

TRABAJO ESPECIAL

**ANALISIS DE VALORES EXTREMOS  
EN ESTUDIOS DE EUTROFIZACION DE  
EMBALSES**



PRESENTADA ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
POR LOS BACHILLERES:  
**HERNANDEZ C. ANA  
SANTORO CONCETTO**  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

Caracas, Octubre 1988

TES  
HS  
88

TRABAJO ESPECIAL

# ANALISIS DE VALORES EXTREMOS EN ESTUDIOS DE EUTROFIZACION DE EMBALSES



PRESENTADA ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
POR LOS BACHILLERES:  
**HERNANDEZ C. ANA  
SANTORO CONCETTO**  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

Prof. Tutor: ABRAHAM SALCEDO

Caracas, Octubre 1988

A C T A

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

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

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

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

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

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

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

FIRMAS DEL JURADO

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

## AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero ABRAHAM SALCEDO, por su ayuda y guía en la realización de este Trabajo Especial de Grado.

Al Ingeniero ANTONIO ATTIAS, por su colaboración y asesoramiento .

AL Dr. LIBERIO MARTIN PEREZ, por su apoyo y cuya tesis ha servido de ejemplo para el desarrollo de algunos tópicos de ésta tesis.

Al INOS, Instituto Nacional de Obras Sanitarias, organismo que ha proporcionado los datos relacionados con el conteo del fitoplancton.

A todo el personal del INOS, que han contribuido de una forma u otra para lograr una feliz culminación de este trabajo e igualmente al personal del Departamento de División de Cuencas del Ministerio del Am biente.

A todos gracias

## INDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	3
I. OBJETIVOS.....	5
1.1 Aplicar una nueva metodología de clasificación de embalse basado en los Indices Teóricos.....	5
a. Distribución Probabilística Empírica o Gráfica.....	6
b. Distribución Probabilística Teórica.....	6
1.2 Fijar Parámetros para el tratamiento de embalses en lo que respecta a:	
1.2.1. Tipo de Tratamientos.....	7
1.2.2. Número de Tratamientos en un lapso dado.....	10
1.2.3. Tiempo entre Tratamientos.....	11
1.3 Dar Recomendaciones sobre la determinación de Indices Tróficos..	11
2. GENERALIDADES SOBRE LA EUTROFIZACION.....	13
2.1 Efectos de la Eutrofización en la calidad del agua.....	14
2.2. Efectos de la Eutrofización en los embalses para consumo humano..	15
3. Factores indicativos de cambios en la calidad del agua por efectos de la eutrofización.....	17
3.1 Factores Físicos.....	17
3.2 Factores Químicos.....	18
3.3 Factores Biológicos.....	24
4. Clasificación Trófica.....	25
4.1 Modelo de la O.C.D.E.....	26
4.2 Indice de Carlson (IET) Indice de Estado Trófico.....	28
3. RELACION FITOPLANCTON DE LOS EMBALSES-CUENCA.....	33
-Presa-Ing. Ernesto León (Camatagua Edo. Aragua).....	34
-Santa Rosa- Edo. Guarico.....	37
-Tierra Blanca-Edo. Guarico.....	41
-Ingº Francisco C. Amelinck (Cumaripa-Edo. Yaracuy).....	43

- Ing° German Rovati Carballo (Guaremal-Edo.Yaracuy).....	48
- Presa Socuy o Manuelote- Edo. Zulia.....	54
- Embalse Pao-Cachinche-Edo. Carabobo.....	57
- El Isiro - Estado Falcón.....	61
- Mapara- Estado Falcón.....	64
- Jabillal - Estado Guárico.....	66
- La Mariposa- Distrito Federal.....	68
4.- METODOLOGIA EMPLEADA.....	72
4.1. Definiciones Estadísticas.....	72
4.2 Distribución Probabilística Teórica.....	76
4.3. Distribución Probabilística Empírica.....	78
4.4 Técnicas para determinar la forma de una distribución.....	81
4.4.1. Cualitativa.....	81
4.4.2. Cuantitativas.....	82
5.- DESCRIPCION DE TABLAS Y GRAFICOS.....	86
Modelo de Cálculo.....	101
Histograma.....	103
Prueba de Kolmogorov Smirnov.....	106
Prueba $\chi^2$ de Bondad de Ajuste.....	107
Tablas.....	
6.-DISCUSION.....	162
6.1. Análisis de Costo.....	166
7.-CONCLUSIONES.....	168
BIBLIOGRAFIA.....	174

## R E S U M E N

La eutrofización es uno de los problemas mas serios que se presentan en los embalses debido a la entrada de algunos nutrientes tales como fósforo y nitrógeno principalmente, a los cuerpos de agua. Dichos nutrientes que provienen de diversos orígenes, fertilizan el agua, con el posterior resultado de que el agua embalsada disminuye de calidad y debe ser sometida a tratamiento para que pueda ser utilizada como fuente de abastecimiento para el consumo humano.

Para la determinación de los Niveles Tróficos, el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) realiza un conteo de fitoplancton en los embalses para luego caracterizarles como Oligotrófico, Mesotrófico o Eutrófico.

Los costos que resultan del tratamiento de embalses eutrófico y mesotróficos son muy elevados y el INOS incurre en grandes gastos debido a que las sustancias químicas utilizadas como algicidas (Sulfato de cobre e Hipoclorito de Calcio) son importadas y además el tener que potabilizar aguas provenientes de embalses con altos índices tróficos.

En este trabajo se introduce una nueva metodología estadística que consiste en determinar la probabilidad asociada a valores máximos de conteo de fitoplancton; mediante el Análisis de Valores Extremos, para después clasificar el embalse y enmarcarlo en un nivel trófico definido.

Este método se ha aplicado en diferentes embalses co  
mo: Camatagua, El Pao-Cachinche, El Isiro, Mapará, Jabillal, Santa Rosa, Tier  
ra Blanca, Cumaripa, Guaremal, Manuelote, La Mariposa. Los resultados pro  
porcionan una diferenciación bien definida entre los niveles tróficos de los  
distintos embalses así como la probabilidad que tiene cada uno de sobrepasar  
ciertos límites.

## 1. INTRODUCCION

La Eutrofización es el proceso mediante el cual ocurre una secuencia compleja de cambios en los ecosistemas acuáticos, causados por incrementos en la tasa de suministro de nutrientes (fósforo, nitrógeno y otros minerales) al agua. La respuesta del ecosistema al proceso de eutrofización por la entrada excesiva de nutrientes es:

- 1) Un aumento de la fotosíntesis
- 2) Gran proliferación de fitoplancton, principalmente las algas cianofíceas (verde-azules), las cuales forman mantos o láminas continuas que cubren grandes áreas impidiendo la penetración de la luz necesaria y por tanto se produce la disminución del oxígeno disuelto en las aguas profundas del hipolimnio del reservorio.

Si el proceso de eutrofización es lento y su duración es de miles de años se conoce como eutrofización natural, en cambio cuando es causado por el hombre es mucho más rápida; este tipo de eutrofización acelerada de los cuerpos de agua se ha presentado comúnmente en épocas recientes, y se denomina eutrofización cultural.

Debido al desarrollo incontrolado de las actividades agrícolas, las aguas residuales no tratadas, provenientes de un crecimiento poblacional acelerado, se generan grandes cantidades de nutrientes que van directamente a los cuerpos de agua (ríos, lagos y embalses) fertilizando sus aguas y aumentando excesivamente la materia orgánica



## 1. Objetivos

### 1.1 Aplicar una nueva metodología de clasificación de embalses basado en los índices tróficos.

Esta investigación tiene como fundamento la aplicación de una nueva metodología estadística, para ello el INOS posee un laboratorio central que se encarga de efectuar el análisis de las muestras de fitoplancton que llegan al Instituto, provenientes de los embalses.

Este análisis consiste en hacer un conteo de fitoplancton en cada embalse, ya que este valor es un indicador importante de los estados tróficos, puesto que si estos embalses presentan grandes concentraciones de algas, es evidente que precisan de control de algún tipo para su eliminación.

Este método tiene por finalidad determinar la probabilidad de ocurrencia asociada a eventos extremos significativos, (valores máximos de conteo de fitoplancton que sobrepasen ciertos límites), esto se hace a través del "Análisis de Valores Extremos".

Valor Extremo es una variable que ha tomado un valor máximo o mínimo con respecto a los otros para un determinado período de tiempo.

El estudio de estos valores extremos es de importancia en algunas series, debido al hecho que relacionan cada valor extremo con una probabilidad de ocurrencia.

La distribución de estos valores extremos se estiman a partir de una serie suficientemente larga de datos para que sirva de base confiable al cálculo de probabilidades y se emplean dos métodos para el ajuste de los datos a la distribución de valores extremos:

a. Distribución Probabilística Empírica o Gráfica

Consiste en situar los datos en un gráfico de probabilidad de valores extremos y trazar una recta de ajuste, de la cual se obtiene para un valor determinado de conteo de fitoplancton, la probabilidad de ser igualado o excedido.

b. Distribución Probabilística Teórica.

Consiste en calcular la probabilidad de ocurrencia de que un valor  $X$  sea mayor o igual que cualquier valor  $X_0$  dado, después de haber determinado previamente la media aritmética y la desviación típica de la serie de máximos.

Ambos métodos arrojan resultados muy parecidos dependiendo del trazado de la recta de mejor ajuste.

Según las Normas de la APHA American Public Health Association, un valor de 6000 USA (Unidad Standard de Area) para el conteo de fitoplancton, es considerado un estado trófico alto y un valor de 20.000 USA representa un estado trófico alarmante. Estos dos valores pueden ser usados como base o punto de partida para determinar la probabilidad de ocurrencia que tiene un suceso extremo (de conteo de fitoplancton) de excederles o igualarlos.

En función de los resultados que se obtengan se puede sugerir el uso de una clasificación de embalses basada en este método, en la cual se pueden relacionar el tipo de embalse con la probabilidad de que le sean practicados varios tratamientos durante el año.

Anexo: Características de los tipos de Embalses

1.2 Fijar parámetros para el tratamiento de embalses en lo que respecta a:

1.2.1 Tipo de Tratamiento

Una vez que se han introducido los nutrientes en un cuerpo de agua, éste es fertilizado y en consecuencia se generan grandes concentraciones de vegetación acuática o de fitoplancton. Los controles más efectivos para la eliminación del fitoplancton y las malezas acuáticas son:

- Control Químico
- Control Biológico
- Control Mecánico

**Control Químico:**

Tanto el sulfato de cobre como el hipoclorito de calcio son las únicas sustancias que no proporcionan ningún peligro para la biota acuática, ni para el consumo humano y son utilizadas como controles químicos de algas (algicidas), ya que dichos agentes químicos actúan por contacto y luego quedan inactivos en el fondo del embalse, en cambio, el uso de herbicidas podría influir negativamente sobre

otros organismos presentes en el agua, como peces, o para el hombre si éste se abastece del embalse.

#### **Control Biológico:**

Consiste en introducir organismos como peces, caracoles, manatíes, microorganismos y otras plantas al agua. Su ventaja radica en el hecho de que no se emplean productos químicos; aunque algunos organismos pueden producir efectos nocivos en el equilibrio ecológico del embalse.

En líneas generales, el control ideal es el biológico una vez que se ha logrado la aclimatación, de la especie controladora, ya que puede ser menos dañino para la biota acuática.

#### **Control Mecánico**

Es usado muy comúnmente en el control de malezas acuáticas ya que no requiere del uso de productos químicos orgánicos (herbicidas acuáticos). Existen diversas formas de llevar a cabo el control mecánico, entre ellos están:

- a) Secamiento
- b) Desbordamiento
- c) Corte
- d) Limpieza Manual
- e) Uso de ganchos, cadenas y/o Rastras.
- f) Dragado
- g) Quema

- a) Secamiento: Se extrae agua del embalse de manera que las hojas, raíces y tallos de las malezas quedan expuestas directamente al sol y éstas a los pocos días mueren, se utiliza este método cuando el agua es abundante y existe la capacidad suficiente para reponer el agua extraída, generalmente en las estaciones lluviosas.
- b) Desbordamiento : Se aprovecha la estación lluviosa para aplicar este método; cuando el embalse está aliviado con una lámina de agua por encima del aliviadero, la maleza es llevada hasta allí mediante lanchas con ganchos y cadenas, de manera que salga del embalse flotando en el agua aliviada. Es un método muy económico.
- c) Corte: Se lleva a cabo con equipos adecuados, tales como cuchillas cortadoras y tractores "con rastras", en las orillas de los embalses, cuando no son muy inclinados, puesto que la introducción de las máquinas se dificulta. Los efectos son de corta duración debido a que las malezas retornan posteriormente con más fuerza.
- d) Limpieza Manual: Es un método de control muy práctico. Requiere de numerosa mano de obra para extraer una invasión primaria de maleza y así evitar que se propaguen y abarcar todo el embalse, lo cual de no detenerse a tiempo resultaría muy costosa.
- e) Uso de cadenas y rastras : Consiste en arrastrar cadenas pesadas y rastras con ganchos mediante tractores al fondo del agua, sobre la maleza sumergida o flotante, éstas cadenas desprenden las raíces de las malezas. Después son removidos del embalse los desechos de las plantas para evitar que se reproduzcan y obstruyan el flujo del agua. Es

ta técnica se utiliza en embalses que son uniformemente anchos para que los tractores puedan desplazarse libremente. Este método es medianamente costoso.

f) Dragado: Es un método para limpiar los embalses que son accesibles por lo menos en uno de sus bordes. El equipo puede constar de un "cucharón" o un "tenedor" para desyerbar el dragado, es una operación que tiene por finalidad la remoción de las malezas y del fango que aumenta la turbiedad del agua. Este método es muy costoso por el equipo a emplear.

g) Quema : Se utiliza para controlar la maleza que se encuentra en los embalses, se agrega sobre la maleza aceite que actúa como combustible y se produce una quema inicial, después de una semana la vegetación puede estar lo suficientemente seca y no precisa de más combustible, evitando así la contaminación del embalse. Este método es económico y permite controlar la maleza.

### 1.2.2. Número de Tratamientos en un lapso dado

El número de tratamientos a efectuar a los embalses en un lapso dado depende de la categoría de clasificación que le es asignado según la probabilidad obtenida. Por ejemplo.

Embalse Tipo A : tiene alta probabilidad de ningún tratamiento al año

Embalse Tipo B : Baja probabilidad de varios tratamientos al año

Embalse Tipo C : Mediana probabilidad de varios tratamientos al año

Embalse Tipo D : Alta probabilidad de varios tratamientos al año

### 1.2.3. Tiempo entre Tratamientos

El lapso de tiempo entre dos tratamientos sucesivos depende de la categoría de embalse en la que quede enmarcado, sin embargo, no es factible señalar un período de tiempo definido ya que cada reservorio responde a características muy particulares. No obstante, para embalses altamente eutrofizados se requiere una aplicación de tratamientos más frecuentes en comparación con otros embalses cuyos índices de eutrofización son más bajos y los tratamientos son más espaciados en el tiempo.

### 1.3. Dar recomendaciones sobre la determinación de índices tróficos.

El conteo de fitoplancton debe realizarse en forma periódica en los embalses, de manera de llevar un registro regular de las muestras para que el método propuesto arroje resultados confiables y seguros de los estados tróficos.

Se recomienda hacer un estudio de la escala de clasificación de embalses sugerida, con la finalidad de mejorarla y de esta forma garantizar que las decisiones que se tomen respecto a la categoría a la que pertenece un embalse sea la más apropiada y que refleje su verdadero estado trófico.

Otras formas de determinación de índices tróficos se han desarrollado, tales como algunos modelos e índices, entre los que se encuentran el Índice de Carlson y se ha demostrado que es un

buen estimador del índice trófico de un embalse por efectuar diagnós-  
ticos rápidos del estado trófico de un cuerpo de agua, por tanto, és  
ta podría ser otra tentativa.

## 2.- GENERALIDADES SOBRE LA EUTROFIZACION

La eutrofización puede ser definida como el proceso de fertilización de un cuerpo de agua, principalmente por el producto de un excesivo crecimiento de algas y de otras plantas acuáticas superiores. La evolución natural del proceso de eutrofización es debido a la acumulación de desechos orgánicos y de sedimentos inorgánicos en los lagos y embalses que tienden a su extinción geológica culminando en la formación de pantanos.

Sin embargo, es posible que en un lago altamente eutrofizado ocurra un proceso natural que la permita perder su fertilidad rápidamente al ser removidos los nutrientes del agua.

El desarrollo de las actividades humanas, alto crecimiento poblacional, intensa agricultura e industria, disminución de volumen del cuerpo de agua, son todos factores que inciden en el incremento del proceso de eutrofización en los reservorios.

Anexo: Diagrama del Proceso Completo en la eutrofización en un lago.

La aparición de altas concentraciones de algas planc-tónicas indican un desarrollo de condiciones eutróficas. Las que se encuentran más comunmente en aguas eutrofizadas son: algas verde-azules, algas verdes, diatomeas y macrofitas, aunque ningún tipo de alga puede servir como parámetro para determinar un estado trófico definido, cuando un lago presenta grandes proliferaciones de macrofita, ésta se encuentra en su más alto estado de eutrofización, por esto se requiere de

una metodología para cuantificar la eutrofización y sus posibles efectos.

## 2.1. Efectos de la Eutrofización en la calidad del agua

Dependiendo del tipo de uso que se le va a dar a un cuerpo de agua ya sea para consumo humano, recreativo, riego, etc. se amerita de un determinado grado de calidad del agua, que puede variar por los efectos de la eutrofización.

Todos los cuerpos de agua tienen cierta capacidad para asimilar los nutrientes, lo importante es aplicar las medidas necesarias para prevenir que dicha capacidad no sea excedida y de esta forma evitar problemas de calidad del agua.

Algunos autores consideran que el detrimento de la calidad del agua se debe a un desbalance en el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración de un cuerpo de agua.

Cuando la fotosíntesis es mayor que la respiración ocurre una acumulación progresiva de algas lo que tiende a una sobre saturación de carga orgánica en el agua.

La condición contraria en que la fotosíntesis es menor que la respiración; el oxígeno disuelto puede ser consumido lo que conduce a una disminución de los organismos.

Cuando la fotosíntesis es aproximadamente igual a la respiración entonces la tasa de materia orgánica producida es igual a la

descompuesta por la actividad respiratoria de los heterótrofos y el oxígeno generado por la fotosíntesis es usado para la respiración.

Por lo tanto, las relaciones entre estos dos procesos de fotosíntesis y respiración deben mantenerse equilibrados de manera que el agua se mantenga no contaminada y en buen estado del punto de vista estético.

Es importante mencionar que si en un embalse existe estratificación térmica, ésta puede romperse, quedando entonces en contacto directo con el fondo una columna de agua poco profunda; el resto del fondo queda completamente descubierto, expuesto directamente a la radiación solar, por lo que se producen incrementos de temperaturas por encima de lo normal, afectando esto a todos los procesos bioquímicos que se dan en el fondo del embalse; esta situación contribuye a acelerar el proceso de eutrofización.

## 2.2. Efectos de la Eutrofización en los embalses para consumo humano

Una carga excesiva de nutrientes en un reservorio de agua producen efectos negativos en la calidad del agua por el crecimiento de algas y por problemas causados directamente por altas concentraciones de nitrógeno y fosforo en el agua potable.

Por ejemplo: el amonio induce a un incremento en la demanda de cloro en agua tratada con sales de hierro y aluminio.

Los nitratos son la causa de los problemas con la meta

globinemia.

Los efectos del nitrógeno y fósforo en la calidad del agua son mínimos en comparación con el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas que utilizan estas sustancias como nutrientes.

Los problemas de calidad del agua son ocasionados por altas concentraciones de fitoplancton, las cuales causan un incremento en la turbidez y debe ser removido en aguas tratadas. El tratamiento consiste en la adición de coagulantes más filtración; es necesario el lavado de los filtros para evitar que el fitoplancton cause obstrucción. Otro efecto de la eutrofización en los abastecimientos de aguas es el problema del olor y sabor. El olor se debe al producto de la excreción de componentes orgánicos de las algas, por el crecimiento de varias clases de hongos en sus restos. Los olores y sabores causados por las algas son difíciles de eliminar durante el tratamiento del agua. Un posible método para eliminar los aceites producidos por las algas pueden ser la aireación del agua, luego los aceites pueden ser liberados a la atmósfera o por tratamiento con carbón activado.

Las algas verde-azules son excretoras de sustancias muy tóxicas y pueden causar la muerte de peces.

El crecimiento de las algas puede causar un incremento en el color del agua, por la liberación de compuestos orgánicos. La remoción del color se hace con la adición de agentes oxidantes y coagulantes, con o sin carbón activado, para la absorción de materia orgánica. Además, la presencia de algas puede incrementar la demanda de cloro

del agua.

Un nuevo efecto de la eutrofización es debido al agotamiento del oxígeno en el hipolimnio, ya que grandes masas de algas muertas se van sedimentando en el fondo del reservorio siendo descompuestas por la flora bacteriana.

Un signo evidente de eutrofización, se observa en el fondo de cuerpos de agua cuando están desprovistas de oxígeno disuelto.

La disminución del oxígeno puede crear problemas en las concentraciones de hierro, manganeso y azufre.

### 3. Factores indicativos de cambios en la calidad del agua por efectos de la eutrofización

#### 3.1. Factores Físicos

##### -Transparencia:

La intensidad de la luz a medida que se va penetrando en la columna de agua, va sufriendo una disminución progresiva. Si se incrementan las partículas en suspensión y las sustancias disueltas en un cuerpo de agua, entonces disminuye su transparencia. La transparencia del agua se expresa como la profundidad de visión del disco de Secchi, TDS, que significa transparencia del Disco de Secchi.

Para algunos autores, la TDS ha sido utilizada para medir el grado de eutrofización de los cuerpos de agua, partiendo del criterio de que los lagos presentan una alta transparencia cuando son oli

gotróficos, mientras que los eutróficos presentan una transparencia muy baja. Mientras que otro grupo de autores considere que la disminución en la transparencia del agua, no es sencillo de explicar y no se conoce si las causas de tales cambios sea debida a la presencia de abundantes poblaciones de fitoplancton y otros sólidos en suspensión.

- Morfología del Reservoirio:

La apariencia física de un cuerpo de agua puede ser descrita por sus características visibles como son: color, presencia de turbiedad, sólidos suspendidos, material flotante y partículas similares, etc.

El color en el agua resulta de la presencia de sustancia, plancton, desechos industriales y partículas en suspensión.

La turbiedad, así como la presencia de olores desagradables y partículas visibles en el agua, son parámetros que indican que la calidad del agua no es la más apropiada para consumo humano.

3.2. Factores Químicos

- Oxígeno.

El oxígeno es un factor importante ya que de él dependen los organismos que puedan estar presentes en un cuerpo de agua.

Este se obtiene principalmente mediante la fotosíntesis la cual se realiza durante las horas del día, lo que produce el crecimiento de las algas; durante la noche cuando el oxígeno ha llega

do a las zonas más profundas del embalse, éste va a ser consumido por la respiración del plancton y la descomposición de la materia orgánica, originándose la diaria fluctuación del oxígeno disuelto en el agua.

Una vez que tiene lugar el crecimiento excesivo de fitoplancton, cuando éstas mueran comienzan a depositarse en el fondo incrementándose la descomposición bacteriana produciendo una disminución de oxígeno en el hipolimnio lo que constituye un indicio de que dicho embalse manifiesta un estado eutrófico.

#### Concentración de Nutrientes

##### Fósforo P

El fósforo se presenta en aguas naturales y residuales casi totalmente como fosfato. Normalmente las aguas presentan cierta cantidad de fosfato, lo que necesariamente no indica que sean aguas contaminadas siempre que no se sobrepasen ciertos límites.

El fósforo es esencial para el crecimiento de los organismos y puede ser el nutriente limitante de la productividad primaria de un cuerpo de agua.

El fósforo en forma de fosfato puede tener diversos orígenes como: descarga de materia prima, desechos de aguas tratadas drenaje agrícola, ciertos desperdicios industriales y en grado limitado las aguas subterráneas y las atmosféricas. Todos estos factores al entrar en contacto con el agua estimulan el crecimiento de las plantas acuáticas, de allí la importancia del fósforo como elemento que

condiciona el crecimiento y producción del fitoplanctón.

Las fuentes potenciales de fósforo en una determinada cuenca puede ser: Naturales, tal como la dilución de rocas sedimentarias y la descomposición de materia vegetal; culturales (causadas por el hombre) como las descargas de aguas de desechos domésticas a un cuerpo de agua y una combinación de esas dos categorías.

Las principales fuentes de procedencia potencial de fósforo en los sistemas acuáticos son:

- Fósforo proveniente del arrastre de agua: La alta capacidad de algunas cuencas colectoras para transportar el material disuelto, - suspendido en ríos y lagos, permiten que éstas pueden contener altas concentraciones de fósforo. Para las cuencas colectoras no intervenidas (zonas con vegetación), el principal aporte de fósforo presente en los cuerpos de aguas, proviene del desgaste de las rocas y de los minerales de los suelos, desarrollo agrícola de la tierra dentro de una determinada cuenca colectora.

- Fósforo proveniente de los drenajes rurales y agrícolas: En áreas agrícolas y rurales la carga de nutrientes a los sistemas acuático es debida a varios factores tales como: el desarrollo agrícola incontrolado, alto grado de erosión por disminución de la capa vegetal, aplicaciones de fertilizantes, el pastoreo incontrolado de ganado.

- Fósforo proveniente del Drenaje Urbano: Las altas concentraciones de fósforo en el drenaje urbano son causadas por la actividad humana principalmente y por las aguas de lluvia en menor grado, aunque ambas tienen un efecto significativo sobre la calidad del agua en lo que respecta a eutrofización de cuerpos de agua.

- Fuentes Puntuales: Las descargas de aguas negras municipales e industriales constituyen una fuente principal de nutrientes en muchos sistemas de cuencas colectoras, ya que puede servir como parámetro en la determinación de los estados tróficos en un embalse.

- Descarga de aguas residuales domésticas: Las fuentes principales generadoras de fosfatos hacia las aguas domésticas son: La introducción de detergentes con alto porcentaje de fósforo y a través del tratamiento de agua al agregar polifosfatos en las plantas potabilizadoras.

- Descarga de aguas residuales industriales: Los nutrientes contenidos en desechos industriales pueden variar de una industria a otra y pueden o no presentar problemas de calidad de agua. En ciertos casos el fósforo puede ser agregado a los desechos industriales para incrementar su tratabilidad después de la descarga.

- Fuentes Subterráneas: Los medios más comunes por los cuales el fósforo puede entrar a un sistema natural de agua subterránea son: el desgaste de las rocas, la contaminación del agua subterránea y el fósforo proveniente de efluentes de tanques sépticos que es transportado sobre distancias cortas a través del acuífero de aguas subterráneas.

neas.

