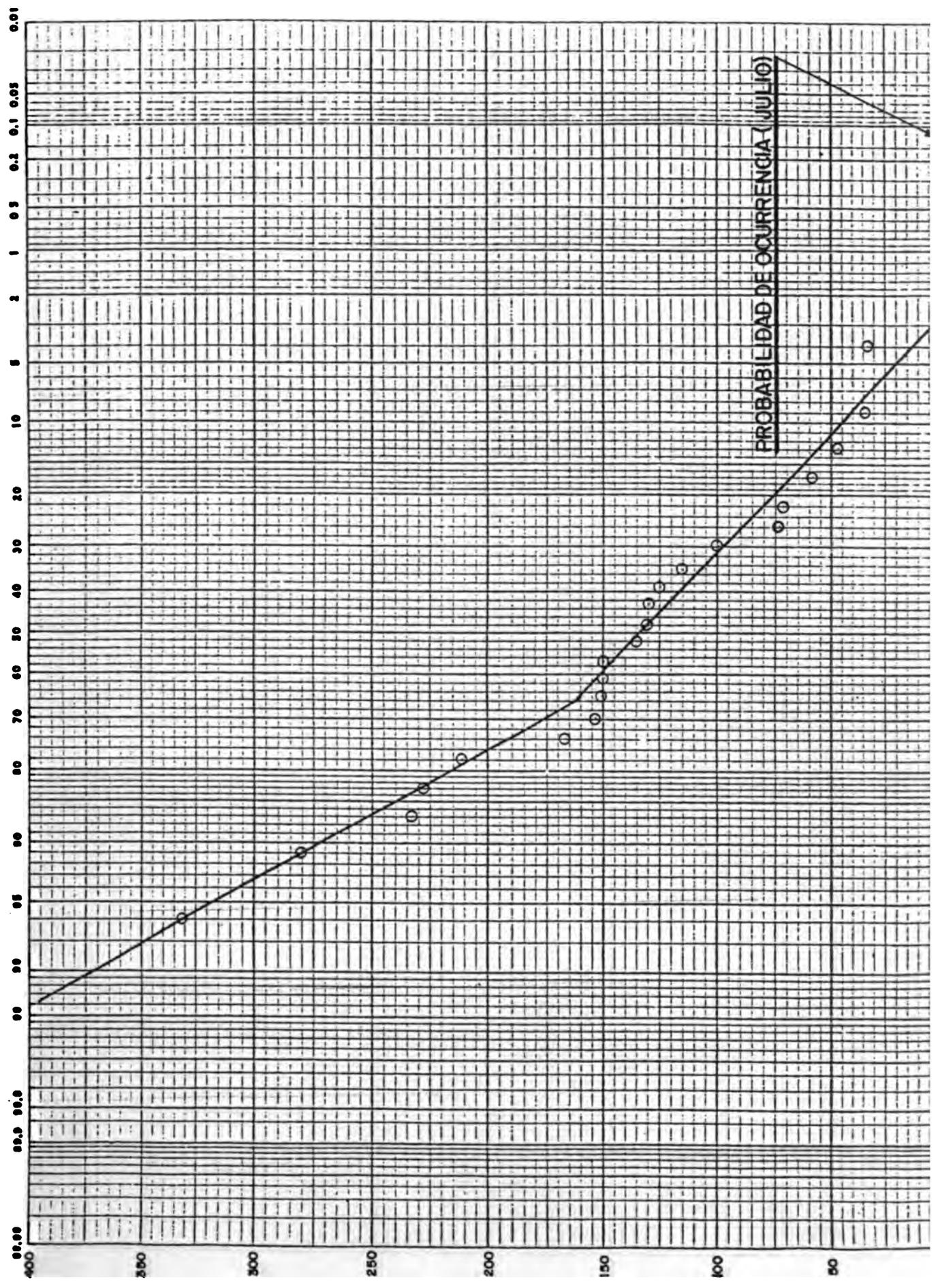
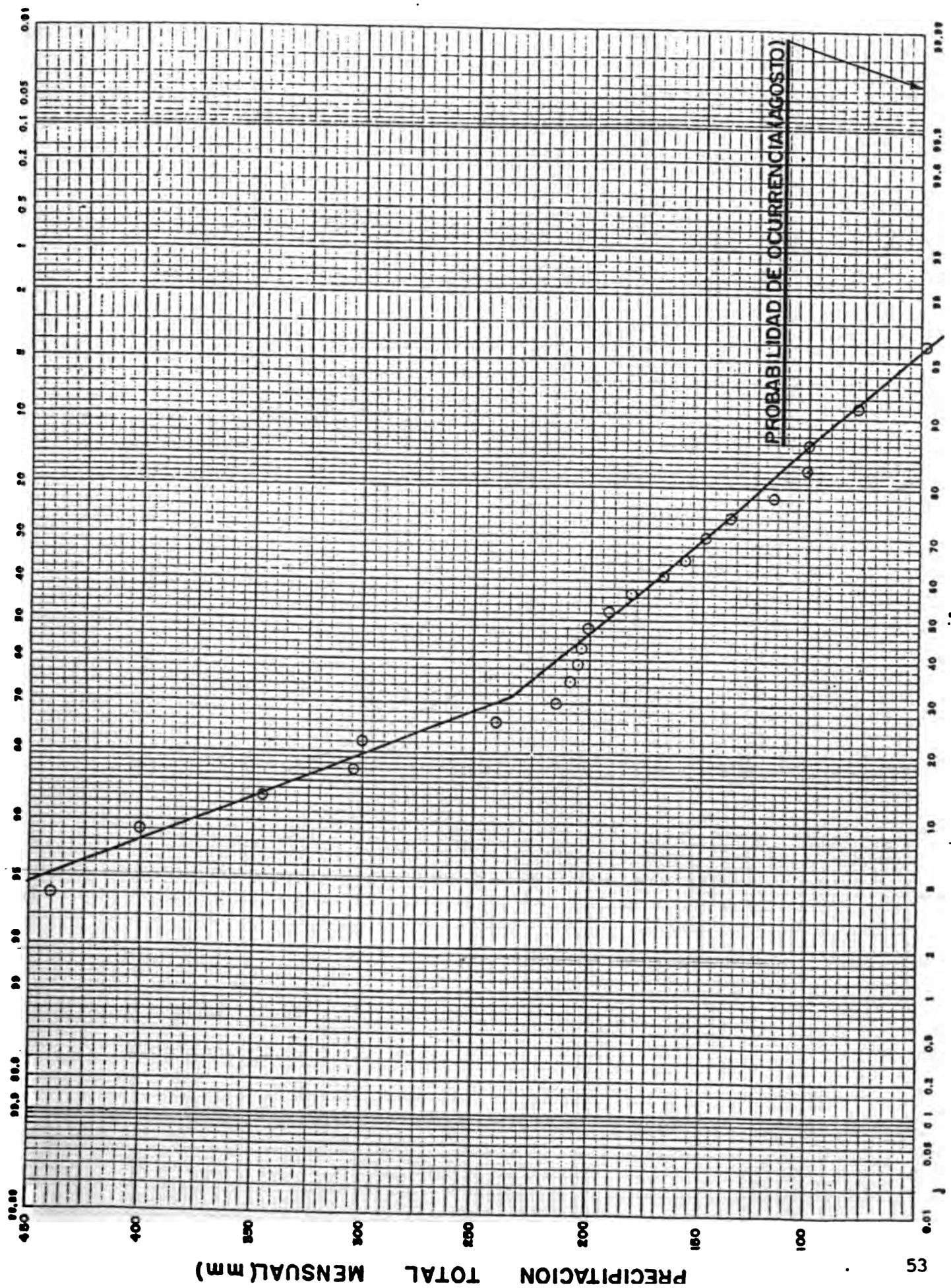