- Fuentes Atmosféricas: En lluvias las concentraciones de fósforo son muy bajas. Cuando el área de la cuenca es grande con respecto al área de la superficie del lago, entonces la concentración de fósforo y otras sustancias químicas provenientes de las precipitaciones, sobre la superficie del cuerpo de agua, puede ser considerada como despreciable.

- Afluentes: Son corrientes de agua que pasan a través de canales, pueden incluir tributarios naturales, desviaciones hechas por el hombre y conjuntos de desagüe. Las entradas de desagües dentro del sistema acuático pueden tener un efecto significativo en la relación eutrofización-calidad del agua.

- Fuentes Diversas: Las excretas de varias especies de aves acuáticas constituyen una fuente de nutrientes en el reservorio, al igual que los alimentos que son lanzados a estos animales dentro del cuerpo de agua.

El efecto de una fuente de nutrientes depende de tres factores:

- Las características físicas de la corriente receptora. (capacidad asimilativa)
- Características químicas del nutriente (concentración)
- Volúmen de la fuente

- Nitrógeno:

Las formas de nitrógeno más usuales son: Nitratos, Nitritos, Amonio y compuestos Orgánicos, aunque es el nitrato el

nutriente esencial para muchos autótrofos fotosintéticos (algas microscópicas y macroscópicas).

La procedencia de estos nutrientes es muy variada como:

- a.- Fuentes Naturales: Meteorización de las rocas, erosión eólica e hídrica, etc.
- b.- Fuentes Culturales: Uso de fertilizantes y abonos, cambios en el uso de la tierra, etc.

Todos estos factores son la causa de que el nitrógeno sea transportado con las corrientes de agua superficiales y con el agua que in filtra en el subsuelo, hasta los lagos y embalses.

#### - Concentración de Clorofila "a"

La clorofila "a" es un pigmento que constituye aproximadamente del 1 al 2% del peso seco del material orgánico en todas las algas planctónicas y es el indicador preferido para estimar la biomasa algal.

Otro indicador útil de la calidad del agua es la relación de biomasa clorofila "a" (índice autotrófico). En aguas no contaminadas la población de plancton está compuesta en gran parte de autótrofos (productores de alimentos), es decir, algas clorofílicas. Al transformarse las algas en orgánicamente enriquecidas, la proporción de heterótrofos (consumidores), que son organismos no clorofílicos, incrementa.

### 3.3. Factores Biológicos

#### -Abundancia del Fitoplancton

Las plantas acuáticas flotantes pueden formar láminas continuas que cubren la superficie del agua, las cuales pueden cubrir áreas muy grandes en los lagos y reservorios. La abundancia de fitoplancton causa una serie de dificultades tales como:

- a.- Mala apariencia en el agua que va a ser usada para consumo humano.
- b.- Las algas se hacen resistentes a los tratamientos incrementando el costo.
- c.- La mortandad de peces producto de la competencia de oxígeno, ya que éste como resultado de la fotosíntesis, requiere una adecuada penetración de luz. También la toxicidad de ciertas algas afecta a los peces.

#### - Presencia de Vegetación Acuática

Existen gran variedad de algas entre las cuales se encuentran las diatomeas, las clorofitas y las cianofitas.

Diatomeas: Son buenos indicadores de la calidad del agua

Clorofitas: Cuando los nutrientes se acumulan las algas verdes son abundantes.

Cianofitas: Indican que el cuerpo de agua está siendo enriquecido con materia orgánica por alguna forma de contaminación. Tienen la capacidad de fijar nitrógeno gaseoso del aire, son muy resistentes por poseer una gran biomasa. Los de

sechos de estas algas después de su degradación son muy tóxicos y proporcionan al agua malos olores y sabores.

-- Determinantes especies de peces --

Si el número de peces es elevado pero presenta poca diversidad de especies se trata de un lago eutrofizado. Contrariamente los lagos oligotróficos se caracterizan por poseer pocas cantidades de peces pero con especies de gran variedad.

4.- Clasificación Trófica

Para caracterizar los lagos y otras fuentes superficiales de agua desde el punto de vista trófico se han introducido 3 categorías o niveles: Oligotrófico, Mesotrófico y Eutrófico. Aunque el significado exacto de estos términos es muy subjetivo se puede aceptar que los cuerpos de agua oligotróficos son poco productivos, reciben pequeñas cantidades de nutrientes, contienen pocos organismos y bajas concentraciones de algas pero en una gran diversidad de especies.

En contraste, los reservorios eutróficos son altamente productivos, tienen altos flujos de entrada de nutrientes y son propensos a contener grandes cantidades de plantas acuáticas y animales de pocas especies.

Sin embargo, existe una categoría intermedia que presentan algunos cuerpos de agua, los cuales tienen características que caen entre los oligotróficos y los eutróficos, la cual recibe el nombre de

Mesotrónica.

Algunos limnólogos utilizan estos términos para describir las cantidades de biomasa vegetal y de producción animal en un cuerpo de agua. Otros lo hacen para relacionar el flujo de nutrientes con la calidad del agua, pero en definitiva es la entrada de nutrientes en un sistema acuático la que genera grandes crecimientos y producción de plantas y animales deteriorando la calidad del agua; siendo estos altos flujos de nutrientes, los responsables de la eutrofización.

**Anexo:** Características generales usadas frecuentemente para clasificar lagos.

Para la determinación de los estados tróficos en un cuerpo de agua se han desarrollado algunos modelos e índices, entre los más usados se encuentran:

- El modelo de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE).
- El índice de Carlson.

Se basan en las relaciones entre las entradas de fósforo y concentración de clorofila a presentes en el fitoplancton de las aguas superficiales.

#### 4.1. Modelo de la O.C.D.E. (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

Se desarrolla mediante una correlación entre la carga

de fósforo y tres parámetros. Los tres parámetros son:

- Concentración media de clorofila "a" (representa la producción de las algas).
- Transparencia del Agua ( disco de Secchi)
- Tasa de Disminución del Oxígeno hipolimnetico.

La concentración media de clorofila, "a" y la tasa de disminución del oxígeno hipolimnético aumentan al incrementarse la carga de fósforo. Por el contrario, la transparencia del agua obtenida por la penetración del disco de Secchi, disminuye cuando se registra un aumento de la carga de fósforo. Posteriormente se han añadido dos parámetros que son:

- Los peces
- La productividad primaria

Ambos aumentan directamente con un incremento en la carga de fósforo P.

#### Ventajas en el uso del Modelo de la O.C.D.E.

- Ha sido establecido el modelo después de haber sido aplicado en numerosos cuerpos de agua en los Estados Unidos.
- Las relaciones del modelo pueden ser usados para predecir los efectos de la eutrofización causada por cambios en la carga de fósforo.
- El modelo se presta para la toma de decisiones en cuanto al mantenimiento de la calidad adecuada de agua, en relación con los usos de un cuerpo de agua.

Restricciones en el uso del Modelo de la OCDE.

- No es muy confiable cuando se carece de cantidad suficiente de datos limnológicos para los embalses.
- No sería aplicable en lagos y embalses que presentan plantas acuáticas vasculares y algas adheridas, las cuales están compitiendo por el fósforo con el fitoplancton, no estando entonces toda la carga de fósforo en función del fitoplancton.

4.2. Indice de Carlson (IET) Indice de Estado Trófico

Este índice tiene una escala de 0 a 100, con intervalos de 10 unidades. El IET viene en función de 3 parámetros indicadores:

- a) TDS valor de la transparencia medida con el disco de Secchi.
- b)  $P_t$  valor de la concentración de fósforo total
- c)  $Cl_{o_a}$  valor de la concentración de clorofila "a"

Carlson explica que un IET no es lo mismo que un índice de la calidad del agua, por lo tanto es conveniente mantener separado el concepto de estado trófico con el término "calidad" ya que éste término implica subjetividad; un reservorio puede presentar buena o mala calidad del agua dependiendo del uso que le sea asignado, ya sea para consumo humano o recreacional y a éste respecto el Índice de Carlson es un indicador que estima en que punto de la escala del IET se encuentra el embalse.

Para embalses cuyo uso es de fuente abastecedora para consumo humano, se tiene:

- a) Si el IET oscila entre 0 y 40 presenta el embalse un estado oligo-

trófico y se puede afirmar que recibe bajas cantidades de nutrientes, sus aguas son poco productivas con buena oxigenación en la columna de agua.

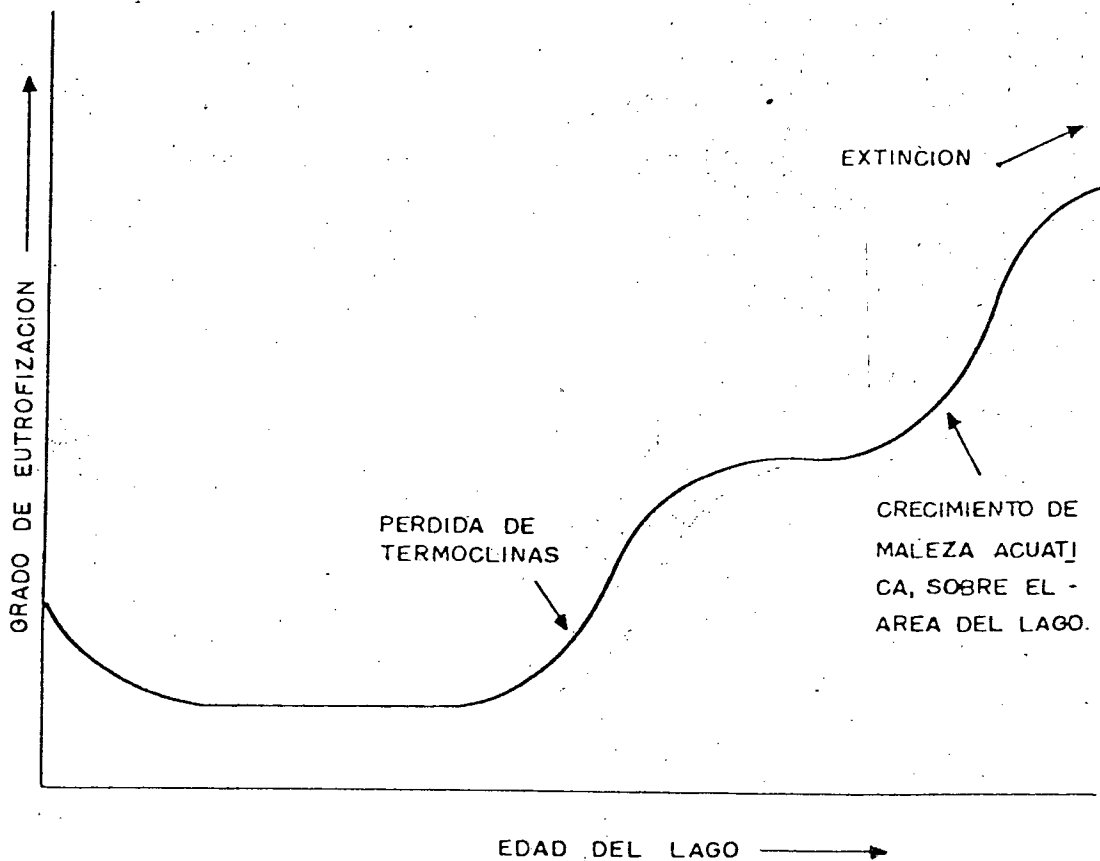
b) Si el rango es de 40 a 60; el embalse se ubica entre los mesotróficos en la escala del Índice de Carlson, lo cual indica que el reservorio presenta una calidad de agua intermedia, es decir, necesita de ciertos mantenimientos para reducir sus niveles tróficos.

c) Para intervalos de IET entre 60 y 100 el embalse presenta un estado trófico alto, lo cual lo ubica entre los eutróficos. Esto implica una mala calidad del agua embalsada por lo que requiere efectuarle un mayor mantenimiento para disminuir su índice trófico, mediante controles mecánicos, químicos y biológicos. Posteriormente, el agua proveniente del embalse eutrofizado tendrá que ser sometida a procesos complejos en la planta de tratamiento para su total potabilización lo que conduce a un mayor consumo de sustancias químicas, utilización de mayor cantidad de energía eléctrica, mayor tiempo de duración en la carrera de filtración y además mayor pago por el trabajo adicional de los operadores de las plantas de tratamiento.

Anexo: Escala de Niveles Tróficos usados por el INOS. ?



### DIAGRAMA DEL PROCESO COMPLETO DE LA EUTROFIZACION EN UN LAGO.



*Fuente?*

Fuente ?

Características de los tipos de Embalses

Embalse	Probabilidad de un conteo mayor o igual a:	
	6000 USA	20.000 USA
Tipo A	0%- 25%	0%
Tipo B	25%- 50%	1% - 10%
Tipo C	50%- 75%	10% - 40%
Tipo D	75%- 100%	40% - 100%

Fuente →

Características Generales usadas frecuentemente para clasificar lagos

Parámetros	Oligotrófico	Eutrófico
Producción de plantas Acuáticas.	Bajo	Alto
Producción de Organismos Animales	Bajo	Alto
Flujo de Nutrientes para plantas Acuáticas	Bajo	Alto
Oxígeno disuelto en el Hipolimnio.	Presente	Ausente
Profundidad	Tiende a ser profundo.	Tiende a ser somero.
Uso del agua para consumo humano e industrial	Bueno	Pobre
Conductividad por Sales Disueltas.	Comunmente Baja	Algunas veces alta.
Número de Plantas y Especies Animales.	Mucho	Poco

Escala de Nivel Trófico usados por el INOS

Nivel Trófico	Organismos / ml
1	150 a 300
2	301 a 600
3	601 a 1200
4	1.201 a 2.400
5	2.401 a 4.800
6	4.801 a 9.600
7	9.601 a 19.200
8	19.201 a 38.400
9	38.401 a más

### 3.- RELACION FITOPLANCTON DE LOS EMBALSES-CUENCA

Las cuencas que presentan sus zonas de reserva hidráulicas intervenida ya sea por desarrollos urbanos ubicados en áreas circunvecinas, por los desagües agrícolas, desgaste de los suelos por método de cultivo de contorno, aplicación de fertilizantes y estiércol de animales, desarrollo incontrolado de actividades agrícolas, crecimiento poblacional acelerado, aguas residuales no tratadas, generan grandes cantidades de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno, que van directamente a los embalses, fertilizando excesivamente los cuerpos de aguas y en consecuencia, proliferan grandes concentraciones de vegetación acuática o de fitoplancton que es un indicador de la aparición de condiciones eutróficas formando mantos de algas de diferentes géneros los cuales rápidamente cubren grandes extensiones en un cuerpo de agua.

PRESA ING° ERNESTO LEON  
Camatagua Estado Aragua

Situación : Sobre el río Guárico, a 5 km de Camatagua en el Estado Aragua.

Propósito: Riego de 12.000 Ha. y asbatemento de agua a la ciudad de Caracas con gasto de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Cronología: La represa se empezó a construir en 1963 y se terminó en 1968.

Embalse : Capacidad a nivel normal  $1.250.000.000 \text{ m}^3$  (cota 304m)  
Capacidad activa  $850.000.000 \text{ m}^3$  (cota 301,66 m)  
Area a nivel normal: 5.944 Ha.  
Gasto regulado por la toma  $19 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Obras de Toma y de Salida: Están constituidas por una torre-toma, equipada con 10 compuertas rectangulares, de  $1,83 \times 0,91 \text{ m}$  a diversos niveles para el suministro de agua potable y una compuerta rectangular de emergencia de  $3,0 \times 2,70 \text{ m}$  situada en la entrada de la tubería de  $1,52 \text{ m}$  de  $\emptyset$  para el suministro de agua para riego.

Topografía y Geología : Las áreas que ocupa la presa están constituidas por una instalación de lutitas y areniscas en capas de espesores variables de  $0,05$  a  $3,00 \text{ m}$ . El río Guárico, en la zona de embalse ha costado su valle en algunas partes.

Hidrología : Los aportes al embalse, están representados principalmente por dos afluentes principales Río Guárico y el Río Zuata, siendo el 1° el principal afluente de la carga de nutrientes al embalse

Temperatura : Temperatura Media 21,7 °C

Temperatura Máxima 32,2 °C

Precipitación: La máxima precipitación ocurre en los meses de Mayo a Junio. Aspecto sumamente importante de considerar debido a sus implicaciones tanto en lo que se refiere a los movimientos de agua del Embalse (circulación) como al respectivo aporte de nutrientes al sistema.

**Aspectos Generales:**

El embalse está dividido en:

Estación 1. Cabeceras del río Guárico: Está ubicado en las cercanías de la población de Belén ( se encuentra casi en estado natural).

Estación 2°. Fundo La Puerta: El aporte es producto de las actividades agrícolas pecuarias de la zona norte.

Estación 3. Guaiquera: Condiciones que tiene el río antes de recibir aportes de la población de San Juan.

Estación 4. Cercanías de Quebrada Honda. Esta estación tiene por objeto determinar la capacidad de autopurificación del río Guárico.

Estación 5. Cercanías de la población de San Sebastián. El muestreo en esta zona tiene por objeto poder cuantificar el efecto del río Pao sobre el río Guárico.

Estación 6. Cerca de la población de Antúnez. Si bien es cierto que ésta estación está muy cerca a la anterior, el cauce del río presenta características muy diferentes, las cuales ameritan el establecimiento de una estación de muestreo.

Los aspectos principales para cuantificar el flujo de nutrientes son:

Las entradas atmosféricas.- Constituyen los aportes químicos de origen atmosférico en sistemas acuáticos y terrestres. Estos aspectos son particularmente importante para: Nitrógeno, Fósforo, Carbono, y ácidos fuertes.

En aquellos sitios en donde la cuenca hidrográfica no está intervenida por actividad humana, la cuantificación de este aporte es muy importante. Demostrándose que la precipitación era la fuente principal de aportes de N y P en lagos Oligotróficos. En contraste tenemos que cuerpos de aguas situados en regiones sujetas a la actividad humana, los aportes de nutrientes provienen principalmente de la escorrentía superficial. En este sentido, se conoce que la concentración de nitratos ha ido en aumento en zonas altamente industrializadas. Son capaces de liberar, absorber, almacenar, asimilar y exportar nutrientes.

La región está dividida en tierras de cultivo-ganadería y en áreas residenciales.

En los alrededores de Camatagua, las prácticas de cultivos constituye una de las actividades principales de la región, los sedimentos que llegan al embalse se deben a estas actividades principalmente.

### SANTA ROSA - ESTADO GUARICO

Situación : Esta situado en el Distrito Bruzual del Estado Guárico a 2,3 km al nor-oeste de la población de San Juan de Guaribe.

Propósito : La finalidad del embalse es la de suministrar agua a la población de San José de Guaribe destinada al consumo humano, además de mantener un gasto constante en el río, - que sirva para el riego de las zonas agropecuarias adyacentes.

Cronología : Su construcción finalizó en 1977 .

Embalse : Area de la Cuenca  $40 \text{ km}^2$   
Nivel normal 252 m  
Area inundada a nivel normal 70 has.  
Volúmen embalsado a nivel normal  $4,15 \times 10^6 \text{ m}^3$   
Capacidad útil  $2,5 \times 10^6 \text{ m}^3$   
Capacidad muerta  $1.65 \times 10^6 \text{ m}^3$   
Nivel máximo (creciente milenaria) 254,20 m

Obras de Toma: Las obras de toma están ubicadas en el estribo derecho y constan de: Estructura de toma, conducto de acueducto, conducto de extracción de sedimentos, descarga al río.

La estructura de toma esta situada en una explanada de 4m de ancho excavada en terreno natural a la cota de 240,30 m.

Todas las rejillas son de platina de acero de 3" x 1/2"

Conducto de acueducto: Se inicia al final de la estructura de toma en el punto designado con la progresiva 0+000, siguiendo un alineamiento que forma un ángulo de 50° con eje de presa. Todo el conducto es de acero, hasta su salida del terraplen de la presa va embutido en concreto y colocado en zanja excavada en terreno natural.

Conducto de Extracción de Sedimentos: Mediante este conducto es posible extraer aquellos depositados en la cercanía de la toma, si se hace una operación regular del sistema. El conducto se inicia al final de la estructura de descarga. El canal de descarga parte del dissipador de impacto y conduce las aguas hasta el cauce del río.

La presente memoria descriptiva se refiere al proyecto de las obras de embalse sobre el río Guaribote en el sitio de presa denominado Santa Rosa.

Generalidades : Actualmente el pueblo de San José de Guaribe, se abastece de el embalse denominado " La Vitera" situado a una distancia aproximada de 15 km. de éste. En épocas de verano el servicio prestado por el embalse es deficiente, debido a que al descender las aguas por debajo de cierto nivel, la toma tipo sifón presenta problemas en su funcionamiento.

Descripción del Proyecto:

-Topografía: El vaso a inundar se encuentra en el Valle formado por el río Guaribe y la quebrada Zamoreña, que en su confluencia pierden el nombre para constituir el llamado río Guaribote, Dicho valle presen-

ta una topografía recomendable, permitiendo almacenar un volumen de agua que cumpla con los objetivos.

La tierra inundada por el embalse tiene uso agropecuario de muy baja intensidad y no existe ningún centro poblado que sea afectado.

Geología : Predominan las formaciones geológicas terciarias, ricas en arcillas con disección profunda y drenaje poco denso. Son tierras es carpadas.

#### Características Físicas:

-Hidrología: La cuenca del río Guaribe, hasta el sitio de presa San José de Guaribe, está ubicada en la región nor-oriental de Venezuela. Drena un área de 40 km<sup>2</sup> a lo largo de unos 16 km de longitud de cauce principal. Su nacimiento se encuentra en la Fila Maestra a unos 800 m. s.n. m, en las vertientes sur que drenan hacia el río Unare. El desagüe de la cuenca se efectúa por 2 cursos bien definidos, que son el río Guaribe y la Quebrada Zamoreña.

#### Estudio de la Cuenca

-Acarreo total de Sedimentos: 18.480 ton/año

Elevación media de la cuenca: 450 m.s.n.m.

-Precipitación: Precipitación media anual en la cuenca es de 1112 mm

-Temperatura: Temperatura media anual en la cuenca es de 23,9 °C .

El problema principal de esta cuenca se debe al aporte de plaguicidas producto de la agricultura y los fertilizantes. Otro problema lo constituyen las cochineras que arrojan sus efluentes a la cuenca que

alimenta el embalse. Existe actualmente gran cantidad de sedimentos ya que ésta época es de lluvia.

### TIERRA BLANCA - ESTADO GUARICO

Situación : Esta ubicado sobre la quebrada Corazal en el sitio denominado Tierra Blanca a unos 12 km. de San Juan de los Morros.

Propósito : Tiene por finalidad suplir, mediante 4 millones de m<sup>3</sup> el suministro de agua para el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de San Juan de los Morros de Estado Guárico, durante los períodos de verano, para cubrir las demandas de la población hacia el año 2005.

Cronología : Su construcción finalizó en el año 1976

Embalse : Capacidad total del embalse:  $4,16 \times 10^6 \text{ m}^3$   
Capacidad útil del embalse :  $3,30 \times 10^6 \text{ m}^3$   
Area de la hoya:  $4,00 \text{ km}^2$   
Cota de agua normales: 510 m.s.n.m.  
Cota de aguas máximas: 511 m.s.n.m.

Topografía : La topografía de la región se presenta muy abrupta, correspondiéndole un drenaje de fuerte pendiente a través de valles angostos en forma de V a las cuales descargan quebradas de tipo torrencial con pendientes prácticamente paralelas a la superficie de las laderas salvo aislados afluentes principales.

Aducciones- Tomas: El sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de San Juan de Los Morros, está integrado en parte por las siguientes aducciones.

1.- Aducción Las Vegas - Tierra Blanca: funciona cuando el río Guárico suministra agua a la toma en Las Vegas.

- 2.-Aducción de servicio entre el patio de llaves y los diapositivos de toma y alimentación.
- 3.-Aducción Tierra Blanca-San Juan
- 4.-Aducción La Guamita-San Juan que funciona independientemente de los demás.

#### Estudio de la Cuenca

-Hidrología : Las fuentes de abastecimiento están constituidas por el río Guarico y el río Cerro, también las quebradas intermitentes son consideradas como afluentes que alimentan el embalse.

No se presentan graves problemas en esta cuenca a no ser por las que ocasionan los incendios periódicos anuales. No existe una población de magnitud considerable en los alrededores por lo que se descarta la intervención humana como causante de la degradación de recursos.

La vegetación predominante es de gramínea, típica de potreros con arbustos aislados, solo en el fondo de los valles es posible encontrar árboles de regular tamaño.

Actualmente se está llevando a cabo un desarrollo recreativo alrededor del embalse lo cual significa que una población numerosa comenzará a visitar la zona.

Dentro de las actividades agropecuarias cabe mencionar que se presenta una ganadería muy extensiva.

No existe gran cantidad de sedimentos en el embalse aunque en períodos de lluvia suele incrementar el aporte al embalse pero en bajas proporciones.

ING° FRANCISCO C. AMELINCK

Cumaripa - Estado Yaracuy

Situación : La presa Cumaripa se encuentra en el sitio denominado "El Voladero" , situado a 4 km. aguas abajo del puente Cumaripa (puente de la carretera Chivacoa-Encrucijada de Carabobo, sobre el río Yaracuy). Municipio Chivacoa, Distrito Bruzual, Estado Yaracuy.

Propósito : El embalse Cumaripa tiene como propósito principal el control de inundaciones del Alto Yaracuy y el riego de 10.600 Has. en la cuenca media del Yaracuy. Sirve además para el control de sedimentos y recreación.

Cronología : La presa se empezó a construir en 1967 y se terminó en 1971.

Embalse : Capacidad nivel máximo  $147 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Cota 205)

Capacidad nivel normal  $107,75 \times 10^6 \text{ m}^3$  (Cota 202,30)

Capacidad Activa  $100,70 \times 10^6 \text{ m}^3$

Area a nivel normal : 1300 Has.

Gasto regulado por la toma :  $29 \text{ m}^3/\text{s}$

La capacidad muerta corresponde a  $7,05 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

La Hoya Tributaria al embalse es 435 km

Vida útil del embalse se estimó en 100 años

Topografía y Geología del Sitio de Presa :

El valle del río Yaracuy en el sitio El Voladero tiene unos 190 m de

ancho ; su fondo está recubierto por aluviones recientes de espesores variables que alcanzan hasta unos 20 m. y de predominante composición granular, arenas limosas y arcillosas, gravas, fragmentos de rocas - descompuestas y cantidades variables de limo.

Obras de Toma: La obra de toma se ubicó en el estribo izquierdo cruzando su eje bajo el aliviadero mediante un túnel. Los propósitos de la toma son: el suministro de agua para riego y estructura de desvío durante la construcción.

En el río Yaracuy aguas arriba y aguas abajo del embalse se han presentado problemas de erosión, sedimentación y contaminación. Por la configuración misma de la cuenca con afluentes de gran pendiente en una zona de alta precipitación, unido a la existencia de una planicie anegadiza en la desembocadura hace que las inundaciones aguas abajo de la presa sean muy frecuentes y de gran magnitud, causando daños en áreas agrícolas, industriales y urbanas.

Estudio de la Cuenca:

La cuenca del río Yaracuy considerada hasta la localidad "El Chino" y que incluye la parte alta y media de este río, posee una extensión aproximadamente de 154.000 has. quedando comprendida esta cuenca en jurisdicción del Estado Yaracuy.

Hidrología: El principal drenaje de esta cuenca lo constituye el Río Yaracuy el cual corre por un valle ancho que llega a alcanzar hasta 22 km. transversalmente.

Uso de la Tierra: Este valle es asiento de una importante agricultura

ra cuyo máximo exponente es el cultivo de la caña de azúcar y la cual ha generado el asiento de una vasta industria azucarera y rubros conexos que definen a ésta cuenca como una región de un alto potencial de desarrollo industrial y agrícola.

Existen cultivos agrícolas y pecuarios mecanizados en la parte plana, café y agricultura migratoria (conucos) en las partes altas. Los incendios forestales, el sobre pastoreo y en general el uso irracional de las tierras, ha afectado notablemente las vertientes y cabeceras de algunos cursos de agua.

Esta ha sido una de las cuencas más agotada por el hombre, en el sentido de la mala utilización de los recursos naturales renovables, los cuales han sido sometidos a una explotación irracional, mayormente en las zonas altas, debido a las talas y quemas incontroladas, para la implantación del tradicional conuco y la utilización de métodos inadecuados de siembra. Este método de cultivo ha traído como consecuencia la devastación de la gran mayoría de las zonas boscosas que venían siendo en su mayoría áreas donde se encontraban ubicadas muchas nacientes (hoy desaparecidas) y reservorio de fauna.

Población: Se encuentran asentados los núcleos poblacionales más importantes del Estado Yaracuy. Como referencia se tiene el dato de que la cuenca alta (Sector de Urachiche) tiene una densidad de población superior a 26 habitantes /km<sup>2</sup>.

Acarreos de Sedimentos: De los estudios realizados se estima la producción de acarreos en el orden de 127 ton/km<sup>2</sup>/año. (Estación Puen-

te Cumaripa) sobre el río Yaracuy, lo cual es alarmante para la vida útil de la represa "Cumaripa" pues de continuar en el futuro, la vida útil del embalse de Cumaripa sería muy corta. En el sector de Urachiche se ha estimado que la producción de sedimentos oscila entre 200 a 500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/año. Esto indica la presencia de una situación crítica de utilización inadecuada de los suelos y que de continuarse podría conducir a una degradación irreversible de la cuenca. La cuenca alta del río Yaracuy presenta condiciones ecológicas limitantes para su uso agropecuario, un régimen de lluvias de corta duración estacional y de alta intensidad, zonas montañosas de una topografía muy abrupta y accidentada y con suelos muy erosionables especialmente en las vertientes de la Sierra de Aroa, las crecidas e inundaciones que se han producido en los últimos años. Todo esto ha ocasionado que se incremente el aporte de sedimentación al Embalse Cumaripa debido a la erosión inducida por la ocupación y uso irracional de las vertientes de esta cuenca.

Erosión: La erosión en la región del Yaracuy, se debe a la conjugación de una serie de factores, dentro de los cuales cabe destacar: los de tipo climático, lluvias intensas, áreas desprovistas de vegetación, suelos pocos cohesivos en zonas de fuertes pendientes y de las características de los materiales aportados, además se origina por la falta de técnicas adecuadas aplicables para un mejor aprovechamiento del recurso suelo.

Resumen General de los Problemas de la Cuenca

- El conuco como actividad de producción genera una disminución del área boscosa, degradación de los suelos, erosión debida a los primitivos métodos de cultivo agrícola.
- Práctica de agricultura en el sentido de la pendiente y con una topografía bastante acentuada en unión de la tala y la quema, dejando la zona completamente desprovista de vegetación.
- Elevada presión demográfica en las vertientes montañosas de fuertes pendientes y la subsecuente práctica de actividades agropecuarias de subsistencia.
- El uso de fertilizantes, pesticidas cuyo uso en forma indiscriminada cae directamente al río, aumentando la contaminación y causandó la muerte de la flora y la fauna.
- Los incendios forestales traen como consecuencia la degradación acelerada del suelo, por la desaparición de la cobertura vegetal y la extinción lenta de la fauna silvestre.
- Las crecidas e inundaciones que aumenta el aporte de sedimentos al embalse de Cumaripa que represa el agua que es utilizada para consumo humano por los habitantes de San Felipe, Cocorote, Guama, Bomare y los pueblos circunvecinos.
- Falta de una actividad conservacionista por parte del campesinado que por su alto grado analfabetismo ha contribuido en la destrucción de los recursos presentes.

ING° GERMAN ROVATI CARBALLO  
Guaremal - Estado Yaracuy

- Situación : La presa Guaremal está ubicada en el sitio de intersección de las quebradas Guaremal y Diego situada a 4 km al norte de la población de Yaritagua, Estado Yaracuy.
- Propósito : El proyecto tiene como objetivo principal el control de inundaciones y almacenamiento de los acarrees de la quebrada Guaremal y sus afluentes los cuales se han venido depositando en el cauce de las quebradas, en los sitios de pendiente suave, provocando desbordes e inundaciones y ocasionando daños de consideración en la población de Yaritagua. También se incluyó en los propósitos del embalse, el abastecimiento de agua de la población de Yaritagua; garantizando el suministro de 150 l/s, durante 25 años. La vida útil del embalse se estimó en 50 años, período en el cual se estima que los sedimentos colmataran por completo el vaso.
- Cronología : La presa se empezó a construir el 4-5-70 y se terminó en Marzo de 1973.
- Embalse : Capacidad nivel máximo:  $4,65 \times 10^6 \text{ m}^3$  (cota 517,15m)  
Capacidad nivel normal:  $3,95 \times 10^6 \text{ m}^3$  (cota 515 m)  
Capacidad activa : no aplicable  
Gasto regulado por la toma:  $7 \text{ m}^3/\text{s}$

Obra de Toma : La estructura de toma tiene como funciones:

- 1.- Abastecimiento de agua a la población de Yaritagua
- 2.- Eliminación de los sedimentos en suspensión
- 3.- Mantener bajo el nivel del embalse con objeto de amortiguar las avenidas.

La estructura de toma se ubicó en el estribo izquierdo y consta de una torre toma sumergida con rejillas, compuerta, un conducto de salida de 60" de  $\varnothing$  y válvula de control que descarga a un canal elevado 900.

Topografía y Geología: El valle de la quebrada Guaremal en el sitio de presa tiene unos 350 m, de ancho y se encuentra en su totalidad ocupado por aluvión de unos, 12 m de espesor promedio, representado por limos arenosos, arcillas limosas y gravas arenosas. Por debajo de ellos se encuentran esquistos grafitosos de la Formación Los Cristales.

Entre los factores resaltantes de este proyecto citaremos:

- El uso de una pantalla bentónica para controlar el paso de filtraciones, método que se utiliza por primera vez en Venezuela en obras de ésta naturaleza.
- La localización del aliviadero sobre el cuerpo de la presa, estructura única en su género en Venezuela.

Características de la Cuenca : La cuenca abastecedora de agua del Embalse tiene una superficie de 42 km<sup>2</sup>. El Valle de la Quebrada Guaremal, aguas arriba del embalse se encuentra en su totalidad ocupado por aluviones cuaternarios y conos de deyección de las quebradas menores, así como movimientos en masa por deslizamiento de las laderas, representado -

por limos, arcillas limosas y gravas arenosas.

Drenaje y Régimen Hidráulico: La principal quebrada receptiva de agua de la Hoya es la Guaremal, a ella confluyen la Quebrada Diego, - aguas arriba se encuentran otros afluentes, que aportan un caudal importante de agua durante el invierno, como son: Guaremalito, El Silencio, El Playón, La Campanita y Camasan.

Desde el punto de vista hidráulico la quebrada puede considerarse como un torrente, las principales características son: fuertes pendientes (mayores de 5%) caudal de estiaje nulo, con crecidas violentas de poca duración y gran arrastre de materiales.

Intervención Humana: La subcuenca de la Quebrada Guaremal ha estado sometida a intervención desde hace varias décadas. La explotación predominante fué el cultivo de café, mediante latifundio. La escasez de mano de obra obligó a los latifundistas a retirarse de la cuenca, lo cual dió lugar a las recientes invasiones.

Tenencia: Existen propietarios 13,17%, pisatarios 73,64%, arrendatarios e invasores 0,77%. De acuerdo con documentos existentes las tierras de la cuenca de la Quebrada Guaremal, aguas arriba del Embalse son: Municipales, las cuales podrán ser explotadas bajo condiciones de arrendamiento.

Labores Agronómicas: La mayoría de los productores realizan sus labores con métodos rudimentarios, el uso de las maquinarias es muy reducido. Para la preparación del suelo se utiliza la tala, la roza y la quema, que en la mayoría de los casos se transforma en incendios forestales.

tales.

Uno de los cultivos más erosivos es el maíz, a comienzos del ciclo de invierno se tala, se roza y se quema es cuando las lluvias son más peligrosas. No solamente, no se hace ningún tipo de prácticas conservacionistas, sino que se cultiva en el mismo sentido de la pendiente. No se utilizan tampoco ningún tipo de fertilizantes químicos, ni orgánicos.

Al cosechar los productores abandonan la tierra, talan, rozan y queman en nuevas áreas, labor que se repite cada año en los terrenos. Esta práctica es la que más daño ocasiona a la sub-cuenca.

En 1984 unos ingenieros norteamericanos que visitaron a la cuenca recomendaron la preservación de la vegetación natural y evitar los cultivos limpios, específicamente el maíz. Como se puede observar las mayores pérdidas de suelo corresponden a los cultivos de maíz y cañote. Eliminando estos cultivos y transformándolos en pastizales y matorrales, mediante una vegetación natural inducida se disminuirán los sedimentos que llegan al embalse.

#### Principales conclusiones sobre el estudio del Embalse Guaremal sobre Sedimentación.-

- 1.- Existen  $2,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  de sedimentos depositados en el Embalse.
- 2.- La sedimentación del Embalse fue acelerada por la intervención humana,  $1 \times 10^6 \text{ m}^3$  de sedimentos provienen de las pérdidas de suelo causado por las condiciones de la cuenca y cultivos;  $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  provienen del material depositado en los lechos arrastrados por

la explotación irracional de material granular, realizado aguas arriba del embalse.

- 3.- Como los sedimentos están llegando a nivel de toma, está comprometido a corto plazo el suministro de agua a las poblaciones de Yaritagua, Sabana de Parra, Las Piedras, Urachiche, etc.

En chequeo batimétrico efectuado el 10-9-85 con ecosondo y plomada la altura de los sedimentos en el Embalse está a la cota 508,91 m.n.s.m. lo cual quiere decir que quedan pocos centímetros para que los sedimentos cubran totalmente la compuerta (cota 509 m.s.n.m.).

Además según información suministrada por el INOS se hace necesario cada vez más hacer el cambio de filtros debido al mayor contenido de sedimentos presentes en el agua que llegan a la planta de tratamiento. Esto compromete a corto plazo el servicio de agua.

- 4.- Debido a la invasión que esta sufriendo la cuenca de la Quebrada Guaremal y el uso actual de los suelos con cultivos limpios y prácticas inadecuados como: tala, roza y quema a principios del ciclo de invierno en pendientes prohibitivas y al conuco que se hace cíclico en toda la cuenca, han aumentado las pérdidas de suelo y la sedimentación que llega al embalse.

- 5.- Como consecuencia de la explotación de aluviones en el lecho de la Quebrada aguas arriba del embalse, principalmente en las inmediaciones de la población de Yaritagua, de manera indiscriminada, sin control alguno y sin medir el impacto ambiental; el material aluvional del lecho y de los conos de deyección, así como los pro

venientes de deslizamientos de las laderas son arrastrados por las crecientes hacia el embalse.

## PRESA SOCUY o MANUELOTE -ESTADO ZULIA

Situación : Sobre el río Socuy, a 100 km. al Nor-oeste de Maracaibo en el Estado Zulia.

Propósito : Control de inundaciones y abastecimiento de agua para la ciudad de Maracaibo y el Complejo Petroquímico " El Tablazo"

Cronología : La presa se empezó a construir en 1972 y se concluyó en el año 1974.

<u>Embalse</u>	: Capacidad nivel máximo	1era. Etapa	2da. Etapa
		215,92x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Cota 48)	394,21x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Cota 55,27)
	Capacidad nivel normal	144,98x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Cota 44,17)	278,6x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> (Cota 50,85)
	Capacidad activa	104,98x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	238,6x10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	Area nivel normal	2.000 Ha	2.800 Ha.
	Gasto Máximo para la toma principal	55m <sup>3</sup> /s	
	Gasto Máximo para la toma auxiliar	19,2m <sup>3</sup> /s	
	Area de la cuenca	509 km <sup>2</sup>	
	Gasto medio	20,98 m <sup>3</sup> /s.	

Obras de Toma : Se encuentra localizada en la parte derecha del embalse a 1.3 km. al Sur-Este de la presa.

Consta de una compuerta deslizante la cual se utiliza para curbir las eventuales emergencias que puedan ocurrir durante la operación.

Estudio de la Cuenca.

### Estudio de la Cuenca

Topografía y Geología: El sitio de presa lo forma un valle de unos 1167 m. de ancho en el fondo. El valle del río está cubierto por sedimentos aluvionales representados por arcillas limosas, arenas finas limosas, arcillas y gravas areno-arcillosas.

Hidrología : El río Socuy nace en las estribaciones de la Sierra de Perijá, a una altura aproximada de 1.600 m.s.n.m.. Luego vierte sus aguas en el embalse, drenando luego hasta unirse al Guasare para formar el río Limón.

Temperatura : La temperatura media de la Cuenca es de 28°C.

Precipitación : La precipitación media en la parte central es de 1484,36 mm. y en la parte baja es de 1116,63 mm. El régimen de lluvia es del tipo bimodal con un pico de crecida en los meses de Abril a Junio y otro en los meses de Octubre a Noviembre.

### Aspectos Generales:

El río Socuy constituye actualmente la cuenca de mayor importancia en el estado Zulia, como fuente abastecedora de agua. Es la única que por su rendimiento e infraestructura asegura la disponibilidad de agua durante todo el año, para garantizar el consumo a la ciudad de Maracaibo y el actual desarrollo agroindustrial.

En cuanto al uso actual de la tierra, es netamente pecuario sobre todo en la parte baja que se encuentra totalmente poblada de haciendas. Esta zona ha sido utilizada en la explotación pecuaria extensiva de ganado lechero. La parte baja y media han sido muy deterioradas por

la acción antrópica, extendiéndose las áreas de pastizales en detrimento de la vegetación natural, la cual estaba representada por las especies : Caoba, Roble, Cedro, etc.

En época de lluvias son transportados al embalse gran cantidad de sedimentos producto de éstas actividades.

### EMBALSE PAO-CACHINCHE- ESTADO CARABOBO

Situación : Está ubicado a 40 km al suroeste de Valencia en el estado Carabobo.

Propósito : El embalse se construyó con el fin primordial de abastecer de agua a Carabobo, Aragua y Cojedes.

Cronología : Se terminó de construir en el año 1974.

Embalse : Capacidad a nivel normal 170,0 Mm<sup>3</sup>  
Capacidad útil 165 Mm<sup>3</sup>  
Area de la Hoya Hidrográfica 1146 Km<sup>2</sup>  
Gasto regulado por la toma 7 m<sup>3</sup>/seg.

Obras de Toma: Consta de una tubería de 72" de diámetro cuya longitud es de 151 m.

#### Estudio de la Cuenca.

Hidrología: La cuenca está formada por dos tributarios principales: el río Chirgua y el río Paito, los cuales se unen para formar el río Pao a unos 4 km aguas arriba del sitio de presa. Estos dos afluentes nacen en las estribaciones meridionales de la Cordillera de la Costa y después de un recorrido de 50 km. descargan sus aguas al embalse Pao-Cachinche.

#### Aspectos Generales

Se distinguen 3 áreas: La de las nacientes de los ríos Chirgua y Paito, con características de montaña (pendientes 25%, parte media con grandes extensiones planas, conocidas como Sabanas de Carabobo y sometida a una creciente urbanización) y finalmente, las inmediaciones

nes del embalse (Extremo sur de la cuenca) donde se aprecian lomas suaves y vegetación baja, dedicados principalmente a la ganadería extensiva.

Los principales centros poblados de la cuenca se encuentran en la parte media en el eje vial de Valencia Tinaquillo. Estos centros urbanos son Tocuyito, parte de Valencia y Campo de Carabobo.

Se observa un acentuado proceso de intervención antrópica derivados de desarrollos agropecuarios y asentamientos humanos que se traducen en un deterioro del suelo y de las aguas; además en un incremento del arrastre de sedimentos al embalse. La situación es más crítica en las áreas cercanas al embalse, en donde la contaminación de los cuerpos de agua afecta directamente a las aguas embalsadas.

Por otra parte el buen uso del espacio físico en ésta cuenca se ha complicado por su cercanía al área de expansión de la ciudad de Valencia.

Existe deterioro del suelo (alta tasa de erosión) lo que trae como consecuencia un elevado aporte de sedimentos al embalse. Otro factor negativo es el originado por las descargas de granjas agropecuarias directamente en el embalse.

Esta cuenca está subdividida en 8 sectores:

- Sector 1 Alto Chirgua
- Sector 2 Quebrada Grande
- Sector 3 Taguanes
- Sector 4 Alto Tocuyito
- Sector 5 Guataparó

- Sector 6 Tocuyito
- Sector 7 Campo de Carabobo
- Sector 8 Pao Canchinche

El sector Alto Chirgua debe ser especialmente atendido por la concentración de población campesina dedicada a actividades agrícolas. Y por que aporta la mayor cantidad de sedimentos al embalse.

En cambio Alto Tocuyito, por su escasa población es un área poco intervenida en la cual es más fácil preservar una buena cobertura vegetal.

Por su parte el sector Guataparo, por su cercanías a la ciudad de Valencia y por la consecuente presión de hacer allí desarrollos urbanos, debe ser sometido prontamente a un plan de ordenamiento del uso de la tierra, éstos dos últimos sectores no ocasionan problemas de sedimentos ya que evacuan sus aguas de crecientes a través de extensas áreas planas donde el sedimento es retenido en gran proporción.

Otro sector que se debe mencionar es el sector 3 Taguanes, por su gran aporte de sedimentos; De los demás sectores interesa especialmente el Sector 8 Pao-Cachinche, por estar conectado directamente al embalse a través de numerosas quebradas. Esta conexión directa hace muy eficiente el transporte de sedimentos y lo que es más grave facilita enormemente la contaminación de sus aguas con las descargas de agroindustrias y cochineras o con el simple uso de agroquímicos en los cultivos.

Producción Media de Sedimentos

El acarreo medio de la cuenca es de 45,0 miles de toneladas de sedimento en suspensión. Para el acarreo total, es decir considerando también el acarreo de fondo, el estudio del MOP supone un incremento de 15% del peso obtenido para los sedimentos en suspensión. En esta forma el aporte total de sedimentos de la cuenca sería de 52,800 toneladas al año.

### EL ISIRO- ESTADO FALCON

Situación : Sobre el río Coro, a 7 km de Coro en el Estado Falcón.

Propósito : Abastecimiento de las ciudades de Coro, la Vela y Península de Paraguaná, Estado Falcón.

Cronología: La presa se empezó a construir en 1952 y terminó en 1963.

Embalse : Capacidad nivel máximo 193, Mm<sup>3</sup> (cota 67)  
Capacidad nivel normal 157,3 Mm<sup>3</sup> (cota 65,00)  
Capacidad Activa 123,5 Mm<sup>3</sup>  
Gasto regulado por la toma 0,8 m<sup>3</sup>/s

Obras de Toma y de Salida: La salida por bombeo está formada por una torre abierta en cuya plataforma superior hay instaladas ahora 4 bombas con capacidad de 200 l/s cada una y con sitio para instalación de 4 bombas futuras y duplicar de tal forma la capacidad de salida. Las descargas de las bombas, se hacen a un múltiple de acero, de 30" de diámetro que pasa por sobre el puente de acceso hasta la explanada a la entrada del mismo. De allí en adelante, hasta la planta de tratamiento, el agua es conducida por una tubería parcialmente enterrada, de acero, de 34" de diámetro.

#### Topografía y Geología:

La presa está ubicada en el angostamiento topográfico que existe en el cruce del río grande, con la Fila El Isiro, cuyo ancho es de 220 m. El sitio de presa es una intercalación de capas de lutitas y areniscas, con la presencia de una angosta capa de carbón, que en

el sitio de presa se encuentra a 15 m de profundidad.

El Isiro que forma una fila de Morros de características arrecifales y perturbaciones tectónicas originan cambios litológicos importantes de capas de lutitas intercaladas con arcilla.

La presa principal es de tierra, sección zonificada con núcleo central impermeable de material muy fino muy arcilloso, y dos espaldones de grava gruesa arcillosa. Ambas caras de la estructura están protegidas con piedras volcadas de mediano tamaño.

Durante la construcción fué necesario el saneamiento local de extensos sectores de la superficie de contacto debido a la descomposición de la roca; la obra fué construida en carrera contra el tiempo, debido a las conformación topográfica de los sitios de presa y el ciclo hidrológico de la región, ello ha motivado serios problemas.

#### Estudio de la Sub-Cuenca "El Isiro "

Hidrología: La subcuenca "El Isiro" de 29.094 Has. aproximadamente presenta características de que todas sus aguas drenan hacia el Embalse "El Isiro" que es el principal embalse del Estado Falcón. "El Isiro" constituye una subcuenca del Río Seco o Río Coro que a su vez desemboca en el Mar Caribe.

Climatología. Registra un período anual de 27,1 °C, su máxima ocurre en Octubre y es de 35,3 °C y una mínima de 17,5 °C para el mes de Marzo.

Precipitación: En la subcuenca "El Isiro" la precipitación varía

de 1.599,8 mm. en la zona más húmeda (Fundo Padilla o sea hacia la parte más alta del área) a 424,8 mm.

Período Seco : Abarca desde Enero a Septiembre

Período Húmedo: Abarca desde Octubre a Diciembre

Evaporación : La máxima evaporación se registra en los meses de Marzo y Agosto, coincidiendo con la estación seca y la mínima en el mes de Noviembre y Diciembre. La máxima evaporación se produce en los meses de mínima pluviosidad.

Húmedad Relativa : Las máximas de humedad relativa se dan en los meses de Noviembre y Diciembre coincidiendo con la estación lluviosa.

Problema Principal de Cuenca :

Se debe a los procesos de erosión que se presentan en la subcuenca ya que en dicho período el nivel del embalse baja, ocasión ésta que aprovechan los campesinos para efectuar sus siembras cerca del embalse lo que trae como consecuencia que sean arrastrados los fertilizantes usados por ellos para el cultivo, con mayor facilidad hacia el cuerpo de agua.

El arrastre de sedimentos es insignificante y no representa ningún aporte importante digno de consideración.

**MAPARA- ESTADO FALCON**

Situación : Sobre la quebrada de Churuguara a 7 km de Churuguara en el Estado Falcón.

Propósito : Abastecer de agua potable a la población de Churuguara, Maparari y caserios vecinos.

Cronología : La presa se empezó a construir en 1963 y se terminó en 1964.

Embalse : Capacidad a nivel máximo 17,6 millones m<sup>3</sup> (cota 690,80)  
Capacidad nivel normal 10,0 millones m<sup>3</sup> (cota 688,60)  
Capacidad activa 9 millones m<sup>3</sup>.  
Capacidad normal 226 Ha.  
Gasto regulado por la toma 0,1 m<sup>3</sup>/s

Obras de Toma : La constituyen 2 tuberías de acero de 8" de  $\emptyset$  que toman el agua a la cota 679, mediante 2 bombas sumergibles de 20 l/s cada una y una tubería de acero de 20" de  $\emptyset$ , que trabaja como sifón. Las dos tuberías de 8"  $\emptyset$  se unen a otra de 12" que les da salida hacia la planta de tratamiento, estas tuberías están situadas en el estribo izquierdo de la presa.

Topografía y Geología : El sitio de presa lo forma una garganta de sección trapezoidal y estribos escarpados con pendientes de unos 30°. Está constituido principalmente por capas de lutitas, lutita calcarea marga, caliza arrecifal y areniscas. El vaso de almacenamiento lo constituyen suelos de material arcilloso, rocas detrítica finas y rápidos acuíferos de caliza.

Para sanear el lugar que se había escogido para la fundación se previó una cortina de inyecciones, que fué suspendida debido a que el tipo de terreno no ofrecía ningún tipo de seguridad por lo que fué reemplazado a un nuevo sitio que permitía obtener ciertas ventajas como la utilización al máximo de los materiales cercanos y la minimización en la estructura de los asentamientos diferenciales poligrosos.

Esta cuenca no se ha visto afectada por la intervención del hombre, - algunos problemas que podría tener sería debido a fertilizantes productos de siembras que se realizan en los alrededores pero ésto es insignificante y la cantidad de sedimentos que a ella llegan es muy poco.

## JABILLAL - ESTADO GUARICO

Situación: Sobre el río Jabillal, a 7 kms de Tucupido en el Estado Guarico

Propósito: Abastecimiento de la población de Tucupido

Cronología: La presa se empezó a construir en octubre de 1950 y se terminó en 1952.

Embalse : Capacidad a nivel máximo 15,12 Mm<sup>3</sup> (Cota 117,65m)

Capacidad a nivel normal 7,6 Mm<sup>3</sup> (Cota 115,75 m)

Capacidad activa 5,85 Mm<sup>3</sup>

Area a nivel normal 300.00 Ha.

Obras de Toma y de Salida: Están localizadas en el estribo izquierdo y las integran una torre-toma con dos captaciones a cotas diferentes una tubería de 400 mm de diámetro, una estación de bombas y una tubería de bombeo que conduce el agua hasta la planta de tratamiento.

Topografía: El embalse está situado a unos 7 km al sur-este de Tucupido Estado Guarico. La hoya tiene unos 70 km<sup>2</sup> y el vaso alcanza unas 400 ha. en su nivel de agua máximas. Para el nivel de aguas normales el área es de 300 ha. La topografía local es típica de esa parte de los llanos venezolanos: muy poco relieve, colinas redondeadas de escasa altura cubiertas de abundante vegetación del tipo de rastrojos de tierra de mediana pluviosidad. El embalse ocupa un valle llano ramificado, delimitado por colinas del tipo antes dicho. La hoya es drenada y sale por una garganta de unos 240 m. de ancho, en esta

garganta se construyó el dique para formar el embalse.