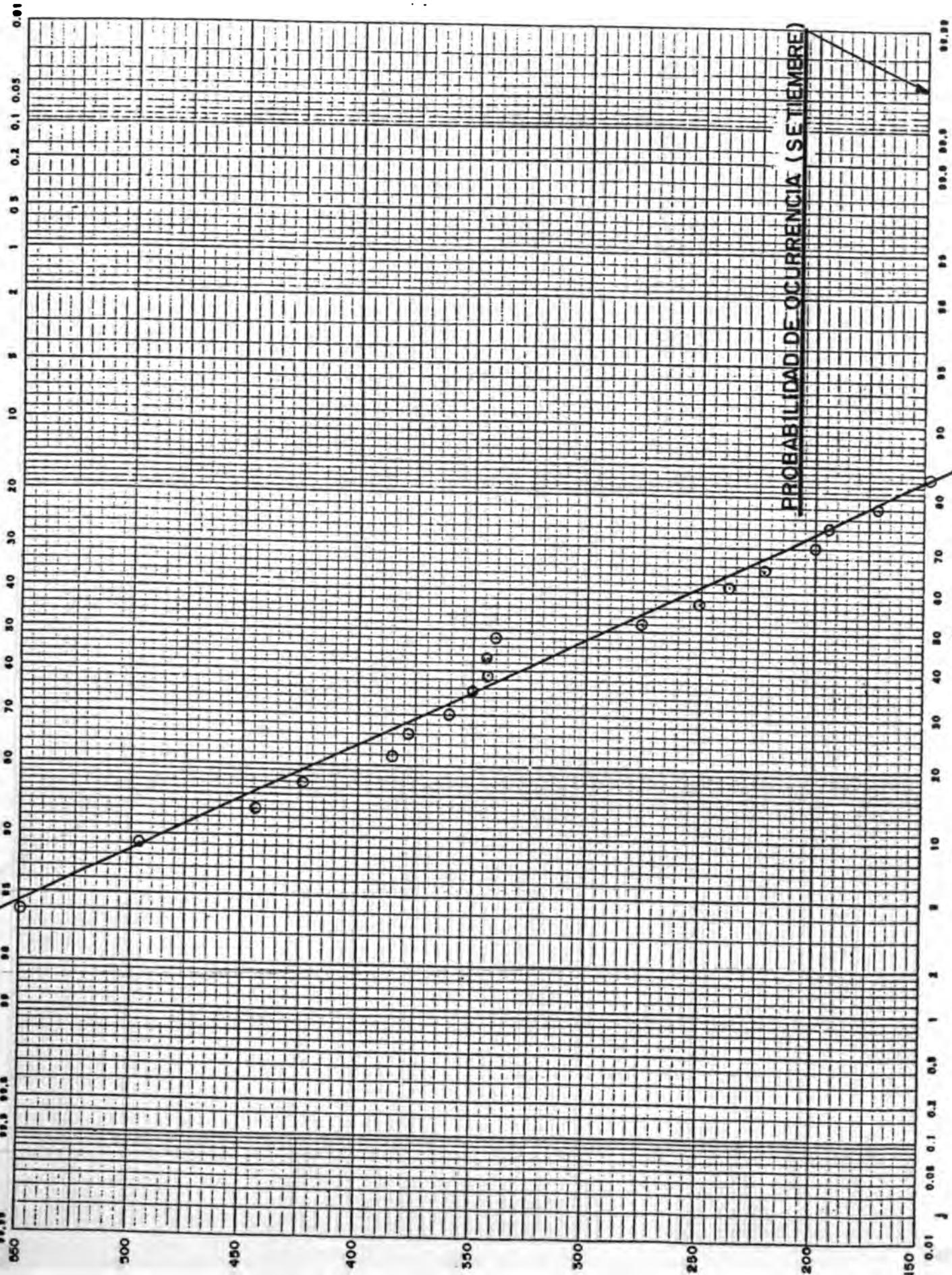