Geología: El material del sub-suelo en el área del embalse y sitio de presa, es un limo areno-arcilloso, de fina textura suficientemente permeable.

Algunas exploraciones detectaron capas de arena limosas muy finas. A raíz de haberse iniciado la explotación de campos petroleros en los alrededores de Tucupido, a mediados de la década 40-50 con la perforación exitosa de varios pozos, esta pequeña población sufrió una violenta expansión demográfica que puso en crisis su abastecimiento de agua potable. Previendo un considerable incremento en la demanda de agua, tanto para consumo doméstico como para uso industrial, el Instituto se vió precisado a construir a toda marcha el embalse de El Jabillal, como la solución más factible y oportuna. Posteriormente decreció el ritmo en los trabajos de extracción de hidrocarburos y la masa humana flotante fué abandonando paulatinamente el lugar y la población se estabilizó en sus niveles normales.

El problema más grave que confronta este embalse es el aporte de sedimentos que caen sobre todo en épocas de lluvia.

Y la cantidad de desechos, excretas de animales que son arrojados a éste cuerpo de agua.

## LA MARIPOSA-DISTRITO FEDERAL

Situación: Sobre el río Valle, a 8 km de Caracas en el Distrito Federal.

Propósito : Abastecer de agua potable a la ciudad de Caracas

Cronología: La presa se empezó a construir en 1946 y se terminó de construir en 1949.

Embalse : Capacidad a nivel máximo 9,00 Mm<sup>3</sup> (Cota 984,20 m)  
Capacidad a nivel normal 8,00 Mm<sup>3</sup> (Cota 981,00 m)  
Capacidad Activa 7,00 Mm<sup>3</sup>  
Area a nivel normal 54 Ha.  
Gasto regulado por la toma 4 m<sup>3</sup>/s

Obras de Toma y de Salida: Situada en el estribo izquierdo, esta constituida, por una torre-toma de concreto armado de sección circular de 6,4m de diámetro interior, provista de 6 tomas a diferentes alturas que permiten abrir o cerrar las compuertas a voluntad del operador.

Topografía y Geología: El sitio de presa lo forma una garganta de unos 45m. de ancho en el fondo y estribos de pendientes muy fuertes; en el derecho unos 60°; en el izquierdo unos 30°. La roca en el sitio de la presa consiste de esquistos cloríticos micáceos frescos y meteorizados, esquistos cloríticos arenosos, y esquistos grafitosos negros con delgadas lentes de caliza.

Este embalse además de contribuir al suministro de agua potable para la ciudad de Caracas cuya producción propia de su hoyas es de unos

400 l/s sirve también como reservorio de las aguas provenientes del río Tuy, a través del sistema Tuy I. En caso de averías en la aducción Tuy I, el embalse puede mantener el suministro de agua a la ciudad durante 23 días. Con un gasto de 4.000 l/s.

Temperatura: Temperatura media mínima 15°C

Temperatura media máxima 29 ° C

Pendiente : Pendiente media muy fuerte lo que hace difícil el cultivo en esta zona.

Precipitación: Presenta una precipitación media anual de 1100 mm.

Degradación potencial: de 865 a 1380 tn/km<sup>2</sup>/año. En general resulta poco susceptible a la erosión con excepción de las subcuencas Media del río Tuy y Quebrada Guayas las cuales son altamente susceptibles a la erosión.

Esta dividida en 6 subcuencas

- 1.- Alto Río Tuy
- 2.- Río El Jarillo
- 3.- Medio Río Tuy
- 4.- Quebrada Guayas
- 5.- Quebrada Morocopo
- 6.- Quebrada Guareimita

Problemas principal de la Cuenca

Esta cuenca ha sido utilizada por el hombre para realizar todas sus actividades sin técnicas, ni planes definidos de desarrollo lo que

conduce a una destrucción gradual de los recursos que en ella se encuentran.

El actual estado de deterioro y el grado de intervención por parte de masas campesinas es el más grave problema que presenta ésta cuenca.

ESTADO	UBICACION	NOMBRE DEL "EMBALSE"	AÑO DE CONSTRUCCION	FUENTE	CAPACIDAD A.N NORMAL <sup>3</sup> Mm	POBLACIONES ABASTECIDAS
Aragua	A 5 Km. de Camatagua sobre el Rio Guarico	Camatagua	1.968	Río Guárico	1,250	Caracas
Guárico	A 2,5 Km al noroeste de San José de Guaribe	Santa Rosa	1.977	Río Guaribote	4,2	San José de Guaribe
Guárico	A 10 Km al sur este de Villa de Cura	Tierra Blanca	1.958	Quebrada Corazal	4,2	San Juan de los Morros, Villa de Cura
Yaracuy	A 10 Km al este de la poblacion de Chivacoa	Cumaripa	1.971	Río Yaracuy	107,0	San Felipe Cocorote
Yaracuy	A 4 Km al norte de la población de Yaritagua	Guaremal	1.973	Quebrada Diego, Quebrada Guaremal	3,95	Yaritagua Sabana de Parra, Urachiche.
Zulia	A unos 100 Km al Noroeste de Maracaibo	Manuelote	1.975	Río Socuy	49,6	Maracaibo y zonas adyacentes.
Carabobo	A 40 kms al suroeste de Valencia	Pao-Cachinche	1.974	Río Paíto Río Chirgua	170,0	Eje Poblacional Tinaquillo-Tejerías
Falcón	A unos 7 kms al sur de la ciudad de Coro	El Isiro	1.963	Río Coro	152,5	Coro, Puerto Cumarebo, Pto Fijo y Paraguaná
Falcón	A 7 Km al este de la población de Churuguara	Mapará	1.964	Río Churuguara, Quebrada Aguas Negras	9,85	Churuguara Mapararí
Guárico	A 7 Km al sureste de Tucupido	Jabillal	1.958	Quebrada Jabillal, Morrocroy, Paují	7,62	Tucupido, Las Mercedes Valle de pasqua
Dtto Federal	Al sur oeste de Caracas	La Mariposa	1.949	Ríos Tuy y Valle	8,00	Caracas

#### 4. METODOLOGIA EMPLEADA

##### 4.1 Definiciones Estadísticas

###### - Fenómenos Aleatorios:

Son aquellos que dependen del azar y se caracterizan por que al repetir la experiencia indefinidamente en condiciones idénticas se obtienen resultados distintos e independientes de la influencia del observador.

###### - Probabilidad

Es una medida de la verosimilitud de la ocurrencia de un suceso aleatorio.

Sean:

n : Número total de acontecimientos o sucesos

a : Casos posibles de aparición o favorables

b : Casos no posibles de aparición o adversos

Sea p : Probabilidad de que ocurra un caso favorable de aparición

$$p = \frac{a}{n}$$

La suma de los casos favorables y de los adversos es igual al número total de acontecimientos:

$$a+b = n$$

$$\text{Si se divide entre } n : \frac{a}{n} + \frac{b}{n} = \frac{n}{n} = \frac{a+b}{n} = 1$$

De donde se concluye :  $P + q = 1$

Si un suceso tiene que ocurrir su probabilidad es 1

Si el suceso es imposible que ocurra, su probabilidad es 0.

Por tanto, la probabilidad de ocurrencia de un suceso es un número comprendido entre 0 y 1.

-Serie

Es una secuencia conveniente de datos. Los datos deben provenir de una longitud de registro tan larga como sea posible para que sirva de base confiable al cálculo de las probabilidades, pues los datos de la serie es una muestra de lo que ha ocurrido y que es factible que se repita.

Se recomiendan series de datos mayores de 10 años y que sean consistentes, es decir, que reflejan su lugar de origen.

-Frecuencia.

Es el número de veces que un evento de una magnitud especificada es igualado o superado en un período determinado.

- Período de Retorno (Tr).

Es el intervalo promedio, en años, entre acontecimientos, que igualan o exceden una magnitud dada. El período de retorno, Tr, es el inverso de la probabilidad de excedencia.

$$T_r = \frac{1}{P(x \geq x_0)} \quad (\text{años})$$

- Probabilidad de Excedencia  $P(x \geq x_0)$

Si la frecuencia con que un cierto evento de magnitud

especificada que es igualado o excedido en un determinado número de años se divide entre ese número de años se obtiene la probabilidad de excedencia.

$$P ( x \geq x_0 ) = \frac{\text{Frecuencia}}{T_r (\text{N}^\circ \text{ de años})}$$

- Variable.

Por definición, variable es toda aquella que toma cualquier valor posible dentro de un intervalo de valores factibles.

- Valor Extremo

Para una serie de "n" valores cuando una variable ha tomado un valor que sea máximo o mínimo en relación a los otros "n-1" valores, dicha variable recibe el nombre de valor extremo.

El estudio de los valores extremos es de gran significación en algunas series, como por ejemplo, en valores extremos de lluvia, de caudal de ríos, de producción de efluentes, de disponibilidad de agua en embalse, etc. ya que relacionan cada valor extremo con una probabilidad de ocurrencia.

- Media ( $\bar{X}$ )

Es la medida de tendencia central más común y más útil definida como el promedio aritmético de los datos.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Puede ser definida como la suma de todos los datos dados, dividida entre el número total de datos.

### -Desviación Estándar ( $\sigma$ )

Está definida como la raíz cuadrada del promedio de la desviación cuadrada de la media, es decir:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

Una fórmula de cálculo útil para " $\sigma$ " la proporciona la identidad algebraica.

$$\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 - N \bar{x}^2 = \sum_{i=1}^N x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}$$

No es eficiente restar la media de los números y cuadrar la diferencia, sino mucho mejor calcular la suma y la suma de los cuadrados de las observaciones.

#### 4.2 Distribución Probabilística Teórica

El modelo o distribución de valores extremos surge del interés en una variable, que es consecuencia de muchos factores, cuyos comportamientos individuales no son bien conocidos pero en el que los extremos son críticos ( máximo o mínimo de varias variables aleatorias) de manera que para un sistema de ingeniería civil el máximo o mínimo valor en una sucesión: podría ser crítica.

Gumbel comprobó que la distribución de los valores ex tremos seguían una distribución independiente a la distribución de la serie de la cual surgieron y definió así la probabilidad de excedencia  $p(x \geq x_0)$  como:

$$p(x \geq x_0) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad \text{Siendo: } p(x \geq x_0) \text{ Probabilidad de que } x_0 \text{ sea igualado o excedido.}$$

$e$  : Base de los logaritmos Neperia nos.

Se define  $Y$  como :  $Y = \delta \cdot (x_0 - \beta)$

$\delta$  y  $\beta$  son parámetros que se determinan a partir de los datos observados:

$$\delta = \frac{1.281}{\sigma_x} \quad \beta = \bar{x} - 0.45 \cdot \sigma_x$$

Siendo:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$\bar{x}$  = Media aritmética de la serie de máximos

n = Es el tamaño de la serie de máximos

Cuando n se hace grande la distribución límite del máximo de n valores da  $X_i$  se denomina distribución de valores extremos.

Esta distribución suministra un enlace de gran valor entre los datos observados de sucesos extremos y modelos matemáticos que ayudan al ingeniero a predecir resultados futuros.

#### -Limitaciones en el Modelo de Distribución de Valores Extremos

1. Las observaciones de las cuales los valores extremos son extraídos deben ser independientes.
2. Las observaciones deben ser confiables y ser hechas bajo idénticas condiciones.
3. El número de observaciones "n" del cual los extremos son tomados debe ser largo. Lo largo que "n" debe ser depende de la distribución inicial y del grado de precisión que se investigue. Desafortunadamente no se es siempre libre en la escogencia del tamaño de la muestra.

#### - Aplicaciones

El modelo se adopta para describir fenómenos hidrológicos, tales como, el caudal máximo diario en un año o la descarga máxima anual por hora, durante una inundación, con el razona

miento de que los valores son el máximo de muchas variables aleatorias ya que este tipo de distribución ha resultado útil para describir fenómenos observados.

En la práctica se utiliza un tipo de papel especial que se denomina Papel de Probabilidad de Gumbel que tiene las abscisas en una escala tal que permite que la representación gráfica obtenida quede determinada por una recta.

#### 4.3 Distribución Probabilística Empírica

Es un método para el ajuste de los datos a la distribución de valores extremos en el que se asigna a cada valor máximo de conteo de fitoplancton la probabilidad asociada al mismo.

Consiste en situar los datos en un gráfico adecuado, llamado gráfico de Probabilidad de valores Extremos, y trazar una recta de ajuste, la cual facilita una extrapolación más allá del intervalo cubierto por los datos, aunque dicha extrapolación pueda dar lugar a un error de muestreo considerable.

El gráfico de Probabilidad de Valores Extremos tiene la ordenada lineal, que corresponde a la variable que se estudia y en la abscisa hay dos escalas que se corresponden, la escala de Tr que se ubica en la parte superior y en la inferior la escala de probabilidad de no ocurrencia. También se presenta como abscisa

la escala lineal de la variable reducida.

Los  $T_r$  de cada suceso extremo se plotean en el gráfico cuando se obtienen mediante la formula de W. Weibull

$$T_r = \frac{n + 1}{m} \quad \text{donde: } n : \text{Número de años de observación}$$

$m$  : Número de orden del término de la serie, de mayor a menor. El mayor de todos los términos de la serie se le asigna un orden  $m=1$ , al que la sigue  $m = 2$  etc.

o en su efecto, la probabilidad de excedencia asignada a cada valor, de acuerdo a la siguiente ecuación

$$P(x \geq x_0) = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{T_r}$$

Los pasos que se siguen para estimar la probabilidad que tiene un valor determinado de conteo de fitoplancton de ser igualado o excedido, a partir de una serie suficientemente larga de datos, son:

- a) Se seleccionan los conteos de fitoplancton máximos correspondientes
- b) Los datos así obtenidos se ordenan de mayor a menor. Se le asigna el número de orden 1 al valor mayor, 2 al que le sigue, 3 al siguiente, y así sucesivamente hasta agotar la serie.
- c) Se calcula el Período de Retorno o Intervalo de Recurrencia  $T_r$ , a cada uno de los valores ordenados, mediante la fórmula,

$$Tr = \frac{n + 1}{m} \text{ o también la probabilidad de ocurrencia "p" como } p = \frac{m}{n+1}$$

Aunque es preferible utilizar en el gráfico de probabilidades extremas, la escala de probabilidad de no ocurrencia y, a tal efecto, se hace una conversión de los  $Tr$  mediante la fórmula.

$$q = \left(1 - \frac{1}{Tr}\right) \cdot 100 \% \text{ pero } P = \frac{1}{Tr} \Rightarrow q = (1-p) \times 100\%$$

- d) Se plotean en el papel de probabilidades Extremas de Gumbel, cada una de los conteos de fitoplancton contra su probabilidad de no ocurrencia "q" calculada.
- e) Se traza una línea recta de ajuste a través de los puntos ploteados.
- f) Con la recta obtenida, se puede determinar para un valor de conteo de fitoplancton que se desee, la probabilidad de no ocurrencia q.
- g) Para encontrar la probabilidad "p" que tiene un valor de conteo de fitoplancton de ser igualado o excedido, se aplica la ecuación  $p = 1 - q$   
Dicha recta puede ser extrapolada si se requiere para la obtención de la probabilidad.

#### 4.4 Técnicas para determinar la forma de una distribución

##### 4.4.1 Cualitativa

###### -Histograma.

Construir un histograma o una función de Distribución Acumulativa muestral y compararlo con una distribución de probabilidad ya que se trata de una variable aleatoria discreta es una buena técnica de ajuste.

El histograma proporciona mucha más información a simple vista que los datos originales y da una visión inmediata de la amplitud de los datos, los valores de mayor frecuencia absoluta y el grado de dispersión alrededor de valores centrales.

Un histograma se origina al dibujar el número de ocurrencia (frecuencia absoluta) en cada intervalo con una barra o rectángulo siendo la base el intervalo de clase y la altura el número de casos en el intervalo.

Cuando el número de datos "n" es pequeño, la elección del punto preciso para las divisiones de los intervalos puede alterar notablemente la impresión que se tenga sobre el comportamiento de los datos y el aspecto del histograma en general, sin embargo, existe una fórmula empírica que da una guía práctica del número de intervalos "K"

$$K = 1 + 3.3 \log_{10}^n \quad \text{siendo } \underline{n} : \text{ El número de datos}$$

Para el trazado de la curva se emplea una escala de - distribución de densidad de frecuencia que se obtiene de dividir los valores de frecuencia absoluta por  $n$  y este a su vez se divide nuevamente por la longitud del intervalo.

- Papel de Probabilidad

Al representar los datos en papel de probabilidad se observa que la gráfica de la función de distribución acumulativa es de tal forma que la curva se representa mediante una línea recta, ésto se logra haciendo una transformación apropiada de la escala horizon - tal, ya que en la escala vertical se tiene la variable en estudio que sigue siendo lineal.

Con el papel de probabilidades, la comparación entre el modelo y los datos se reduce a una comparación entre el polígono de frecuencia acumuladas de los datos representados en el papel y una recta.

El inconveniente de las técnicas cualitativas es que no presentan criterios objetivos para juzgar si los datos se ajustan a la distribución supuesta.

4.4.2 Cuantitativas

- Pruebas de Kolmogorov-Smirnov

Es una prueba muy buena de usar cuando la distribución

está completamente especificada. Es decir debe conocerse el tipo de distribución y los parámetros. Para este caso, el tipo de distribución es: Tipo Gumbel y los parámetros: " $\delta$ " y " $\beta$ "

En el procedimiento Kolmogorov-Smirnov se prueba la hipótesis que FDA,  $F_n(x)$  es igual a  $F_0(x)$  o sea  $F_n(x) = F_0(x)$ .

Siendo:

$F_n(x)$  : La función de distribución acumulativa muestral

$F_0(x)$  : La función de distribución acumulativa hipotética

$F_n(x)$  Se compara con  $F_0(x)$ . La comparación entre  $F_n(x)$  y

$F_0(x)$  Se obtiene mediante el valor absoluto de la diferencia de

$F_n(x) - F_0(x)$  para cada  $x$  y se mide en términos de la máxima de esa diferencia.

El estadígrafo se prueba de Kolmogorov-Smirnov " $D_n$ " está dado por  $D_n = \max_x | F_n(x) - F_0(x) |$

Todo  $x$

Cuando la hipótesis de que  $F_n(x) = F_0(x)$ , el estadígrafo de prueba se ha tabulado como una función de dos parámetros " $\alpha$ " y " $n$ ".

Siendo:  $\alpha$  : Nivel de significancia

$n$  : Tamaño Muestral

y se representa como  $d\alpha; n$ . Los valores de  $d\alpha; n$  están agrupados en una tabla.

Para un nivel de significancia " $\alpha$ " dado si  $D_n(x) > d_{\alpha, n}$  la hipótesis de que  $F_n(x) = F_0(x)$  se rechaza y en caso contrario cuando  $d_{\alpha, n} < D_n(x)$  la hipótesis se acepta.

- Prueba Chi-Cuadrado de Bondad de Ajuste

Es aplicable para probar la hipótesis de una variable aleatoria  $x$  tiene cierto tipo de distribución sin especificar el parámetro de estas distribuciones.

Compara la frecuencia observada en un intervalo con el número esperado en aquel intervalo siempre que  $F_0(x)$  sea igual a la FDA.

Sean  $O_1, O_2, \dots, O_k$  las frecuencias observadas para cada intervalo.

Sean  $E_1, E_2, \dots, E_k$  el número esperado de observaciones que caen en cada intervalo.

Si la hipótesis de que  $F(x) = F_0(x)$  es verdadera entonces:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

La hipótesis que  $F(x) = F_0(x)$  se acepta si  $\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha, D}$ ; D Los valores de  $\chi^2_{\alpha, D}$  se encuentran en una tabla.

$\alpha$  : nivel de significancia

D : grados de libertad

El número de grados de libertad se determinan como:

D = K-1-N° de parámetros que deben estimarse de los datos.

Siendo "K" el número de intervalos  
Un valor pequeño de  $\chi^2$  se asocia con una buena concordancia entre  
valores observados y valores teóricos. En cambio un valor grande  
de  $\chi^2$  tiende a indicar discrepancia.

Una de las condiciones para el empleo de  $\chi^2$  es que el  
número de observaciones o el tamaño de muestra sea grande. Sin em-  
bargo, cuando n es un valor pequeño es factible aplicar un pequeño  
factor de corrección.

## 5.- DESCRIPCION DE TABLAS Y GRAFICOS

Partiendo de la tabla N° 1 hasta la tabla N° 12, se tienen los datos suministrados por el laboratorio de Plancton, en el cual se pueden apreciar los distintos valores de conteo de fitoplancton para un determinado número de embalses. Dichos valores son obtenidos mediante un muestreo que debe ser realizado mensualmente; éste análisis fué hecho con un registro de datos de 12 años desde 1976 y culminado en 1987.

En las tablas N° 13, 14 y 15 se presentan los datos de conteo de fitoplancton y su correspondientes valor de orden "m" para cada embalse; así como también su media aritmética " $\bar{X}$ " y su desviación estandard " $\sigma_x$ ."

En la tabla N° 16 se tienen los valores respectivos de " $\delta$ " y " $\beta$ " correspondiente a la Distribución Probabilística Teórica para los embalses analizados.

En la tabla N° 17 aparecen distintos de "Y" para un  $X_0$  dado de los distintos embalses.

En la Tabla N° 18 se tienen las diferentes probabilidades asociadas a eventos máximos predeterminados (1.000; 3.000; 6.000; 10.000; 20.000 U.S.A.) para cada embalse.

Las tablas N° 19.1 a 19.11 sirven de base para la realización de los gráficos ya que se establece una correspondencia entre

un valor específico de conteo de fitoplancton y su probabilidad de no ocurrencia. Dichas tablas facilitan la elaboración de los gráficos en el papel de Probabilidades Extremas de Gumbel.

En los gráficos N° 1 al N° 11, se presentan las rectas de mejor ajuste que definen al distribución de extremos empíricas para los once embalses. Partiendo de esta recta y de determinados valores de conteo de fitoplancton se obtiene gráficamente la probabilidad de no ocurrencia "q" y posteriormente "p" (probabilidad de un conteo mayor o igual  $x_0$ )

En el gráfico N° 12 se representan a la misma escala tres embalses de diferentes pendientes para poder apreciar gráficamente en el papel de Probabilidades Extremas las diferencias, que existen entre los tres niveles tróficos: Oligotrófico, Mesotrófico y Eutrófico.

En los gráficos N° 13 al 23, se representan los histogramas y las curvas correspondientes al tipo de distribución "Gumbel" para cada uno de los embalses. Teniendo en cuenta que para el trazado del histograma se utilizó la escala vertical izquierda, es decir, la frecuencia absoluta que es el número de valores que se encuentran en un determinado intervalo. En cambio, el trazado de la gráfica se hizo a partir de la escala vertical derecha que define la función de densidad de frecuencia que se obtiene la dividir los valores de la escala de la izquierda por "n" tamaño de la muestra y ésta a su vez se divide nuevamente por la longitud del intervalo. Por lo que

ambas escalas son equivalentes.

En las tablas 20.1 a 20.11 se representan los distintos valores de densidad de frecuencia en función de los conteos de fitoplancton, para cada uno de los embalses y servirán de ayuda para la graficación de las curvas en cada histograma.

En las tablas 21.1 a 21.11, se tienen en forma tabulada los valores de función de distribución acumulativa  $F_Y(y)$  y la probabilidad  $p=i/n$  asociada a cada conteo de fitoplancton, para luego ser determinada la máxima diferencia entre ellas; es decir, el valor de  $D_n$ . Posteriormente se hace la comparación de  $d_{\alpha, n}$  y  $D_n$ . Si resulta que  $D_n < d_{\alpha, n}$  se acepta la hipótesis;  $d_{\alpha, n}$  es un valor obtenido mediante tablas.

Las tablas 22.1 a 22.11 ilustran la prueba  $\chi^2$  de bondad de ajuste para lo cual se usaron los mismos intervalos que los histogramas. El propósito es obtener el valor  $\chi^2$  para después ser comparados con un  $\chi^2_{\alpha, D}$  obtenido mediante tablas.

Si se cumple que  $\chi^2 < \chi^2_{\alpha, D}$  se verifica la hipótesis y se acepta que la distribución hipotética supuesta se ajusta a la distribución muestral de los datos.