Fig. -89. AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



WILEY-INTERSCIENCE Probability

Fig - 8h AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)

Fig. - 8-i

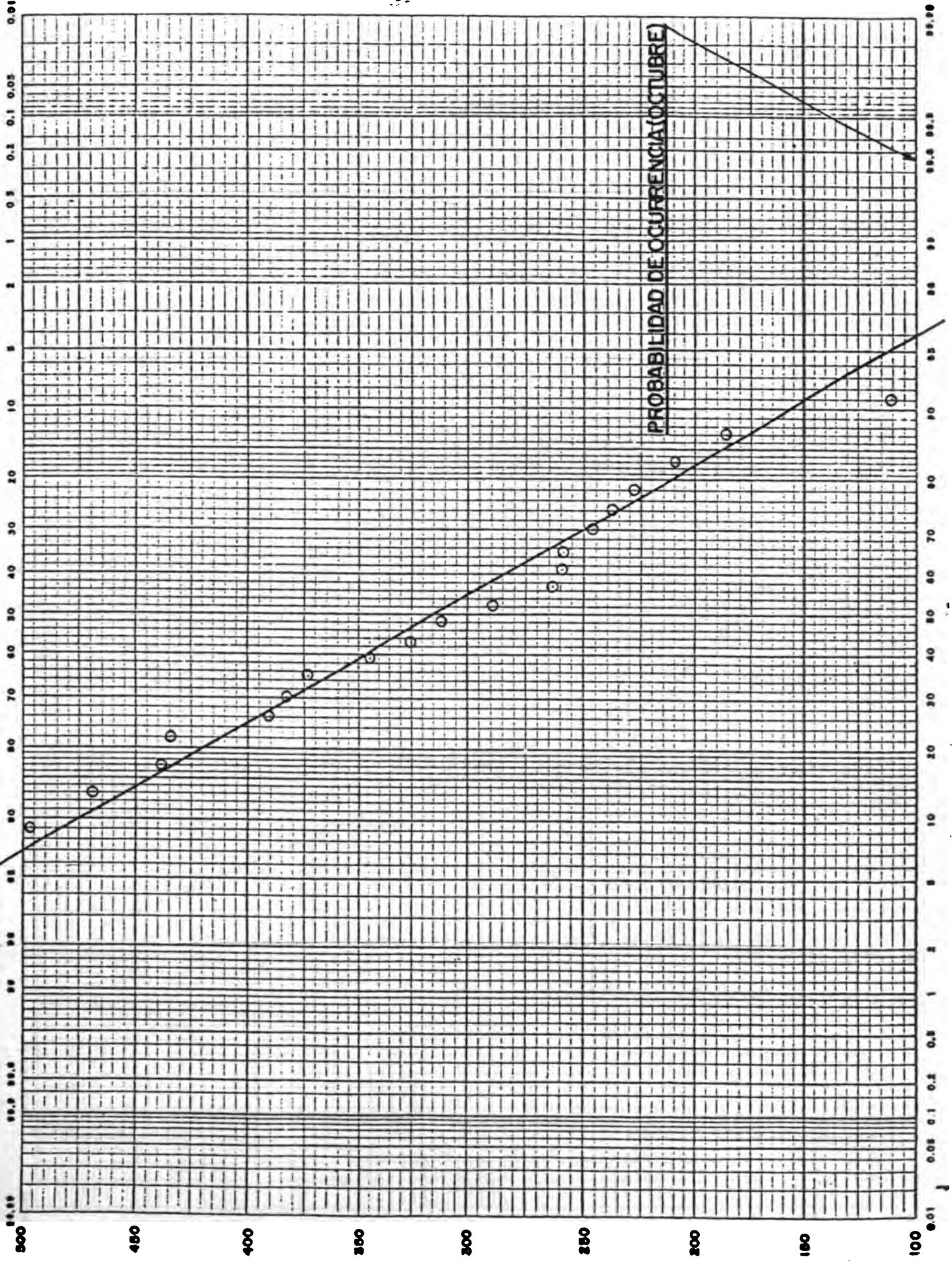
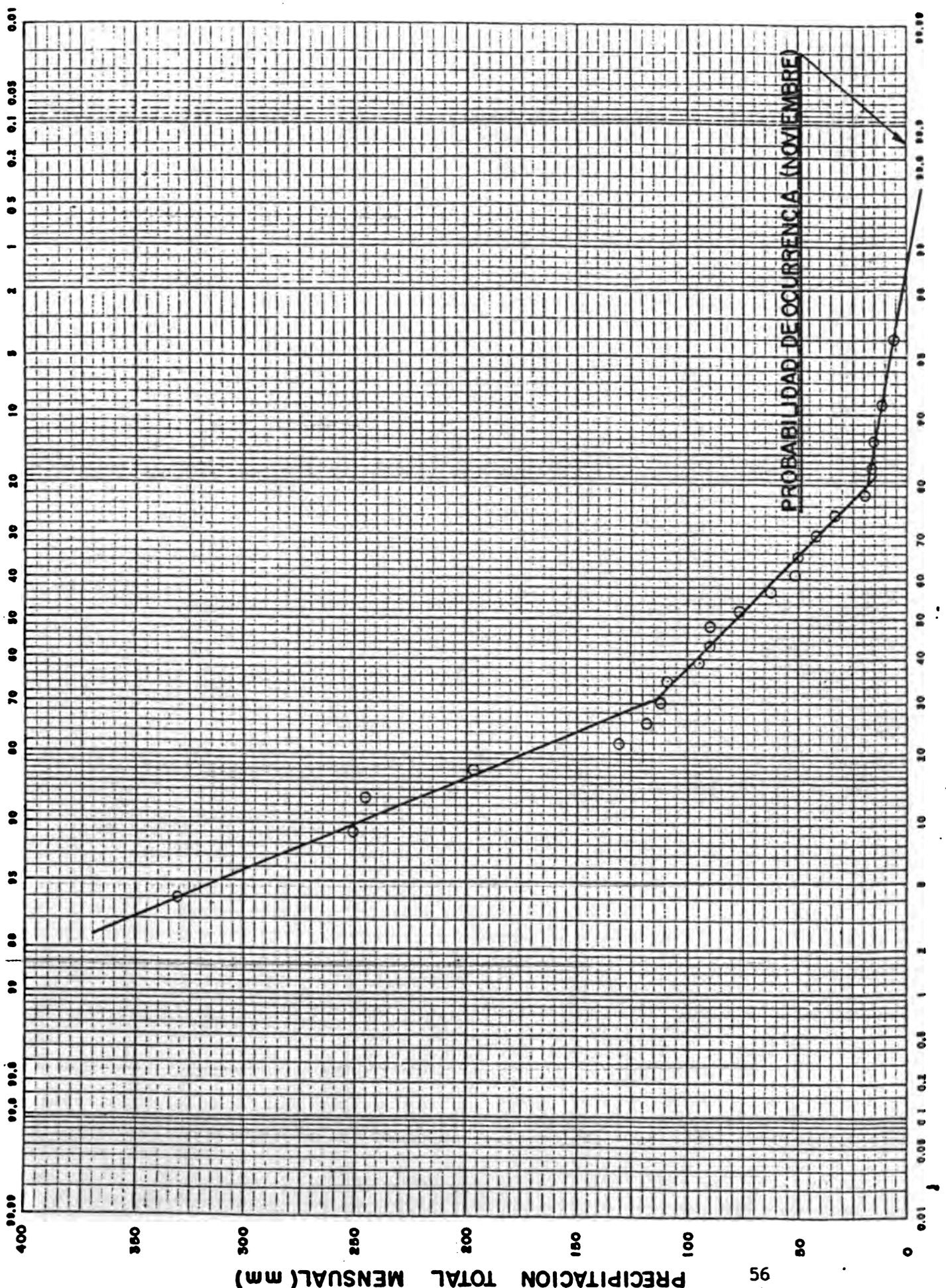