TABLAS DE DATOS

VALORES DE CONTEO DE FITOPLANCTON EN LOS DIFERENTES EMBALSES PARA CADA AÑO

TABLA N° 1 AÑO 1976

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sta. Rosa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tierra Blanca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumaripa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guaremal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manuelote	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
El Pao Cachinche	1051	1239	1960	1997	5132	1920	1019	7869	2385	5240	3833	5080
El Isiro	260	613	119	-	148	884	2605	684	806	251	2701	3945
Mapará	218	132	61	-	171	76	145	25	2745	120	-	773
Jabilla	-	39783	30920	148660	27200	21370	832	191	733	850	2673	290
La Mariposa	141	116	198	63	40	168	48	-	251	268	50	268

TABLA N° 2 AÑO 1977

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sta. Rosa	-	100	66	373	2080	452	-	379	-	799	7495	32838
Tierra Blanca	-	2251	236	111	158	425	773	99	204	1251	565	1520
Cumaripa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2008
Guaremal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	78
Manuelote	-	-	-	-	-	2019	-	-	-	8575	2690	824
El Pao Cachinche	7005	5955	7220	6814	9470	4039	3621	4194	4395	6040	6210	4116
El Isiro	1088	879	653	446	453	1884	754	2275	781	686	243	301
Mapará	166	170	1086	306	1141	430	53	-	281	-	-	25
Jabillaal	1343	470	6655	8485	13860	-	5610	7928	26200	-	4490	2127
La Mariposa	53	353	120	125	180	20	20	15	115	65	55	85

TABLA N° 3 AÑO 1978

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sta. Rosa	4328	-	5258	7715	9493	8425	2252	-	350	866	280	739
Tierra Blanca	653	5045	-	629	-	6023	-	1663	1632	9040	-	1717
Cumaripa	-	-	-	-	231	678	9860	22332	-	-	-	-
Guaremal	-	-	-	38	-	23	-	28	31	5	-	-
Manuelote	982	-	857	989	1364	1551	1156	612	-	437	218	163
El Pao Cachinche	12995	4646	1098	9880	9385	3127	4407	2356	2141	3015	3200	2161
El Isiro	631	170	141	720	70	148	203	51	366	78	241	40
Mapará	105	148	193	-	115	58	28	63	286	293	356	666
Jabilla	-	3332	3682	6050	-	-	-	2198	359	680	459	3202
La Mariposa	98	133	-	-	20	5	63	108	70	125	45	30

TABLA N° 4 AÑO 1979

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	3051	-	-	1534	164	-	-	-	885	-	-	-
Sta. Rosa	-	-	5943	8175	491	-	380	-	196	192	428	1708
Tierra Blanca	-	-	-	6310	9895	287	437	302	22	559	1458	1407
Cumaripa	-	455	325	-	1455	972	928	1222	317	397	587	-
Guaremal	-	-	191	-	297	58	31	227	297	95	153	-
Manuelote	182	419	294	-	596	1090	1423	1454	2270	2134	895	697
El Pao Cachinche	3584	-	1690	1028	2857	1111	848	805	1038	3375	7025	4650
Isiro	203	85	119	181	167	132	130	62	182	30	111	10
Mapará	38	51	0	27	289	66	109	93	135	90	82	112
Jabillal	-	-	2645	2145	4571	3030	743	-	561	352	764	-
La Mariposa	-	-	3444	449	-	-	267	-	-	-	-	-

TABLA N° 5 AÑO 1980

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	-	-	-	-	600	-	120	-	3219	-	-
Sta. Rosa	-	3140	13750	-	21500	11100	9460	10882	5110	-	13070	-
Tierra Blanca	-	545	635	2381	1337	250	1429	2363	1310	1945	369	-
Cumaripa	-	885	707	638	1657	850	-	9195	4873	1760	-	-
Guaremal	-	133	113	115	-	373	28	-	114	44	-	-
Manuelote	1038	949	903	924	1310	2943	1111	2031	3097	3155	2185	-
El Pao Cachinche	-	9170	4045	2651	2058	3186	1026	4353	4324	6725	5756	14364
El Isiro	290	292	-	-	233	0	225	255	-	-	150	-
Mapará	100	48	71	0	49	48	60	55	43	0	20	-
Jabillal	452	691	420	155	-	320	265	298	618	220	7069	-
La Mariposa	65	5247	-	275	120	10	-	-	-	200	10	-

TABLA N° 6 AÑO 1981

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	-	-	559	676	16	112	-	10	38	30	-
Sta. Rosa	-	10800	11015	18450	-	50500	12254	9525	11455	DT. 679	2220	4470
Tierra Blanca	-	1592	3253	1932	2554	1820	752	401	592	402	974	153
Cumaripa	754	1361	1504	-	2083	-	-	-	449	461	788	344
Guaremal	85	70	45	67	209	550	0	40	22	-	42	-
Manuelote	1050	1274	789	674	3168	1679	3004	3257	2899	768	693	1186
El Pao Cachinche	21965	9695	14440	5855	801	1163	1368	3994	5567	3668	7665	10445
El Isiro	-	255	1038	305	243	134	490	-	-	108	147	41
Mapará	205	13	15	-	-	121	263	119	54	-	26	-
Jabilla	-	355	145	312	-	457	-	446	274	1708	280	455
La Mariposa	302	-	102	38	150	147	46	-	-	5	62	-

TABLA N° 7 AÑO 1982

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	-	511	-	-	-	-	-	-	170	100	88	-
Sta. Rosa	8055	14975	7429	-	-	-	-	39590	15114	18052	11117	11455
Tierra Blanca	165	320	1990	-	-	843	825	427	894	313	1262	700
Cumaripa	259	296	948	222	616	7364	462	2297	256	852	703	-
Guaremal	-	-	555	-	205	15	-	55	938	-	-	-
Manuelote	1203	1980	1146	1281	1159	2295	-	-	1861	2141	1509	3741
El Pao Cachinche	18985	16126	27770	389	9063	1422	7012	1913	4369	4350	2135	5115
El Isiro	286	98	158	138	107	-	191	223	-	85	98	136
Mapará	-	-	55	-	83	-	-	0	-	68	-	-
Jabillal	372	398	95	636	4261	218	377	678	-	-	-	-
La Mariposa	560	5988	135	2168	420	127	1192	2490	857	660	1850	-

TABLA N° 8 AÑO 1983

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	72	7889	7627	-	-	2377	-	3401	2831	1166	1146	70
Sta. Rosa	-	-	-	13842	8496	10209	-	10383	-	12385	-	-
Tierra Blanca	320	144	65	224	-	-	1094	2312	1969	1291	453	-
Cumaripa	-	-	380	361	2077	25227	-	2596	-	507	714	129
Guaremal	-	-	40	0	0	-	55	85	0	-	5	-
Manuelote	1848	3700	911	1016	1389	2978	4195	5732	1502	2020	1587	1187
El Pao Cachinche	6988	1639	1943	1088	1309	842	7318	3309	-	1305	5900	4334
El Isiro	79	-	117	-	267	-	188	413	-	-	79	182
Mapará	-	-	-	73	-	-	35	94	70	-	8	20
Jabillaí	-	184	142	48	30	-	287	100	319	835	-	134
La Mariposa	178	536	-	3873	-	5432	3563	-	2208	-	199	-

TABLA N° 9 AÑO 1984

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	1137	886	-	1055	275	-	4907	-	-	-	1516	-
Sta. Rosa	-	-	6235	2890	9331	8770	7259	7255	11323	4494	3247	1259
Tierra Blanca	-	363	-	271	415	448	-	1104	-	-	540	630
Cumaripa	-	238	486	242	219	274	360	-	157	473	128	181
Guaremal	-	38	87	-	88	35	12	10	131	22	-	-
Manuelote	1388	804	1239	521	879	799	954	1552	1065	906	4256	9953
El Pao Cachinche	4779	3928	D.T.509	-	6360	6411	2933	3336	1050	1353	1375	592
El Isiro	54	84	100	44	149	111	152	260	104	5	58	38
Mapará	32	0	0	2	149	331	0	45	86	31	0	8
Jabillaal	103	-	-	24	117	56	27	117	197	130	75	-
La Mariposa	2961	3623	8570	5699	5833	-	-	-	11949	672	160	-

TABLA N° 10 AÑO 1985

Mezes Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	1250	-	791	-	821	374	2595	-	2342	2576	1434	-
Sta. Rosa	-	2177	4021	5227	6183	12257	5780	52	4568	23450	8945	-
Tierra Blanca	-	416	250	1264	76	207	1030	575	402	989	911	536
Cumaripa	-	74	205	31	154	5698	273	55	241	552	-	346
Guaremal	-	54	27	45	98	77	32	127	157	75	743	-
Manuelote	1054	869	649	444	474	-	991	-	3115	4123	1240	-
El Pao Cachinche	746	272	494	148	-	911	240	1375	-	480	704	-
El Isiro	67	18	189	8	13	44	40	45	143	-	164	95
Mapará	32	10	0	0	247	677	50	10	51	30	-	-
Jabillal	-	1900	-	-	-	-	1042	-	509	-	-	-
La Mariposa	3306	1129	1660	151	777	-	688	199	772	835	157	-

TABLA N° 11 AÑO 19 86

Meses Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	1912	330	0	3267	2314	1560	7181	3424	787	4962	1384	1631
Sta. Rosa	-	1639	-	9100	5971	-	13674	13920	5668	5103	3313	1578
Tierra Blanca	211	-	527	98	-	902	1576	-	624	328	1713	-
Cumaripa	-	-	81	461	272	843	5329	617	-	331	353	364
Guaremal	-	-	102	294	-	166	-	-	-	100	88	-
Manuelote	594	1301	-	-	-	-	-	1167	-	2086	-	-
El Pao Cachinche	282	367	227	627	807	1891	2100	-	-	939	-	958
El Isiro	135	267	99	59	75	144	-	161	160	-	267	-
Mapará	47	24	90	228	100	92	55	35	-	10	38	-
Jabillal	-	-	186	1681	290	62	-	1072	233	-	1059	-
La Mariposa	-	55	224	432	-	89	49	75	3977	2796	1482	-

TABLA N° 12 AÑO 1987

Embalses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem.	octubre	Noviembre	Diciembre
Camatagua	5045	15707	9894	642	288	506	2513	3041	420	5623	-	-
Sta. Rosa	1096	5179	10727	22152	12122	20376	23164	12464	5688	6367	-	-
Tierra Blanca	1791	2635	1445	989	2487	487	774	1369	573	-	-	-
Cumaripa	171	174	258	1830	2528	1956	948	2228	3582	2172	-	-
Guaremal	-	142	-	-	45	168	-	-	76	50	-	-
Manuelote	-	-	1144	1296	1675	6931	-	-	6105	-	-	-
El Pao Cachinche	2078	465	-	1272	966	-	-	11127	4814	6074	-	-
El Isiro	-	271	-	223	118	283	172	107	-	-	-	-
Mapará	-	45	10	15	0	136	121	652	-	-	-	-
Jabillal	-	-	-	-	-	-	-	587	157	-	-	-
La Mariposa	8450	23944	4109	473	4861	2208	2991	296	307	5401	-	-

MODELO DE CALCULOEmbalse CamataguaMedia Aritmética.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{3.051+3219+676+511+7.889+4.907+2.595+7.181+15.707}{9} =$$

$$\bar{x} = 5.081,8$$

Desviación Estandar:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{9}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{N}}{9}} = 411714.264 =$$

$$\frac{(45.736)^2}{9} = 179.294.075,6$$

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{179.294.075,6}{9-1}}$$

$$\sigma_x = 4.734,1$$

Parámetros de la Distribución de Gumbel

$$\delta = \frac{1,281}{\sigma_x} = \frac{1.281}{4.734,1} = 2,71 \times 10^{-4}$$

$$\beta = \bar{x} - 0,45 \cdot \sigma_x = 5.081,8 - (0,45 \times 4.734,1) = 2951,46$$

Probabilidades de Excedencia para distintos valores de Conteo de Fito-plancton para  $X_0 = 1000$  U.S.A.

$$y = \delta (X_0 - \beta) = 2,71 \cdot 10^{-4} (1000 - 2951,46) = -0,53$$

$$P(X \geq X_0) = 1 - e^{-e^{-y}} = P(X \geq 1000) = 1 - e^{-e^{-(-0,53)}} = 0,82 = 82\%$$

Para  $X_0 = 3000$  U.S.A

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (3000 - 2951,46) = 0,013$$

$$P (X \geq 3000) = 1 - e^{-e^{-0,013}} = 0,63 = 63\%$$

Para  $X_0 = 6000$  U.S.A.

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (6000 - 2951,46) = 0,83$$

$$P (X \geq 6000) = 1 - e^{-e^{-0,83}} = 0,35 = 35\%$$

Para  $X_0 = 10.000$  U.S.A

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (10000 - 2951,46) = 1,91$$

$$P (X \geq 10.000) = 1 - e^{-e^{-1,91}} = 0,14 = 14\%$$

Para  $X_0 = 20.000$  U.S.A.

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (20.000 - 2.951,46) = 4,62$$

$$P (X \geq 20.000) = 1 - e^{-e^{-4,62}} = 0,01 = 1\%$$

Según la tabla de clasificación de embalses adoptada, Camatagua quedó en la categoría tipo B.

Ya que  $p (X \geq 6.000) = 35\%$  y en la tabla los valores de probabilidad oscilan entre 25% y 50%.

Y para  $p (X \geq 20.000) = 1\%$  y en la tabla los valores de probabilidad oscilan entre 1% y 10%.

### HISTOGRAMA

Formula empírica que dá el número de intervalos.

$$K = 1 + 3,3 \log_{10} n$$

$$n = \text{número de Datos} = 9$$

$$K = 1 + 3,3 \log 9$$

$$K = 4,15 \approx 5$$

Longitud de Intervalo

$$\frac{16.000}{5} = 3.200$$

Escala de Densidad de Frecuencia

$$\frac{\text{Frecuencia Absoluta}}{\text{Nº de Datos} \times \text{Longitud de Intervalo}}$$

$$\text{Para Frecuencia Absoluta} = 1$$

$$\frac{1}{9 \times 3.200} = 3,47 \times 10^{-5}$$

Densidad de Frecuencia para distintos valores de conteo de Fitoplanc-  
ton.

$$\text{Para } X_0 = 9.600 \text{ U.S.A}$$

$$Y = 2,71 \times 10^{-4} \times (9600 - 2951,46) = 1,80$$

Se busca en la tabla de valores de Distribución de Valor Ex -  
tremo la función de distribución de probabilidad para  $Y=1,80$  que es

0,1401 y finalmente la función de densidad de frecuencia  $f_y(y) =$   
 $\int x \cdot 0,1401 \dots = 2,71 \times 10^{-4} \cdot 0,1401 = 3,80 \times 10^{-5}$

En el histograma se plotea el punto (9,600;  $3,80 \times 10^{-5}$ ).

Se repite el mismo procedimiento para distintos conteos de fitoplancton para luego trazar la gráfica.

Resumiendo estos cálculos en un tabla:

$i$	$X_0$	$Y = \delta \cdot (X_0 - \beta)$	$FDA = e^{-e^{-y}}$	$P = \sum_{i=1}^n i/n$
1	511	-0,66	0,14450	0,1111
2	676	-0,62	0,15591	0,2222
3	2595	-0,10	0,33115	0,3333
4	3051	0,03	0,37889	0,4444
5	3219	0,07	0,39358	0,5555
6	4907	0,53	0,55495	0,6667
7	7181	1,15	0,72840	0,7778
8	7889	1,34	0,76944	0,8889
9	15707	3,46	0,96902	1

nos queda que  $D_n = (P - FDA) = |0,5555 - 0,39358| = 0,16192$

como  $0,162 < 0,432$  se acepta la hipótesis y los valores experimentales se ajustan a la distribución teórica de Gumbel.

PRUEBA DE KOLMOGOROV SMIRNOV

Para cada valor de conteo de fitoplancton se determina su función de distribución acumulada y su probabilidad  $p = \frac{i}{n}$  asociada, ejemplo:

$$X_0 = 511 \text{ el valor más pequeño le corresponde } i=1 \text{ por consiguiente}$$
$$p = \frac{1}{9} = 0,1111$$

Por otra parte la función de Distribución acumulada "FDA" es:  $FDA = e^{-e^{-y}}$

$$Y = \delta \cdot (X_0 - \beta)$$

$$Y = 2,71 \times 10^{-4} \times (511 - 2951,46) = -0,66$$

$$FDA = e^{-e^{-(-0,66)}} = 0,14445$$

Se repite el procedimiento para todos los conteos y se efectúa la diferencia en valor absoluto entre p y FDA; de todas estas diferencias se toma la mayor que da el valor de Dn. Posteriormente se compara con  $d\alpha; n$ , que se obtiene mediante una tabla, para este caso  $d\alpha; n = d \ 0,05; 9 = 0,432$

### PRUEBA $\chi^2$ DE BONDAD DE AJUSTE

Se debe ordenar el cálculo en forma de tabla, en una columna se coloca el conteo de fitoplancton, la otra el intervalo en estudio, la siguiente, con la frecuencia observada. Luego se determina la frecuencia esperada en cada intervalo y finalmente la sumatoria de la diferencia al cuadrado normalizada.

Los intervalos se tomaron según los histograma. Ejemplo

<u>Conteo de Fitoplancton</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Frecuencia Observada</u> ( $O_i$ )
511	$-\infty$	
676	↕	4
2595	↕	
3051	↕	
3219	3200	2
4907	↕	
7181	6400	2
7889	↕	
	9600	0
	↕	
15707	12800	1
	↕	
	$+\infty$	

Frecuencia Esperada  $E_i$

$$E_i = n \cdot p$$

Para  $\lambda_0 = 3200$  U.S.A.

$$Y = \delta \cdot (x_0 - \beta)$$

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (3200 - 2951,46) = 0,07$$

$$FDA = e^{-e^{-0,07}} = 0,392$$

$$FDA = p = 0,392$$

$$E_i = 9 \cdot 0,392 = 3,54 \quad \text{para el intervalo } (-\infty, 3200)$$

Para  $X_0 = 6400$  U.S.A.

$$Y = \delta \cdot (X_0 - \beta)$$

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} \cdot (6400 - 2951,46) = 0,93$$

$$FDA = e^{-e^{-0,93}} = 0,67$$

$$E_i = 9 \cdot (0,67 - 0,39) = 2,52 \quad \text{Para el intervalo } (3200, 6400)$$

Para  $X_0 = 9600$  U.S.A.

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (9600 - 2951,46)$$

$$Y = 1,80$$

$$FDA = e^{-e^{-1,80}} = 0,845$$

$$E_i = 9(0,845 - 0,67) = 1,57 \quad \text{Para el intervalo } (6400, 9600)$$

Para  $X_0 = 12800$  U.S.A

$$Y = 2,71 \cdot 10^{-4} (12800 - 2951,46) = 2,67$$

$$Y = 2,67$$

$$FDA = e^{-e^{-2,67}} = 0,933$$

$$E_i = 9 \cdot (0,933 - 0,845) = 0,77 \quad \text{Para el intervalo } (9600; 12800)$$

Finalmente el intervalo  $(12800, \infty)$   $E_i = 9 \cdot (1 - 0,933) = 0,60$

Desviación al cuadrado normalizado

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^K \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} = \frac{(4 - 3,54)^2}{3,54} + \frac{(2 - 2,52)^2}{2,52} + \frac{(2 - 1,57)^2}{1,57} + \frac{(0 - 0,77)^2}{0,77} + \frac{(1 - 0,60)^2}{0,60}$$

$$\chi^2 = 1,322$$

$$\chi^2_{\alpha; D}$$

$\alpha$  = 5% Nivel de significancia

D = K-1- N° de parámetro estimados a partir de los datos ( $\delta, \beta$ )

$$D = 5-1-2$$

$$D = 2$$

$\chi^2_{0,05; 2} = 5,991$  según tabla

Camo  $1,322 < 5,991$  se acepta la hipótesis.

TABLA DE RESULTADOS

TABLA N° 13

AÑO	MAXIMO VALOR DE CONTEO DE FITOPLANKTON EN EL AÑO (USA)			
	Camatagua	m	m	m
1976	-			
1977	-			
1978	-			
1979	3.051	6	1	0,10
1980	3.219	5	2	0,20
1981	676	8	3	0,30
1982	511	9	4	0,40
1983	7.889	2	5	0,50
1984	4.907	4	6	0,60
1985	2.595	7	7	0,70
1986	7.181	3	8	0,80
1987	15.707	1	9	0,90
$\bar{X}$	5.081,8			
$\sigma_X$	4.734,1			

MAXIMO VALOR DE CONTEO DE FITOPLANKTON EN EL AÑO (USA)

Camatagua

m

m

$$P = \frac{m}{n + 1}$$

$$q = 1 - p$$

AÑO

1976

1977

1978

1979

1980

1981

1982

1983

1984

1985

1986

1987

$\bar{X}$

$\sigma_X$

0,90

0,80

0,70

0,60

0,50

0,40

0,30

0,20

0,10

1

2

3

4

5

6

7

8

9

6

5

8

9

2

4

7

3

1

5.081,8

4.734,1

TABLA NO 14

AÑO	MAXIMO VALOR DE CONTEO DE FITOPLANCTON EN EL AÑO (USA)												
	Santa Rosa	m	Tierra Blanca	m	Cumaripa	m	Guarema	m	Manuelote (Socuy)	m	m	$p = \frac{m}{n+1}$	$q = 1-p$
1976	-		-		-		-		-				
1977	32838	3	2251	7	2008	9	78	10	8575	2	1	0,0833	0,9167
1978	9493	10	9040	2	22332	2	38	11	1551	11	2	0,1667	0,8333
1979	8175	11	9895	1	1455	10	297	5	2270	9	3	0,2500	0,7500
1980	21500	6	2381	5	9195	3	373	4	3155	8	4	0,3333	0,6667
1981	50500	1	3253	3	2083	8	550	3	3257	7	5	0,4167	0,5833
1982	39590	2	1990	8	7364	4	938	1	3741	6	6	0,5000	0,5000
1983	13842	8	2312	6	25227	1	85	9	5732	4	7	0,5833	0,4167
1984	11323	9	1104	11	486	11	131	8	9953	1	8	0,6667	0,3333
1985	23450	4	1264	10	5698	5	743	2	4123	5	9	0,7500	0,2500
1986	13920	7	1713	9	5329	6	294	6	2086	10	10	0,8333	0,1667
1987	23164	5	2635	4	3582	7	168	7	6931	3	11	0,9167	0,0833
$\bar{X}$	22526,8		3439,8		7705,4		335,9		4670,4				
$\sigma_x$	13539,4		3046,2		8397,7		294,5		2775,2				

TABLA NO 15

AÑO	MAXIMO VALOR DE CONTEO DE FITOPLANCTON EN EL AÑO (USA)												
	El Pao Cachinche	m	El Isiro	m	Mapará	m	Jabillal	m	La Mariposa	m	m	$p = \frac{m}{n+1}$	$q = 1-p$
1976	7869	7	3945	1	2745	1	148660	1	268	11	1	0,0769	0,9231
1977	9470	6	2275	2	1141	2	26200	2	353	9	2	0,1538	0,8462
1978	12995	4	720	4	666	4	6050	4	133	12	3	0,2308	0,7692
1979	7025	9	203	11	289	7	4571	5	3444	7	4	0,3077	0,6923
1980	14364	3	292	6	100	10	7069	3	5247	5	5	0,3846	0,6154
1981	21965	2	1038	3	263	8	1708	8	302	10	6	0,4615	0,5385
1982	27770	1	286	7	83	12	4261	6	5988	3	7	0,5385	0,4615
1983	7318	8	413	5	94	11	835	10	5432	4	8	0,6154	0,3846
1984	6411	10	260	10	331	6	197	12	11949	2	9	0,6923	0,3077
1985	1375	12	189	12	677	3	1900	7	3306	8	10	0,7692	0,2308
1986	2100	11	267	9	228	9	1681	9	3977	6	11	0,8462	0,1538
1987	11127	5	283	8	652	5	587	11	23944	1	12	0,9231	0,0769
$\bar{X}$	10815,8		847,6		605,8		16976,6		5361,9				
$\sigma_x$	7691,7		1142,1		744,7		42064,7		6761,5				

TABLA N° 16 VALORES DE  $\bar{X}$ ,  $\sqrt{X}$ ,  $S$ ,  $\phi$ 

Embalse	$\bar{X}$	$\sqrt{X}$	$S$	$\phi$
Camatagua	5.081,8	4.734,1	$2,71 \cdot 10^{-4}$	2.951,46
Sta. Rosa	22.526,8	13.539,4	$9,46 \cdot 10^{-5}$	16.434,07
Tierra Blanca	3.439,8	3.046,2	$4,20 \cdot 10^{-4}$	2.069,01
Cumaripa	7.705,4	8.397,7	$1,52 \cdot 10^{-4}$	3.926,44
Guaremal	335,9	294,5	$4,35 \cdot 10^{-3}$	203,38
Manuelote	4.670,4	2.775,2	$4,62 \cdot 10^{-4}$	3.421,56
El Pao Cachinche	10.815,8	7.691,7	$1,67 \cdot 10^{-4}$	7.354,54
El Isiro	847,6	1.142,1	$1,12 \cdot 10^{-3}$	333,66
Mapará	605,8	744,7	$1,72 \cdot 10^{-3}$	270,69
Jabilla	16.976,6	42.064,7	$3,05 \cdot 10^{-5}$	-1.952,52
La Mariposa	5.361,9	6.761,5	$1,89 \cdot 10^{-4}$	2.319,23

TABLA N° 17 VALORES DE Y  $Y = \delta \cdot (X_0 - \beta)$

Xo	1.000	3.000	6.000	10.000	20.000
Embalse					
Camatagua	- 0,53	0,01	0,83	1,91	4,62
Sta. Rosa	- 1,46	-1,27	-0,99	-0,61	0,34
Tierra Blanca	- 0,45	0,39	1,65	3,33	7,53
Cumaripa	- 0,44	- 0,14	0,32	0,92	2,44
Guaremal	3,47	12,17	25,22	42,62	86,12
Manuelote	- 1,12	-0,19	1,19	3,04	7,66
El Pao	- 1,06	-0,73	-0,23	0,44	2,11
El Isiro	0,75	2,99	6,35	10,83	22,03
Mapará	1,25	4,69	9,85	16,73	33,93
Jabillal	0,09	0,15	0,24	0,36	0,67
Mariposa	- 0,25	0,13	0,70	1,45	3,34

TABLA N: 18 PROBABILIDAD DE UN CONTEO MAYOR O IGUAL A X<sub>0</sub>

X <sub>0</sub>	1.000	3.000	6.000	10.000	20.000
Embalise					
Camatagua	82%	63%	35%	14%	1%
Sta. Rosa	99%	97%	93%	84%	51%
Tierra Blanca	79%	49%	17%	4%	0%
Cumaripa	79%	68%	52%	33%	8%
Guaremal	3%	0%	0%	0%	0%
Manuelote	95%	70%	26%	5%	0%
El Pao	94%	87%	71%	47%	11%
Cachinche					
El Isiro	38%	5%	0%	0%	0%
Mapará	25%	1%	0%	0%	0%
Jabilla	60%	58%	54%	50%	40%
Mariposa	72%	58%	39%	21%	3%

TABLA N° 19 VALORES DE CONTEO DE FITOPLANCTON EN FUNCION DE LAS PROBABILIDADES DE NO OCURRENCIA

19.1 Camatagua

Concepto de Fitoplancton	q = 1-p q (%)
511	10
676	20
2.595	30
3.051	40
3.219	50
4.907	60
7.181	70
7.889	80
15.707	90

19.2 Santa Rosa

Conteo de Fitoplancton	q = 1-p q (%)
8.175	8,33
9.493	16,67
11.323	25,00
13.842	33,33
13.920	41,67
21.500	50,00
23.164	58,33
23.450	66,67
32.838	75,00
39.590	83,33
50.500	91,67

19.3 Tierra Blanca

Conteo de Fitoplancton	q = 1-p q (%)
1.104	8,33
1.264	16,67
1.713	25,00
1.990	33,33
2.251	41,67
2.312	50,00
2.381	58,33
2.635	66,67
3.253	75,00
9.040	83,33
9.895	91,67

19,4 Cumaripa

Conteo de Fi- toplanton	q= l-p q (%)
486	8,33
1.455	16,67
2.008	25,00
2.083	33,33
3.582	41,67
5.329	50,00
5.698	58,33
7.364	66,67
9.195	75,00
22.332	83,33
25.227	91,67

19,5 Guarema1

Conteo de Fi- toplanton	q= l-p q (%)
38	8,33
78	16,67
85	25,00
131	33,33
168	41,67
294	50,00
297	58,33
373	66,67
550	75,00
743	83,33
938	91,67

19,6 Manuelote

Conteo de Fi- toplanton	q= l-p q (%)
1.551	8,33
2.086	16,67
2.270	25,00
3.155	33,33
3.257	41,67
3.741	50,00
4.123	58,33
5.732	66,67
6.931	75,00
8.575	83,33
9.953	91,67

19.7 El Pao Cachinche

Conteo de Fi- toplanton	q = 1-p q (%)
1.375	7,69
2.100	15,38
6.411	23,08
7.025	30,77
7.318	38,46
7.869	46,15
9.470	53,85
11.127	61,54
12.995	69,23
14.364	76,92
21.965	84,62
27.770	92,31

19.8 El Isiro

Conteo de Fi- toplanton	q = 1-p q (%)
189	7,69
203	15,38
260	23,08
267	30,77
283	38,46
286	46,15
292	53,85
413	61,54
720	69,23
1.038	76,92
2.275	84,62
3.945	92,31

19.9 Mapará

Conteo de Fi- toplanton	q = 1-p q (%)
83	7,69
94	15,38
100	23,08
228	30,77
263	38,46
289	46,15
331	53,85
652	61,54
666	69,23
677	76,92
1.141	84,62
2.745	92,31

19,10 Jabillal

Conteo de Fi- toplancton	q = 1-p q (%)
197	7,69
587	15,38
835	23,08
1.681	30,77
1.708	38,46
1.900	46,15
4.261	53,85
4.571	61,54
6.050	69,23
7.069	76,92
26.200	84,62
148.660	92,31

19,11 La Mariposa

Conteo de Fi- toplancton	q = 1-p q (%)
133	7,69
268	15,38
302	23,08
353	30,77
3.306	38,46
3.444	46,15
3.977	53,85
5.247	61,54
5.432	69,23
5.988	76,92
11.949	84,62
23.944	92,31

## VALORES DE DENSIDAD DE FRECUENCIA EN FUNCION DE CONTEO DE FITOPLANCTO

TABLA No 20.1 Embalse Camatagua

$\alpha = 2,71 \cdot 10^{-4}$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
511	-0,66	0,279424	$7,57 \cdot 10^{-5}$
676	-0,62	0,289592	$7,85 \cdot 10^{-5}$
2595	-0,10	0,365980	$9,92 \cdot 10^{-5}$
3051	0,03	0,367339	$9,95 \cdot 10^{-5}$
3219	0,07	0,366631	$9,94 \cdot 10^{-5}$
4907	0,53	0,326593	$8,85 \cdot 10^{-5}$
7181	1,15	0,230740	$6,25 \cdot 10^{-5}$
7889	1,34	0,201586	$5,46 \cdot 10^{-5}$
15707	3,46	0,030482	$0,83 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.2 Embalse Santa Rosa

$\alpha = 9,46 \cdot 10^{-5}$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
8175	-0,78	0,246170	$2,33 \cdot 10^{-5}$
9493	-0,66	0,279424	$2,64 \cdot 10^{-5}$
11323	-0,48	0,320776	$3,03 \cdot 10^{-5}$
13842	-0,24	0,356472	$3,37 \cdot 10^{-5}$
13920	-0,238	0,3566524	$3,374 \cdot 10^{-5}$
21500	0,48	0,333138	$3,15 \cdot 10^{-5}$
23164	0,64	0,311094	$2,94 \cdot 10^{-5}$
23450	0,66	0,308136	$2,91 \cdot 10^{-5}$
32838	1,55	0,171740	$1,62 \cdot 10^{-5}$
39590	2,19	0,100096	$0,95 \cdot 10^{-5}$
50500	3,22	0,038412	$0,36 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.3 Embalse Tierra Blanca

$\alpha = 4,20 \cdot 10^{-4}$

Y	w	$f_w(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_w(w)$
1104	-0,40	0,335600	$1,41 \cdot 10^{-4}$
1264	-0,34	0,344652	$1,45 \cdot 10^{-4}$
1713	-0,15	0,363550	$1,53 \cdot 10^{-4}$
1990	-0,03	0,367594	$1,54 \cdot 10^{-4}$
2251	0,08	0,366454	$1,54 \cdot 10^{-4}$
2312	0,10	0,366100	$1,54 \cdot 10^{-4}$
2381	0,13	0,364585	$1,53 \cdot 10^{-4}$
2635	0,24	0,357894	$1,50 \cdot 10^{-4}$
3253	0,50	0,330700	$1,39 \cdot 10^{-4}$
9040	2,93	0,050657	$0,21 \cdot 10^{-4}$
9895	3,29	0,035899	$0,15 \cdot 10^{-4}$

TABLA No 20.4 Embalse Cumaripa

$\alpha = 1,52 \cdot 10^{-4}$

Y	w	$f_w(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_w(w)$
486	-0,52	0,312736	$4,75 \cdot 10^{-5}$
1455	-0,38	0,338688	$5,15 \cdot 10^{-5}$
2008	-0,29	0,351098	$5,34 \cdot 10^{-5}$
2083	-0,28	0,352216	$5,35 \cdot 10^{-5}$
3582	-0,05	0,367410	$5,58 \cdot 10^{-5}$
5329	0,21	0,360261	$5,48 \cdot 10^{-5}$
5698	0,27	0,355527	$5,40 \cdot 10^{-5}$
7364	0,52	0,327962	$4,99 \cdot 10^{-5}$
9195	0,80	0,286690	$4,36 \cdot 10^{-5}$
22332	2,80	0,057220	$0,87 \cdot 10^{-5}$
25227	3,24	0,037694	$0,57 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.5 Embalse Guaremal

$\alpha = 4,35 \cdot 10^{-3}$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
38	-0,72	0,263228	$11,45 \cdot 10^{-4}$
78	-0,54	0,308432	$13,42 \cdot 10^{-4}$
85	-0,51	0,314888	$13,70 \cdot 10^{-4}$
131	-0,31	0,348648	$15,17 \cdot 10^{-4}$
168	-0,15	0,363550	$15,81 \cdot 10^{-4}$
294	0,39	0,343917	$14,96 \cdot 10^{-4}$
297	0,41	0,341671	$14,86 \cdot 10^{-4}$
373	0,74	0,296008	$12,88 \cdot 10^{-4}$
550	1,51	0,177148	$7,71 \cdot 10^{-4}$
743	2,35	0,086770	$3,77 \cdot 10^{-4}$
938	3,20	0,039130	$1,70 \cdot 10^{-4}$

TABLA No 20.6 Embalse Manuelote (Socuy)  $\alpha = 4,62 \cdot 10^{-4}$ 

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
1551	-0,86	0,222402	$10,28 \cdot 10^{-5}$
2086	-0,62	0,289592	$13,38 \cdot 10^{-5}$
2270	-0,53	0,310584	$14,35 \cdot 10^{-5}$
3155	-0,12	0,365008	$16,86 \cdot 10^{-5}$
3257	-0,08	0,366552	$16,93 \cdot 10^{-5}$
3741	0,15	0,363575	$16,80 \cdot 10^{-5}$
4123	0,32	0,351106	$16,22 \cdot 10^{-5}$
5732	1,07	0,243426	$11,25 \cdot 10^{-5}$
6931	1,62	0,162420	$7,50 \cdot 10^{-5}$
8575	2,38	0,084418	$3,90 \cdot 10^{-5}$
9953	3,02	0,046500	$2,15 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.7 Embalse Pao Cachinche

$\alpha = 1,67 \cdot 10^{-4}$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
1375	-1,00	0,179370	$2,99 \cdot 10^{-5}$
2100	-0,88	0,216306	$3,61 \cdot 10^{-5}$
6411	-0,16	0,362856	$6,06 \cdot 10^{-5}$
7025	-0,06	0,367124	$6,13 \cdot 10^{-5}$
7318	-0,01	0,367778	$6,14 \cdot 10^{-5}$
7869	0,09	0,366277	$6,12 \cdot 10^{-5}$
9470	0,35	0,348025	$5,81 \cdot 10^{-5}$
11127	0,63	0,312573	$5,22 \cdot 10^{-5}$
12995	0,94	0,264300	$4,41 \cdot 10^{-5}$
14364	1,17	0,227588	$3,80 \cdot 10^{-5}$
21965	2,44	0,079954	$1,33 \cdot 10^{-5}$
27770	3,41	0,031972	$0,53 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.8 Embalse El Isiro

$\alpha = 1,12 \cdot 10^{-3}$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
189	-0,16	0,362856	$4,06 \cdot 10^{-4}$
203	-0,15	0,363550	$4,07 \cdot 10^{-4}$
260	-0,08	0,366552	$4,10 \cdot 10^{-4}$
267	-0,07	0,366838	$4,11 \cdot 10^{-4}$
283	-0,06	0,367124	$4,11 \cdot 10^{-4}$
286	-0,05	0,367410	$4,11 \cdot 10^{-4}$
292	-0,046	0,367447	$4,12 \cdot 10^{-4}$
413	0,09	0,366277	$4,10 \cdot 10^{-4}$
720	0,43	0,339233	$3,80 \cdot 10^{-4}$
1038	0,79	0,288243	$3,23 \cdot 10^{-4}$
2275	2,17	0,101928	$1,14 \cdot 10^{-4}$
3945	4,04	0,017338	$0,19 \cdot 10^{-4}$

TABLA No 20.9 Embalse Mapará

$$\alpha = 1,72 \cdot 10^{-3}$$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
83	-0,32	0,347316	$0,60 \cdot 10^{-3}$
94	-0,30	0,349980	$0,60 \cdot 10^{-3}$
100	-0,29	0,351098	$0,60 \cdot 10^{-3}$
228	-0,07	0,366838	$0,63 \cdot 10^{-3}$
263	-0,01	0,367778	$0,63 \cdot 10^{-3}$
289	0,03	0,367339	$0,63 \cdot 10^{-3}$
331	0,10	0,366100	$0,63 \cdot 10^{-3}$
652	0,66	0,308136	$0,53 \cdot 10^{-3}$
666	0,68	0,305178	$0,52 \cdot 10^{-3}$
677	0,70	0,302220	$0,52 \cdot 10^{-3}$
1141	1,50	0,178500	$0,31 \cdot 10^{-3}$
2745	4,26	0,013975	$0,02 \cdot 10^{-3}$

TABLA No 20.10 Embalse Jabillal

$$\alpha = 3,05 \cdot 10^{-5}$$

Y	w	$f_W(w)$	$f_Y(y) = \alpha f_W(w)$
197	0,06	0,366808	$1,12 \cdot 10^{-5}$
587	0,08	0,366454	$1,12 \cdot 10^{-5}$
835	0,085	0,3663655	$1,12 \cdot 10^{-5}$
1681	0,11	0,365595	$1,12 \cdot 10^{-5}$
1708	0,11	0,365595	$1,12 \cdot 10^{-5}$
1900	0,12	0,365090	$1,11 \cdot 10^{-5}$
4261	0,19	0,361555	$1,10 \cdot 10^{-5}$
4571	0,20	0,361050	$1,10 \cdot 10^{-5}$
6050	0,24	0,357894	$1,09 \cdot 10^{-5}$
7069	0,27	0,355527	$1,08 \cdot 10^{-5}$
26200	0,86	0,277120	$0,85 \cdot 10^{-5}$
148660	4,59	0,0100585	$0,03 \cdot 10^{-5}$

TABLA No 20.11 Embalse La Mariposa

$$Q = 1,89 \cdot 10^{-4}$$

Y	w	$f_w(w)$	$f_Y(y) = df_w(w)$
133	-0,41	0,333756	$6,31 \cdot 10^{-5}$
268	-0,39	0,337144	$6,37 \cdot 10^{-5}$
302	-0,38	0,338668	$6,40 \cdot 10^{-5}$
353	-0,37	0,340232	$6,43 \cdot 10^{-5}$
3306	0,19	0,361555	$6,83 \cdot 10^{-5}$
3444	0,21	0,360261	$6,81 \cdot 10^{-5}$
3977	0,31	0,352133	$6,66 \cdot 10^{-5}$
5247	0,55	0,323855	$6,12 \cdot 10^{-5}$
5432	0,59	0,318379	$6,02 \cdot 10^{-5}$
5988	0,69	0,303699	$5,74 \cdot 10^{-5}$
11949	1,82	0,137846	$2,61 \cdot 10^{-5}$
23944	4,09	0,0165355	$0,31 \cdot 10^{-5}$

PRUEBA DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV PARA CADA EMBALSE

TABLA No 21.1 Embalse Camatagua

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
511	-0,66	0,14450	0,1111
676	-0,62	0,15591	0,2222
2595	-0,10	0,33115	0,3333
3051	0,03	0,37889	0,4444
3219	0,07	0,39358	0,5555
4907	0,53	0,55495	0,6667
7181	1,15	0,72840	0,7778
7889	1,34	0,76944	0,8889
15707	3,46	0,96902	1,0000

$$D_n = \max | F_n(x) - F_0(x) |$$

todo x

$$D_n = | 0,5555 - 0,39358 |$$

$$D_n = 0,16192$$

$$0,162 < 0,432$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.2 Embalse Santa Rosa

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
8175	-0,78	0,11287	0,0909
9493	-0,66	0,14445	0,1818
11323	-0,48	0,19868	0,2727
13842	-0,24	0,28048	0,3636
13920	-0,238	0,28119	0,4545
21500	0,48	0,53860	0,5454
23164	0,64	0,59020	0,6364
23450	0,66	0,59639	0,7273
32838	1,55	0,80876	0,8182
39590	2,19	0,89412	0,9091
50500	3,22	0,96083	1,0000

$$D_n = \max | F_n(x) - F_0(x) |$$

todo x

$$D_n = | 0,4545 - 0,28119 |$$

$$D_n = 0,17331$$

$$0,173 < 0,391$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.3 Embalse Tierra Blanca

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
1104	-0,40	0,22496	0,0909
1264	-0,34	0,24538	0,1818
1713	-0,15	0,31291	0,2727
1990	-0,03	0,35684	0,3636
2251	0,08	0,39728	0,4545
2312	0,10	0,40460	0,5454
2381	0,13	0,41557	0,6364
2635	0,24	0,45538	0,7273
3253	0,50	0,54523	0,8182
9040	2,93	0,94800	0,9091
9895	3,29	0,96343	1,0000

$$D_n = \max_{\text{todo } x} |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$D_n = |0,8182 - 0,54523|$$

$$D_n = 0,27297$$

$$0,273 < 0,391$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.4 Embalse Cumaripa

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
486	-0,52	0,18600	0,0909
1455	-0,38	0,23171	0,1818
2008	-0,29	0,26278	0,2727
2083	-0,28	0,26630	0,3636
3582	-0,05	0,34949	0,4545
5329	0,21	0,44460	0,5454
5698	0,27	0,46609	0,6364
7364	0,52	0,55183	0,7273
9195	0,80	0,63806	0,8182
22332	2,80	0,94100	0,9091
25227	3,24	0,96159	1,0000

$$D_n = \max_{\text{todo } x} |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$D_n = |0,63806 - 0,8182|$$

$$D_n = 0,18014$$

$$0,180 < 0,391$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.5 Embalse Guaremal

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
38	-0,72	0,12816	0,0909
78	-0,54	0,17978	0,1818
85	-0,51	0,18914	0,2727
131	-0,31	0,25578	0,3636
168	-0,15	0,31291	0,4545
294	0,39	0,50811	0,5454
297	0,41	0,51497	0,6364
373	0,74	0,62057	0,7273
550	1,51	0,80179	0,8182
743	2,35	0,90904	0,9091
938	3,20	0,96006	1,0000

$$D_n = \max |F_n(x) - F_0(x)| \text{ todo } x$$

$$D_n = |0,4545 - 0,31291|$$

$$D_n = 0,14159$$

$$0,142 < 0,391$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.6 Embalse Manuelote (Socuy)

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
1551	-0,86	0,09412	0,0909
2086	-0,62	0,15584	0,1818
2270	-0,53	0,18288	0,2727
3155	-0,12	0,32384	0,3636
3257	-0,08	0,33848	0,4545
3741	0,15	0,42286	0,5454
4123	0,32	0,48377	0,6364
5732	1,07	0,70963	0,7273
6931	1,62	0,82045	0,8182
8575	2,38	0,91160	0,9091
9953	3,02	0,95237	1,0000

$$D_n = \max |F_n(x) - F_0(x)| \text{ todo } x$$

$$D_n = |0,6364 - 0,48377|$$

$$D_n = 0,15263$$

$$0,153 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.7 Embalse Pao Cachinche

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p = i/n$
1375	-1,00	0,06599	0,0833
2100	-0,88	0,08973	0,1667
6411	-0,16	0,30928	0,2500
7025	-0,06	0,34582	0,3333
7318	-0,01	0,36420	0,4167
7869	0,09	0,40094	0,5000
9470	0,35	0,49426	0,5833
11127	0,63	0,58708	0,6667
12995	0,94	0,67663	0,7500
14364	1,17	0,73318	0,8333
21965	2,44	0,91653	0,9167
27770	3,41	0,96750	1,0000

$$D_n = \max_{\text{todo } x} |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$D_n = |0,1667 - 0,30928|$$

$$D_n = 0,14258$$

$$D_n = 0,143$$

$$0,143 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.8 Embalse El Isiro

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p = i/n$
189	-0,16	0,30928	0,0833
203	-0,15	0,31291	0,1667
260	-0,08	0,33848	0,2500
267	-0,07	0,34215	0,3333
283	-0,06	0,34582	0,4167
286	-0,05	0,34949	0,5000
292	-0,046	0,35096	0,5833
413	0,09	0,40094	0,6667
720	0,43	0,52178	0,7500
1038	0,79	0,63518	0,8333
2275	2,17	0,89210	0,9167
3945	4,04	0,98256	1,0000

$$D_n = \max_{\text{todo } x} |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$D_n = |0,6667 - 0,40094|$$

$$D_n = 0,26576$$

$$D_n = 0,266$$

$$0,266 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.9 Embalse Mapará

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
83	-0,32	0,25230	0,0833
94	-0,30	0,25928	0,1667
100	-0,29	0,26278	0,2500
228	-0,07	0,34215	0,3333
263	-0,01	0,36420	0,4167
289	0,03	0,37891	0,5000
331	0,10	0,40461	0,5833
652	0,66	0,59639	0,6667
666	0,68	0,60253	0,7500
677	0,70	0,60860	0,8333
1141	1,50	0,80001	0,9167
2745	4,26	0,98598	1,0000

$$D_n = \max | F_n(x) - F_0(x) |$$

todo x

$$D_n = | 0,8333 - 0,6086 |$$

$$D_n = 0,2297$$

$$0,230 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.10 Embalse Jabillal

Y	w	$F_W(w)=F_Y(y)$	$p=i/n$
197	0,06	0,38994	0,0833
587	0,08	0,39728	0,1667
835	0,085	0,39911	0,2500
1681	0,11	0,40827	0,3333
1708	0,11	0,40827	0,4167
1900	0,12	0,41192	0,5000
4261	0,19	0,43738	0,5833
4571	0,20	0,44099	0,6667
6050	0,24	0,45538	0,7500
7069	0,27	0,46609	0,8333
26200	0,86	0,65497	0,9167
148660	4,59	0,98990	1,0000

$$D_n = \max | F_n(x) - F_0(x) |$$

todo x

$$D_n = | 0,8333 - 0,46609 |$$

$$D_n = 0,36721$$

$$0,367 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 21.11 Embalse La Mariposa

Y	w	$F_W(w) = F_Y(y)$	$p = i/n$
133	-0,41	0,22161	0,0833
268	-0,39	0,22833	0,1667
302	-0,38	0,23171	0,2500
353	-0,37	0,23510	0,3333
3306	0,19	0,43738	0,4167
3444	0,21	0,44460	0,5000
3977	0,31	0,48025	0,5833
5247	0,55	0,56161	0,6667
5432	0,59	0,57446	0,7500
5988	0,69	0,60557	0,8333
11949	1,82	0,85042	0,9167
23944	4,09	0,98340	1,0000

$$D_n = \max_{\text{todo } x} |F_n(x) - F_0(x)|$$

$$D_n = |0,8333 - 0,60557|$$

$$D_n = 0,22773$$

$$D_n = 0,228$$

$$0,228 < 0,375$$

Se acepta la hipótesis

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE  $\chi^2$  PARA CADA EMBALSE

TABLA No 22.1 Embalse Camatagua

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRADO NORMALIZADA
$-\infty - 3200$	4	3,54	0,060
3200-6400	2	2,52	0,107
6400-9600	2	1,57	0,118
9600-12800	0	0,77	0,770
12800- $+\infty$	1	0,60	0,267
	9	9,00	1,322

$$\chi_{0,05;2}^2 = 5,991$$

$$1,322 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.2 Embalse Santa Rosa

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRADO NORMALIZADA
$-\infty -10200$	2	1,81	0,020
10200-20400	3	3,70	0,132
20400-30600	3	2,95	0,001
30600-40800	2	1,49	0,175
40800- $+\infty$	1	1,05	0,002
	11	11,00	0,330

$$\chi_{0,05;2}^2 = 5,991$$

$$0,330 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.3 Embalse Tierra Blanca

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty - 2000$	4	3,93	0,001
2000-4000	5	3,12	1,133
4000-6000	0	2,03	2,030
6000-8000	0	1,05	1,050
8000- $+\infty$	2	0,87	1,468
	11	11,00	5,682

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$5,682 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.4 Embalse Cumaripa

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty - 5200$	5	4,81	0,007
5200-10400	4	2,75	0,568
10400-15600	0	1,72	1,720
15600-20800	0	0,90	0,900
20800- $+\infty$	2	0,82	1,698
	11	11,00	4,893

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$4,893 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.5 Embalse Guaremal

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty -200$	5	4,01	0,244
200-400	3	3,17	0,009
400-600	1	2,02	0,515
600-800	1	1,01	0,000
800- $+\infty$	1	0,79	0,056
	11	11,00	0,824

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$0,824 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.6 Embalse Manuelote (Socuy)

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty -2000$	1	1,59	0,219
2000-4000	5	3,54	0,602
4000-6000	2	2,99	0,328
6000-8000	1	1,63	0,243
8000- $+\infty$	2	1,25	0,450
	11	11,00	1,842

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$1,842 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.7 Embalse Pao Cachinche

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRADO NORMALIZADA
$-\infty -5600$	2	3,15	0,420
5600-11200	6	3,93	1,090
11200-16800	2	2,68	0,172
16800-22400	1	1,30	0,069
22400-	1	0,94	0,004
	12	12,00	1,755

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$1,755 < 5,991$$

La hipótesis se acepta

TABLA No 22.8 Embalse El Isiro

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRADO NORMALIZADA
$-\infty -800$	9	6,62	0,856
800-1600	1	2,80	1,157
1600-2400	1	1,44	0,134
2400-3200	0	0,66	0,660
3200- $+\infty$	1	0,48	0,563
	12	12,00	3,370

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$3,370 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.9 Embalse Mapará

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty$ -560	7	6,54	0,032
560-1120	3	2,97	0,000
1120-1680	1	1,47	0,150
1680-2240	0	0,62	0,620
2240- $+\infty$	1	0,40	0,900
	12	12,00	1,702

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

$$1,702 < 5,991$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.10 Embalse Jabillal

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRADO NORMALIZADA
$-\infty$ -14900	10	6,58	1,778
14900-29800	1	1,63	0,243
29800-44700	0	1,21	1,210
44700-59600	0	0,88	0,880
59600-74500	0	0,59	0,590
74500-89400	0	0,40	0,400
89400-104300	0	0,25	0,250
104300-119200	0	0,16	0,160
119200-134100	0	0,11	0,110
134100- $+\infty$	1	0,19	3,453
	12	12,00	9,074

$$\chi^2_{0,05;7} = 14,067$$

$$9,074 < 14,067$$

Se acepta la hipótesis

TABLA No 22.11 Embalse La Mariposa

INTERVALO	No OBSERVADO	No ESPERADO	DESVIACION AL CUADRO NORMALIZADA
$-\infty -4800$	7	6,42	0,052
4800-9600	3	2,91	0,003
9600-14400	1	1,50	0,167
14400-19200	0	0,68	0,680
19200- $+\infty$	1	0,49	0,531
	12	12,00	1,433

$$\chi^2_{0,05;2} = 5,991$$

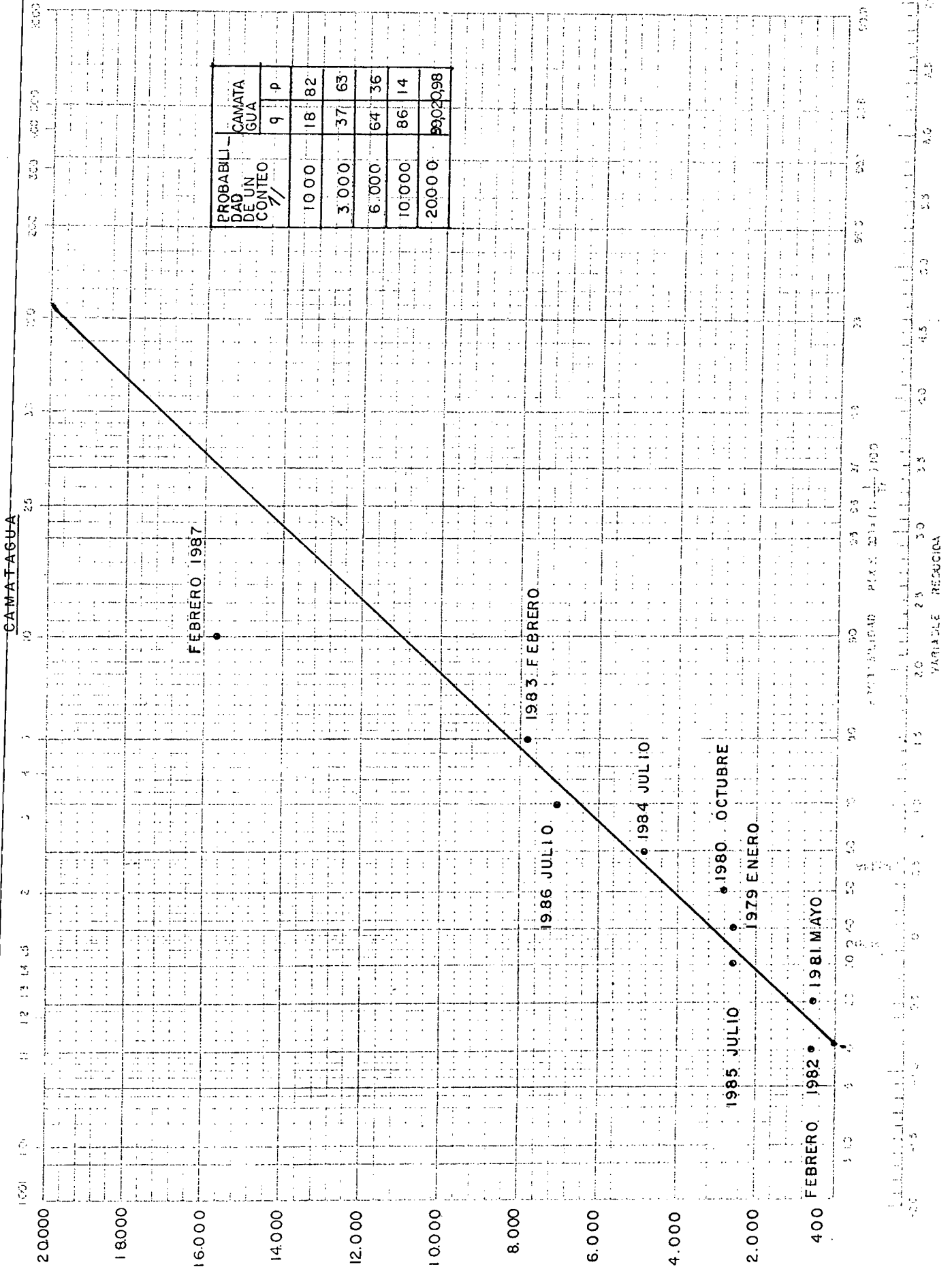
$$1,433 < 5,991$$

La hipótesis se acepta

PAPEL DE PROBABILIDADES EXTREMAS

GRAFICO N.º 1

REDONDO DE REDONDO (AÑOS)