Fig. 8-j AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



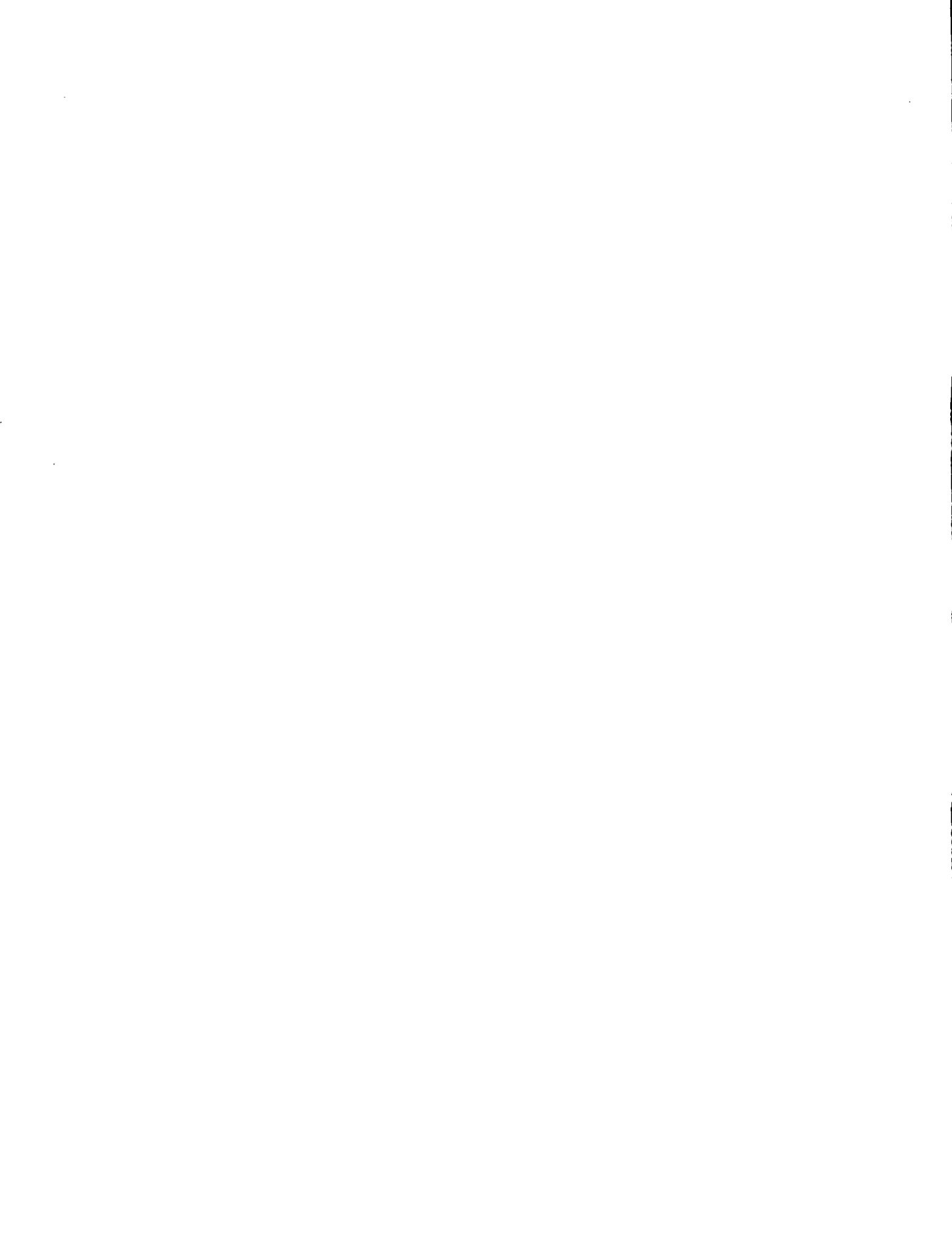
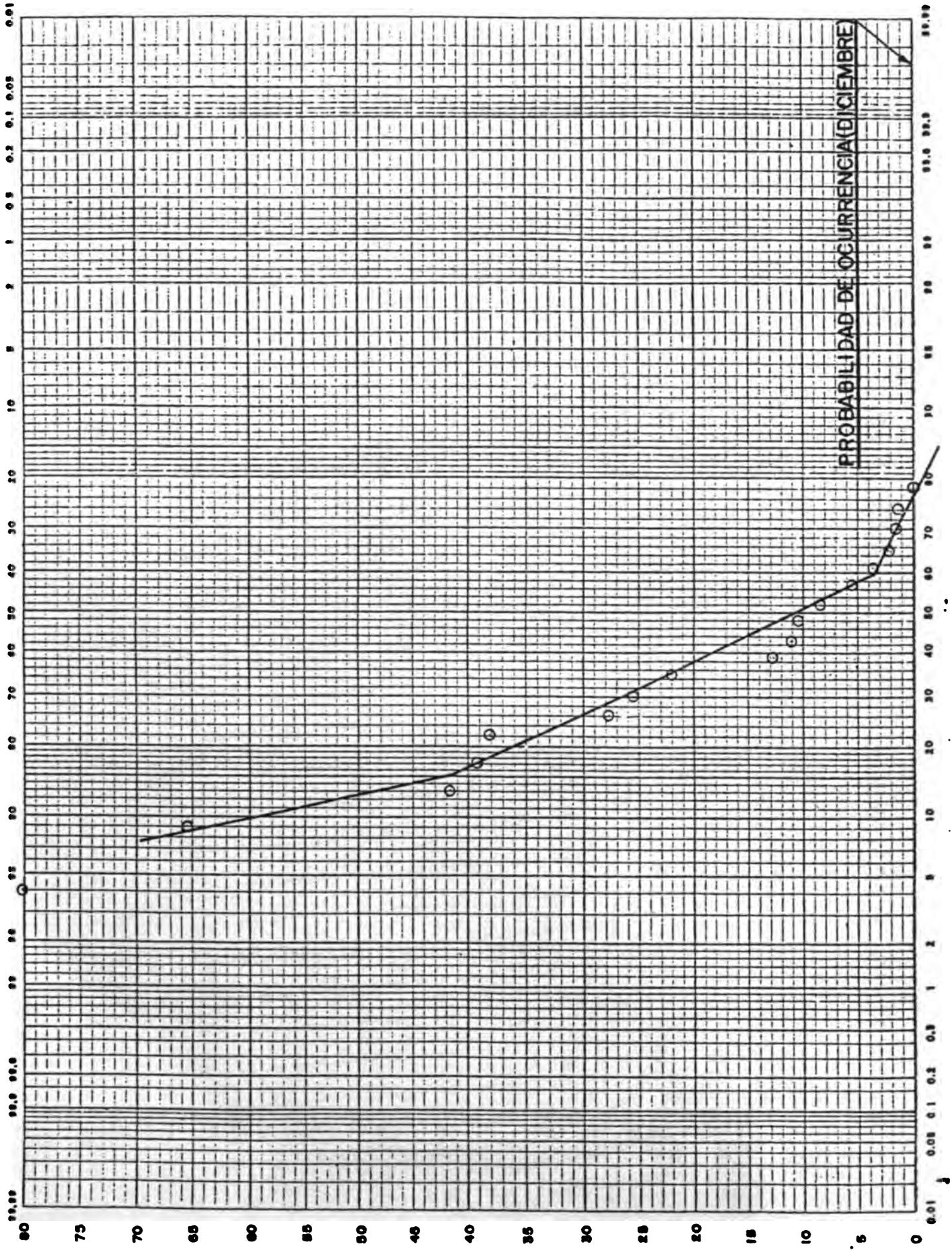


Fig. 8-k. AJUSTE A LA DISTRIBUCION NORMAL DE LA PRECIPITACION MENSUAL (mm)



FECHA DE DEVOLUCION

09 MAYO 1995

IICA
F08-P695p

Autor

Principios fundamentales para
Título la planificación de la agri-
cultura de regadfo en el distrito
arenal

Fecha
Devolución

Nombre del solicitante

09 MAYO 1995

R. B. Diaz