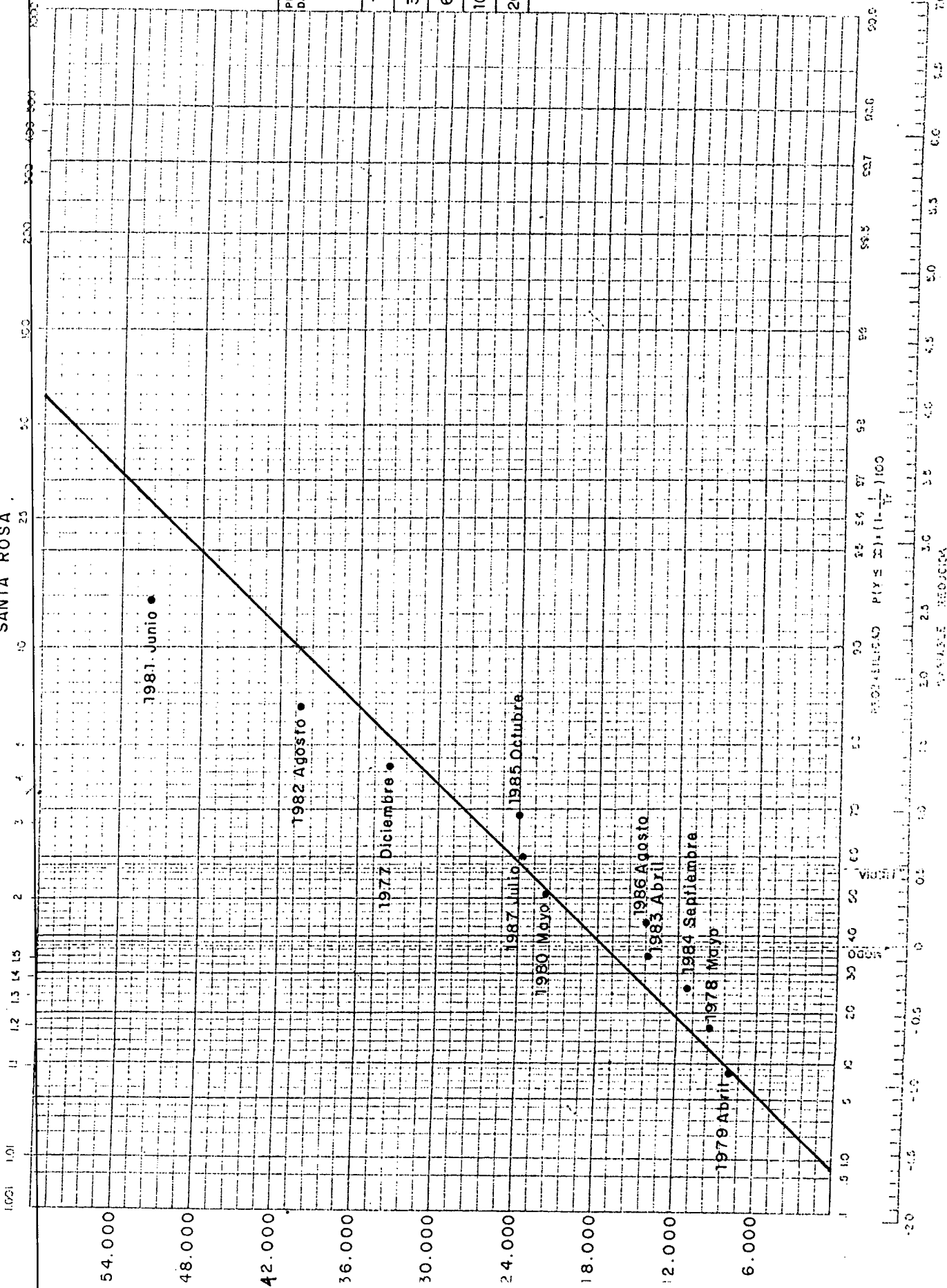


CONTEO DE FILOPLANCTON

GRAFICO Nº 2

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)

SANTA ROSA



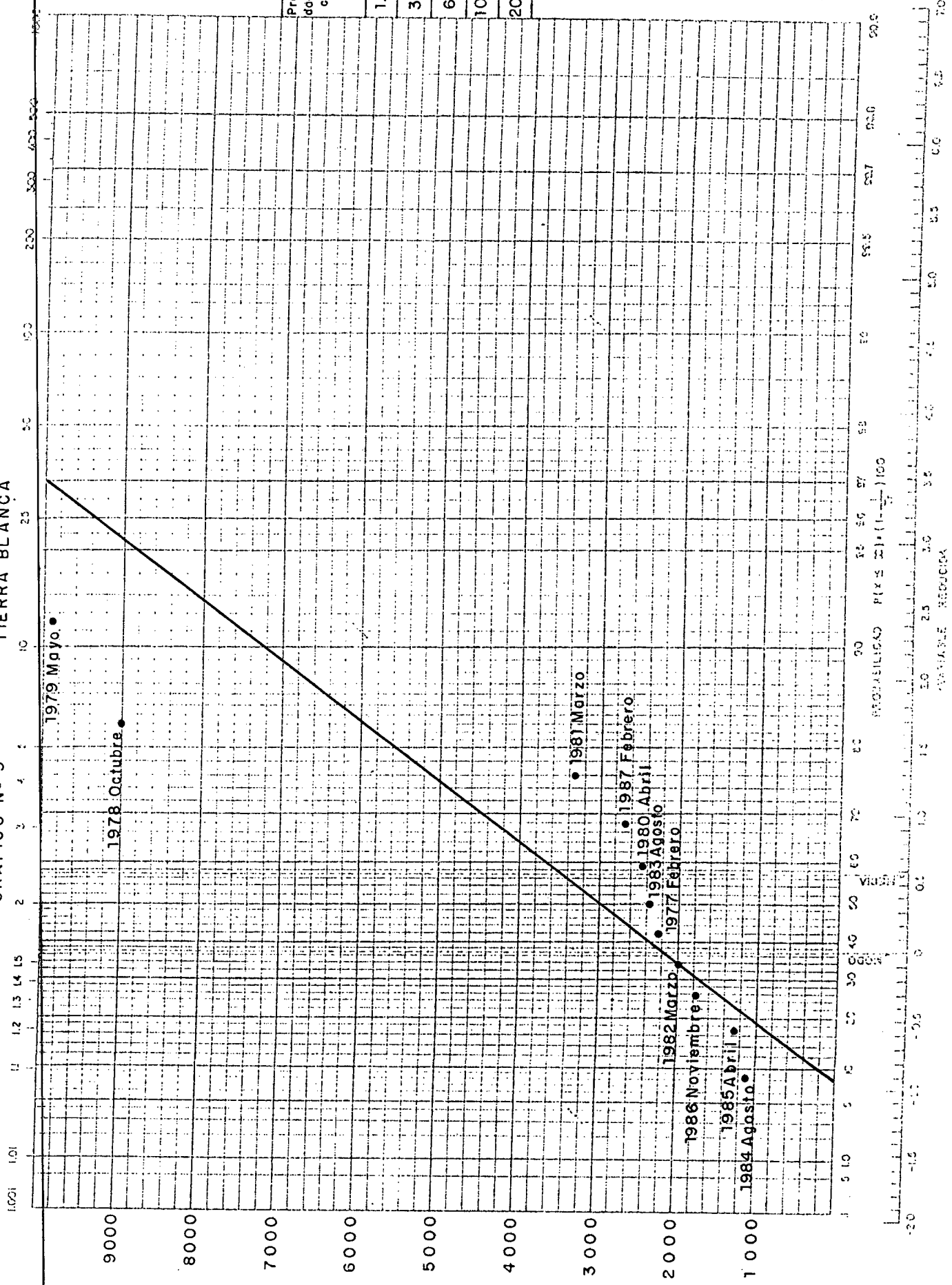
PROBABILIDAD DE UN CONTEO $\geq$	q	p	SANTA ROSA
1000	1	99	
3000	2,5	97,5	
6000	6	94	
10.000	15	85	
20.000	48	52	

Probabilidad de un conteo $\lambda$	Tierra Blanca	
	q	p
1.000	20	80
3.000	51	49
6.000	84	16
10.000	97	3
20.000	100	0

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
TIERRA BLANCA

GRAFICO N° 3

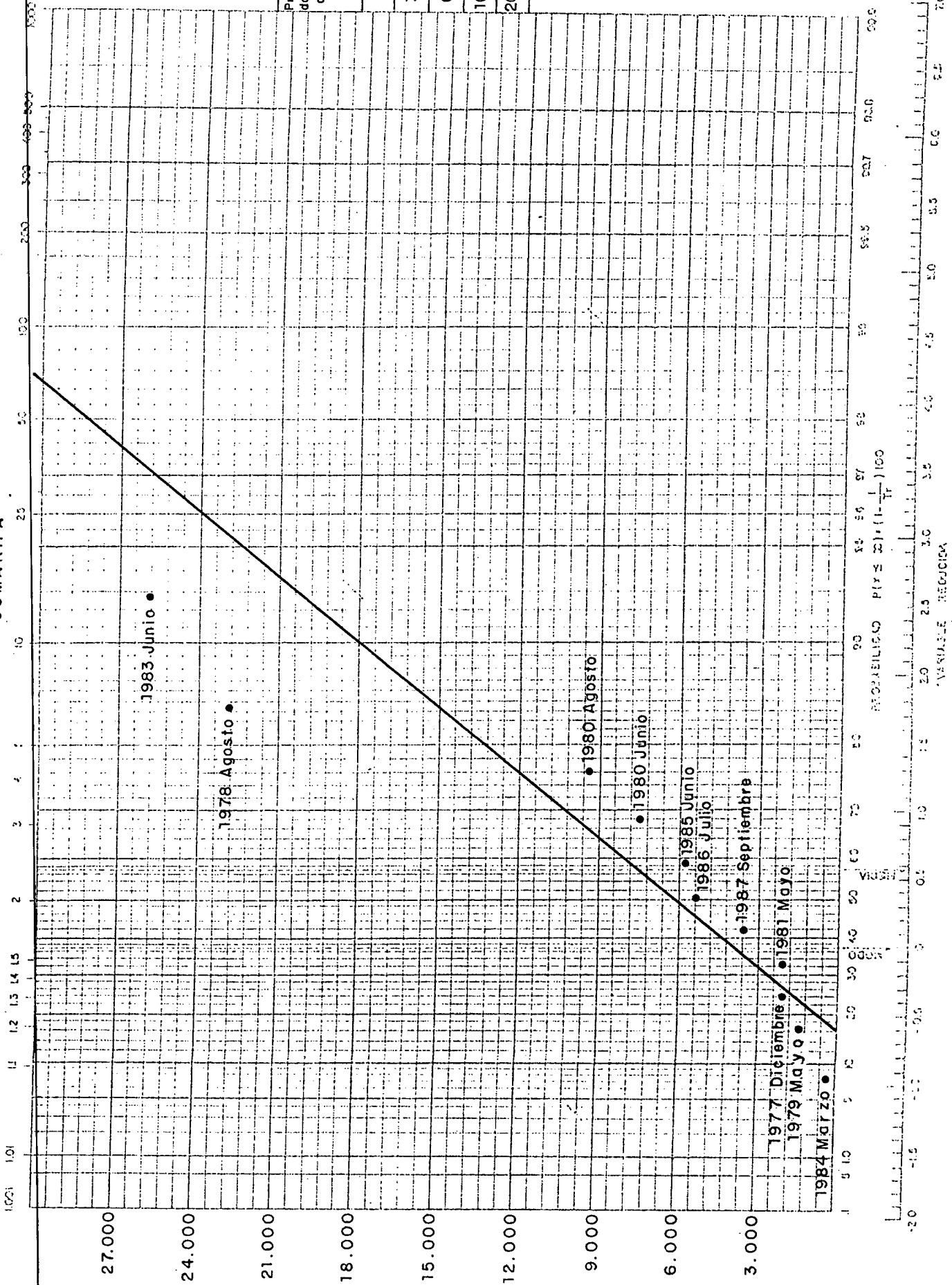
FACULTAD DE INGENIERIA  
DPTO DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA



PROBABILIDAD  $P(X \leq x) = (1 - e^{-\lambda/100}) / 100$   
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)

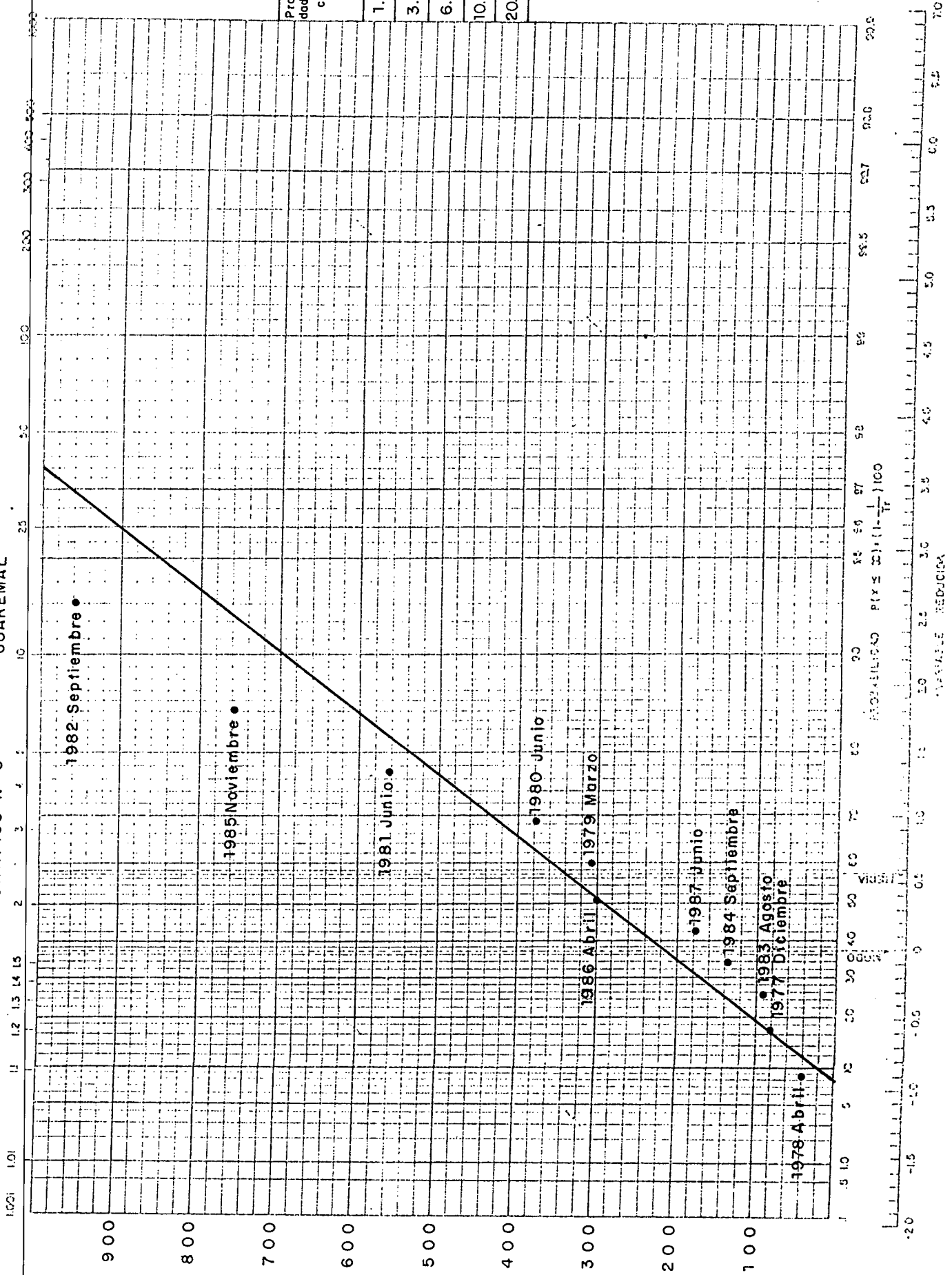
VALOR REDUCIDA

GRAFICO Nº 4  
 PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
 CUMARIPA



Probabili- dad de un conteo	Cumaripa	
	q	p
1.000	21	79
3.000	32	68
6.000	50	50
10.000	69	31
20.000	92,5	7,5

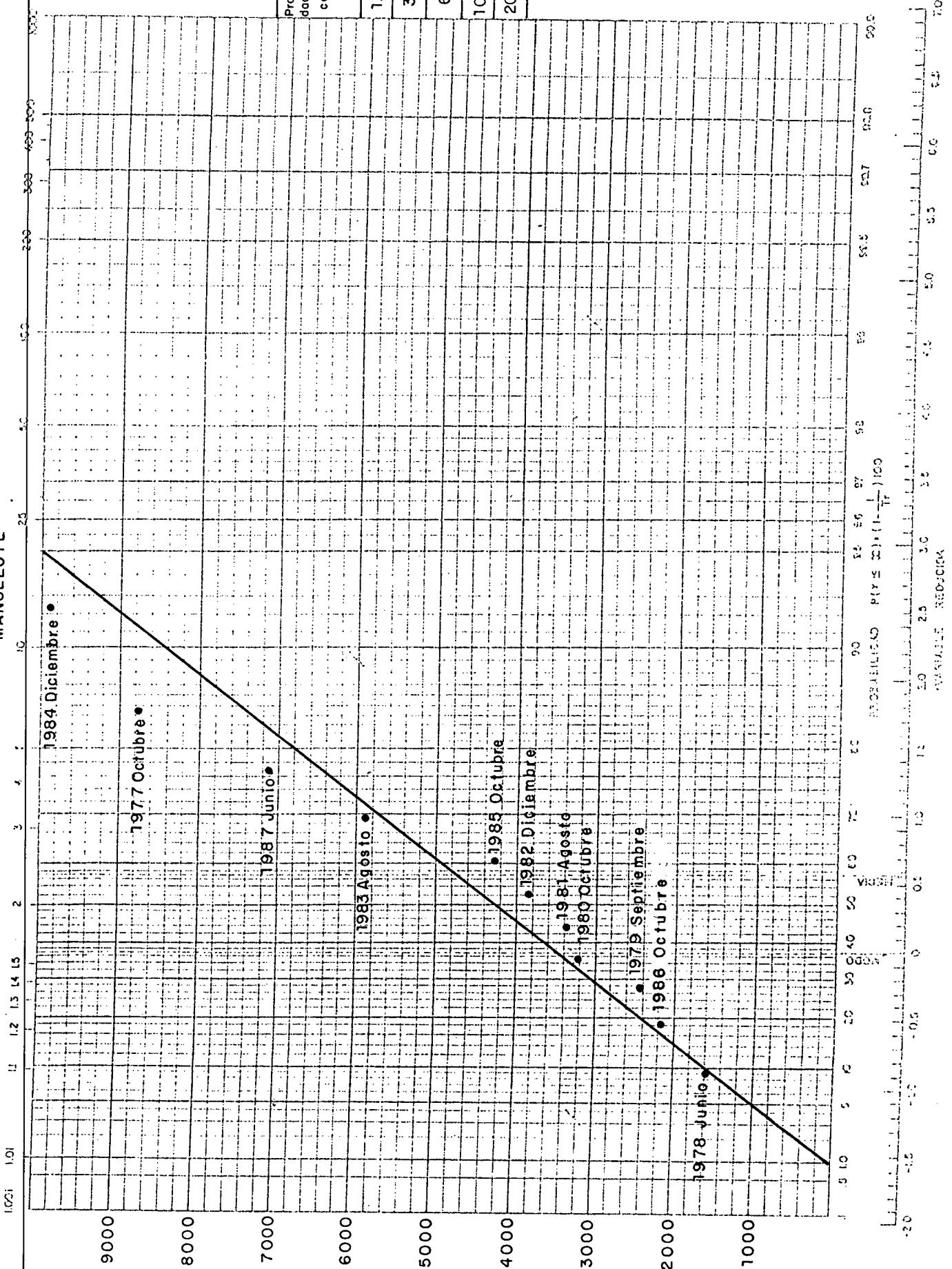
GRAFICO Nº 5  
 PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
 GUAREMAL



Probabili- dad de un evento	Guaremal	
	q	P
1.000	98	2
3.000	100	0
6.000	100	0
10.000	100	0
20.000	100	0

GRAFICO Nº 6

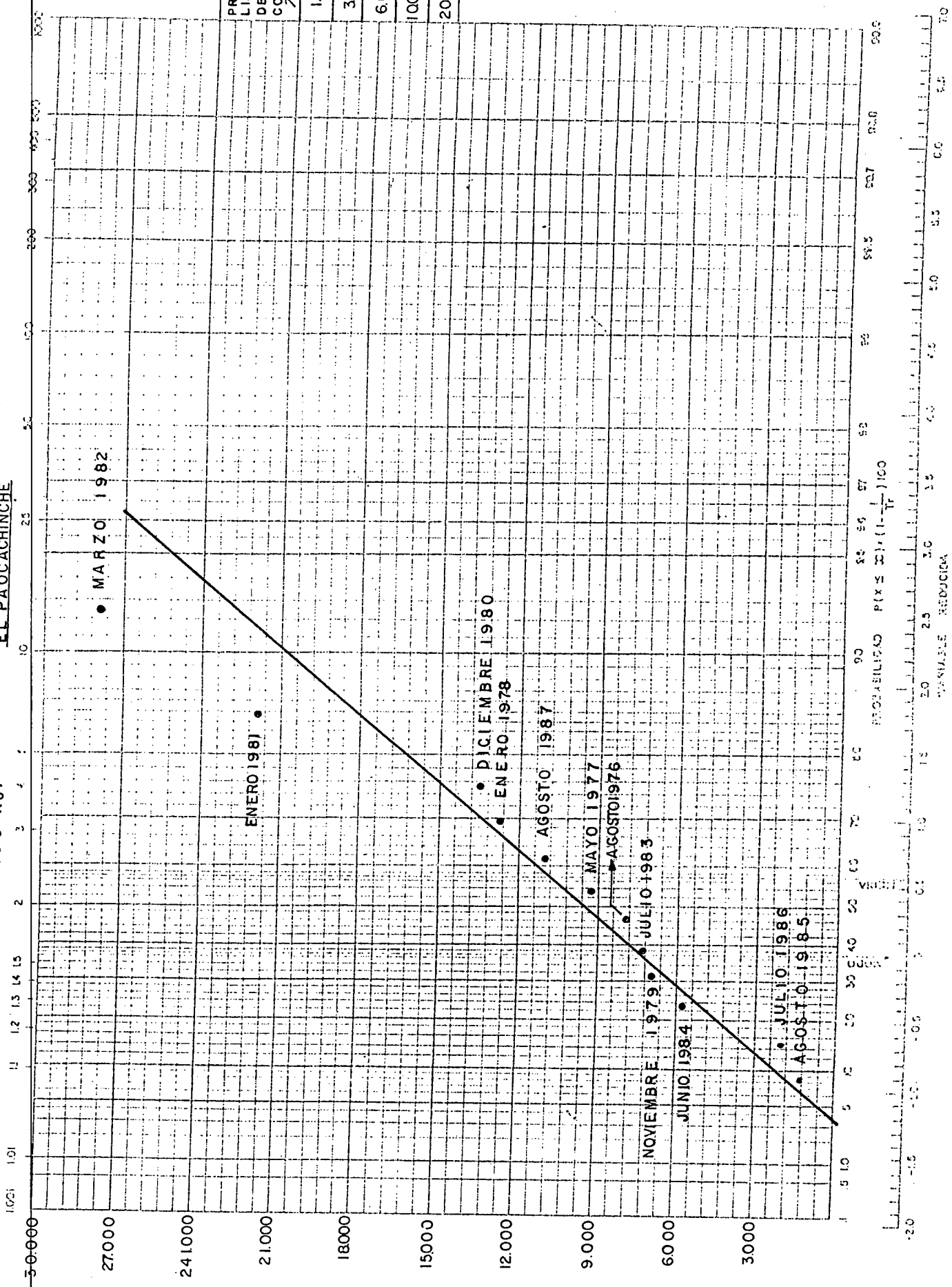
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
 MANUELOTE



Probabili- dad de un conteo	Manuelote	
	q	p
1.000	5	95
3.000	30	70
6.000	73	27
10.000	95	5
20.000	100	0

GRAFICO N°7

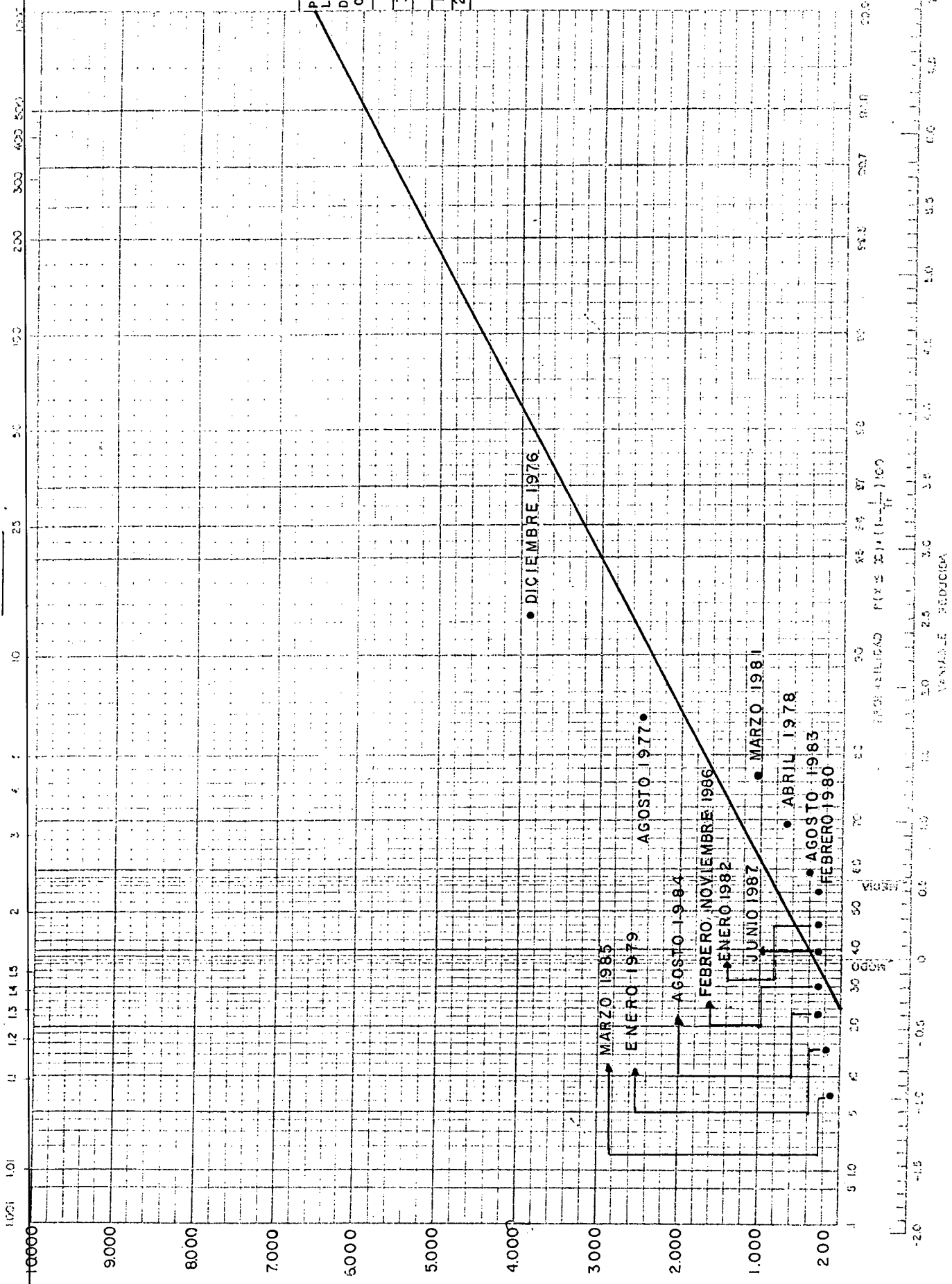
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
EL PAOCACHINCHE



PROBABILIDAD DE UN CONTEO	EL PAOCACHINCHE	
	q	p
1.000	5,5	945
3.000	13	87
6.000	29,5	70,5
10.000	53	47
20.000	88,5	11,5

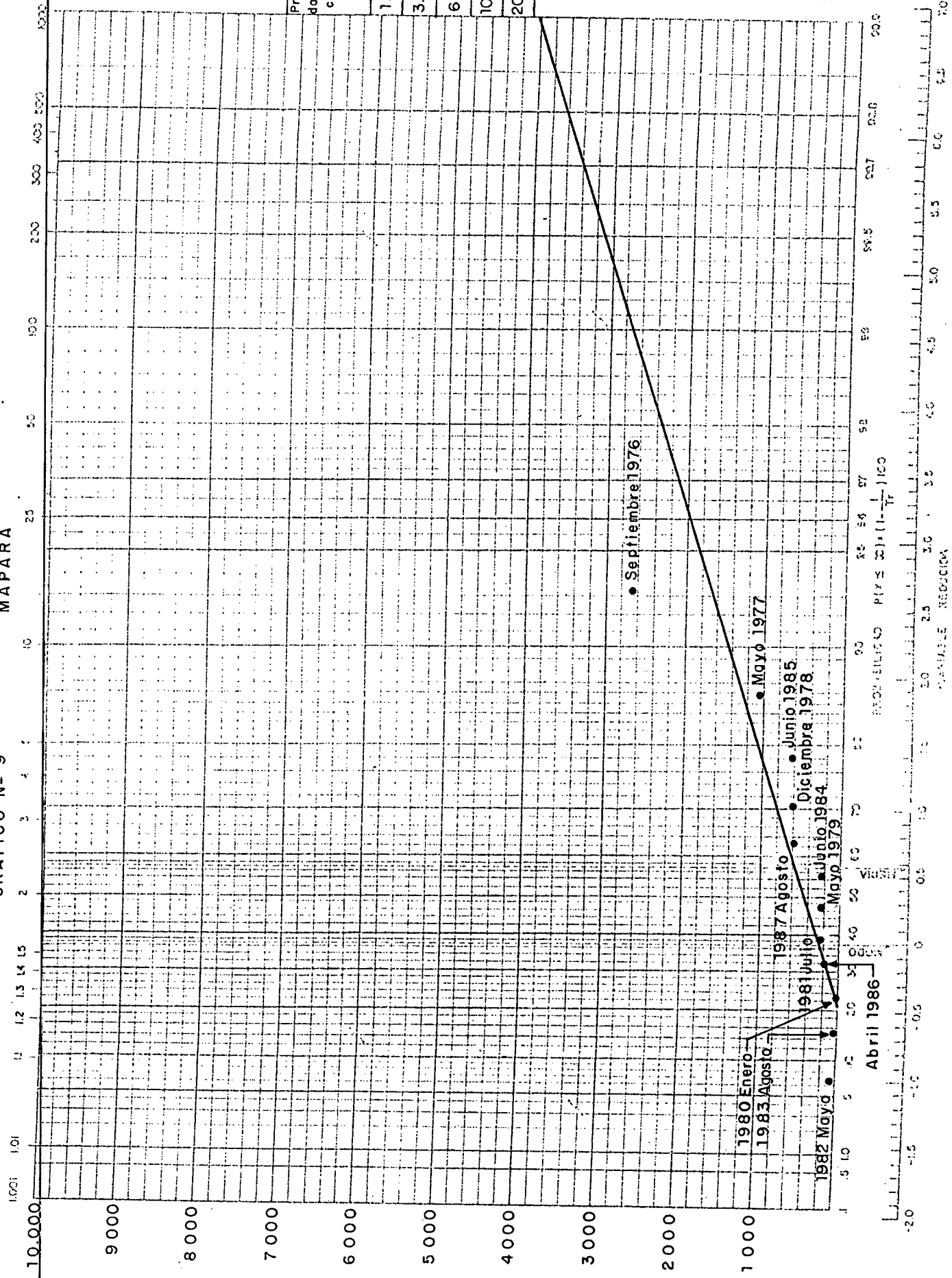
GRAFICO N° 8

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
EL ISIRO



PROBABI LIDAD DE UN CONTEO	EL ISIRO	q	p
1.000	62	38	
3.000	95	5	
6.000	100	0	
10.000	100	0	
20.000	100	0	

GRAFICO Nº 9  
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)  
MAPARA



Probabilidad de un conteo	Mapara	
	q	p
1.000	74	26
3.000	99,2	0,8
6.000	100	0
10.000	100	0
20.000	100	0

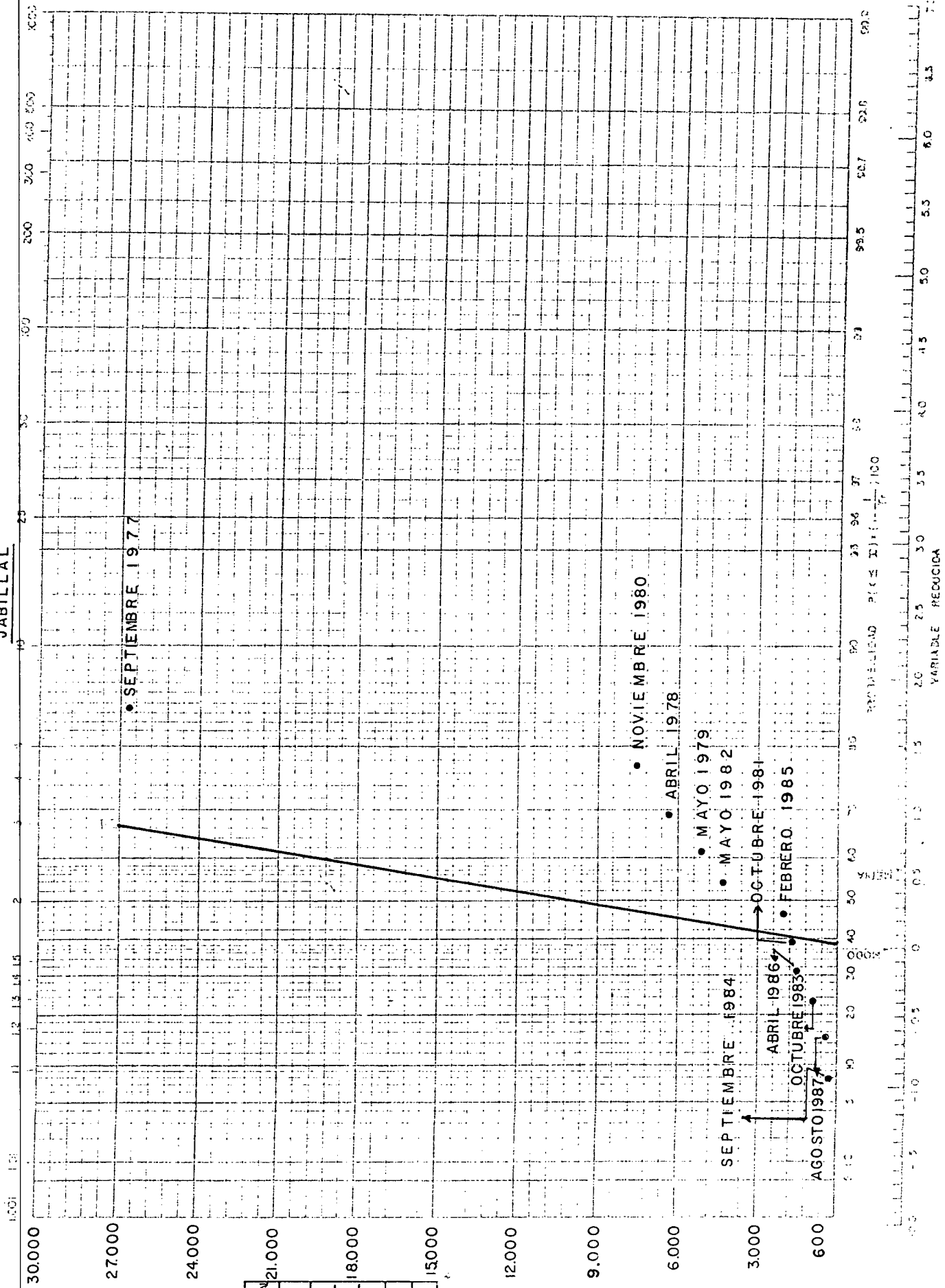
REPOSICION  
REPOSICION  
REPOSICION

PAPEL DE PROBABILIDADES EXTREMAS

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)

GRAFICO N° 10

JABILLAL



PROBABILIDAD DE UN CONTEO	JABILLAL	
	q	p
1000	40	60
3000	42	58
6000	45	55
10000	50	50
20000	60	40

CONTEO DE FITOPLANCTON

PROBABILIDAD (P) EN EL T

VARIABLE REDUCIDA

PAPEL DE PROBABILIDADES EXTREMAS

GRAFICO N°11

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)

LA MARIPOSA

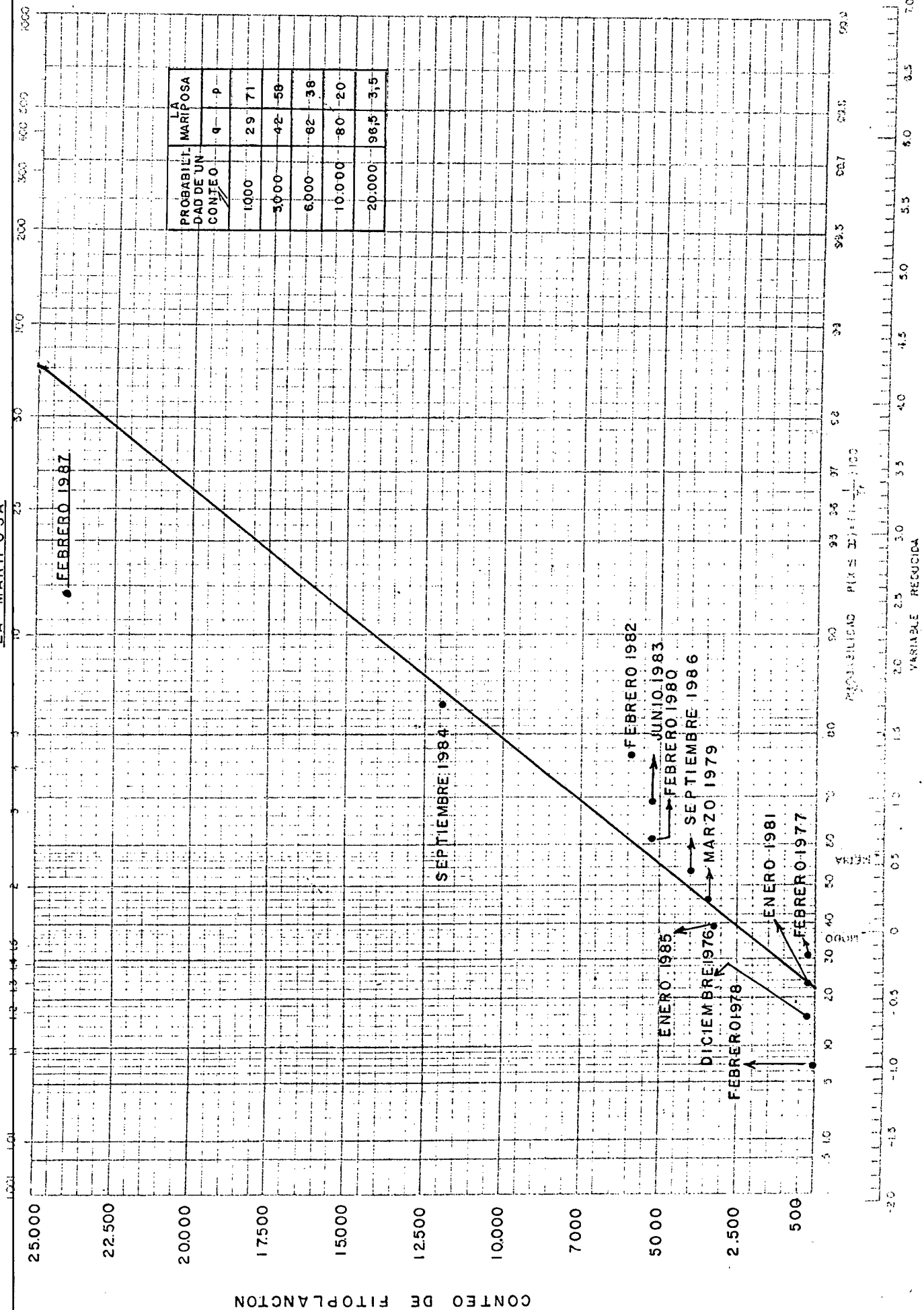
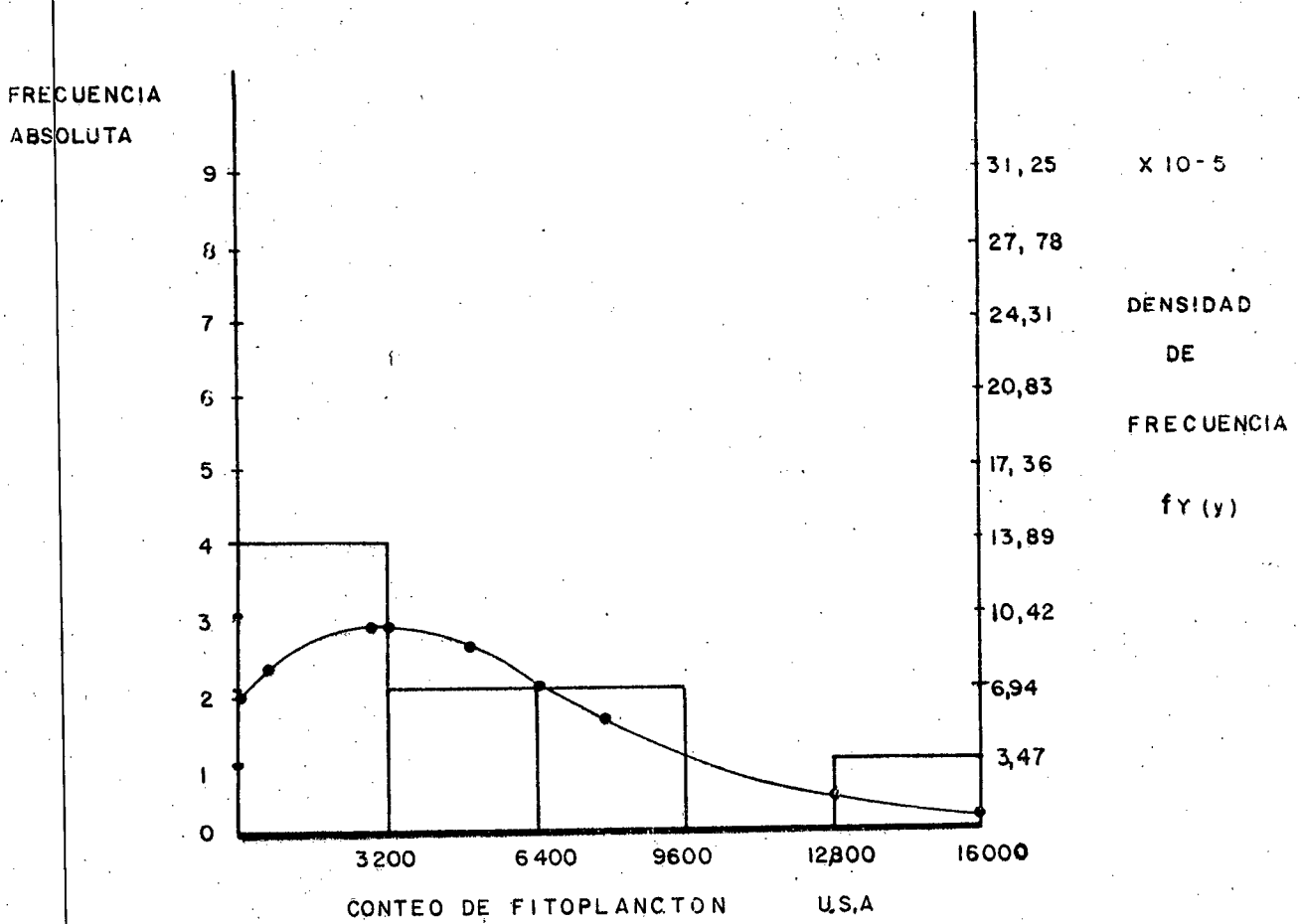




GRAFICO N° 13

HISTOGRAMA DE : CAMATAGUA

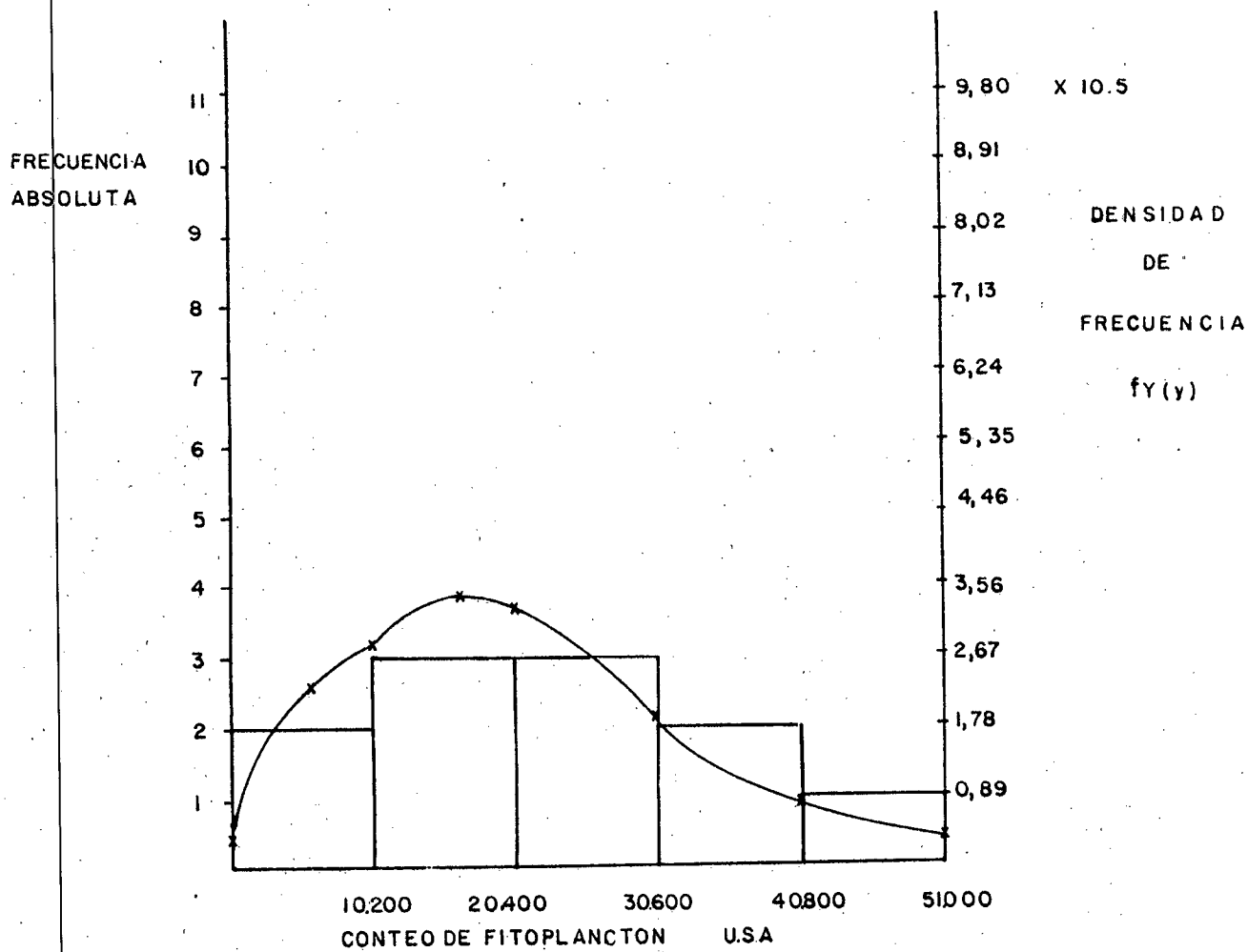


Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$fY(y)$
0	-0,80	0,24037	$6,51 \times 10^{-5}$
3200	0,07	0,366631	$9,94 \times 10^{-5}$
6400	0,93	0,26591	$7,21 \times 10^{-5}$
9600	1,80	0,14011	$3,80 \times 10^{-5}$
12.800	2,67	0,064666	$1,75 \times 10^{-5}$
16.000	3,54	0,028206	$0,76 \times 10^{-5}$

VALORES DE DENSIDAD DE FRECUENCIA EN FUNCION DE CONTEO DE FITOPLANETON

GRAFICO N° 14

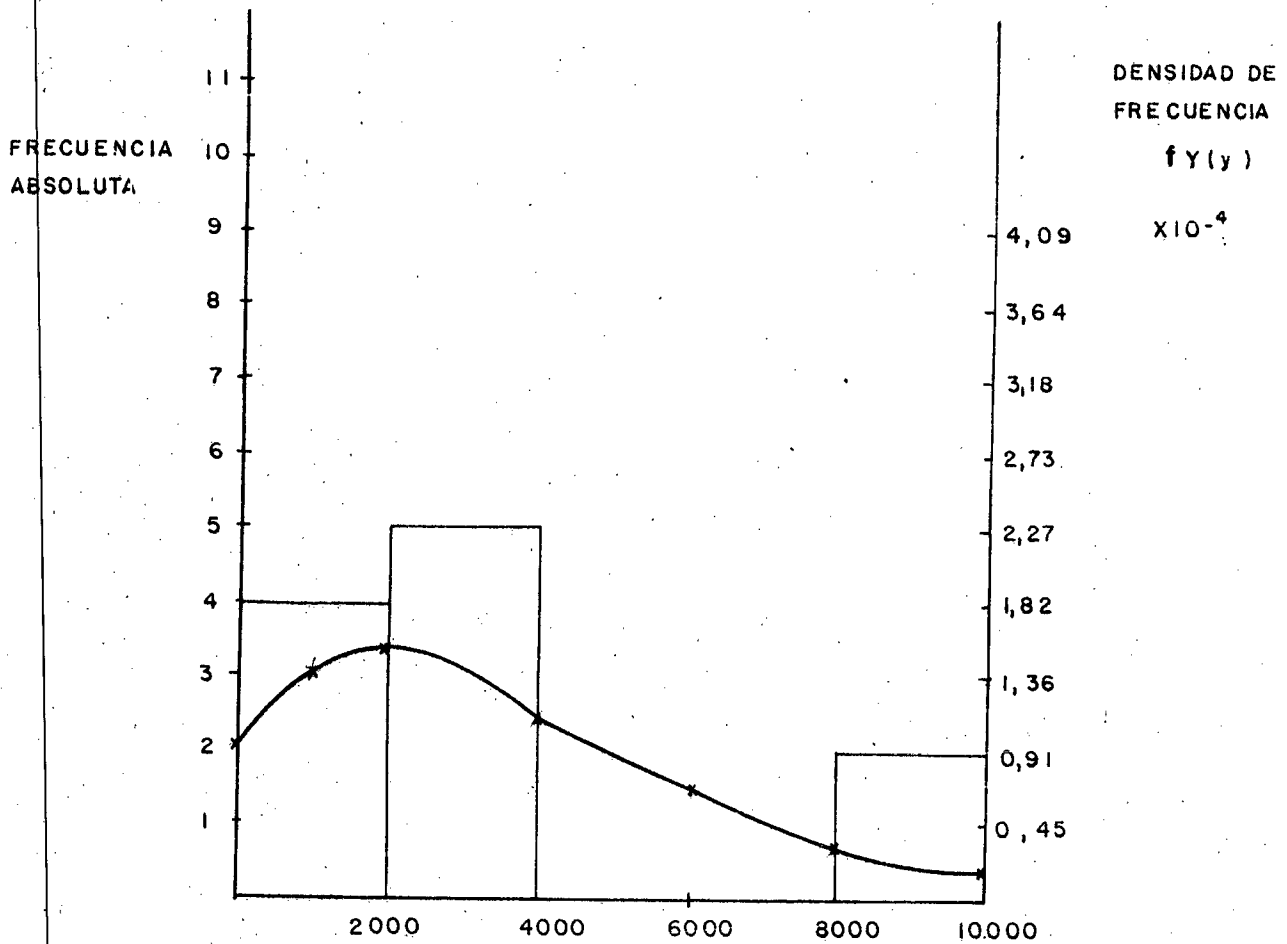
HISTOGRAMA DE: SANTA ROSA



$$\sigma = 9,46 \times 10^{-5}$$

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$f_y(y)$
10.200	-0,59	0,296936	$2,81 \times 10^{-5}$
20.400	0,37	0,345971	$3,27 \times 10^{-5}$
30.600	1,34	0,201586	$1,91 \times 10^{-5}$
40.800	2,30	0,09069	$0,86 \times 10^{-5}$
51.000	3,27	0,03617	$0,34 \times 10^{-5}$

GRAFICO N°15  
 HISTOGRAMA DE: TIERRA BLANCA

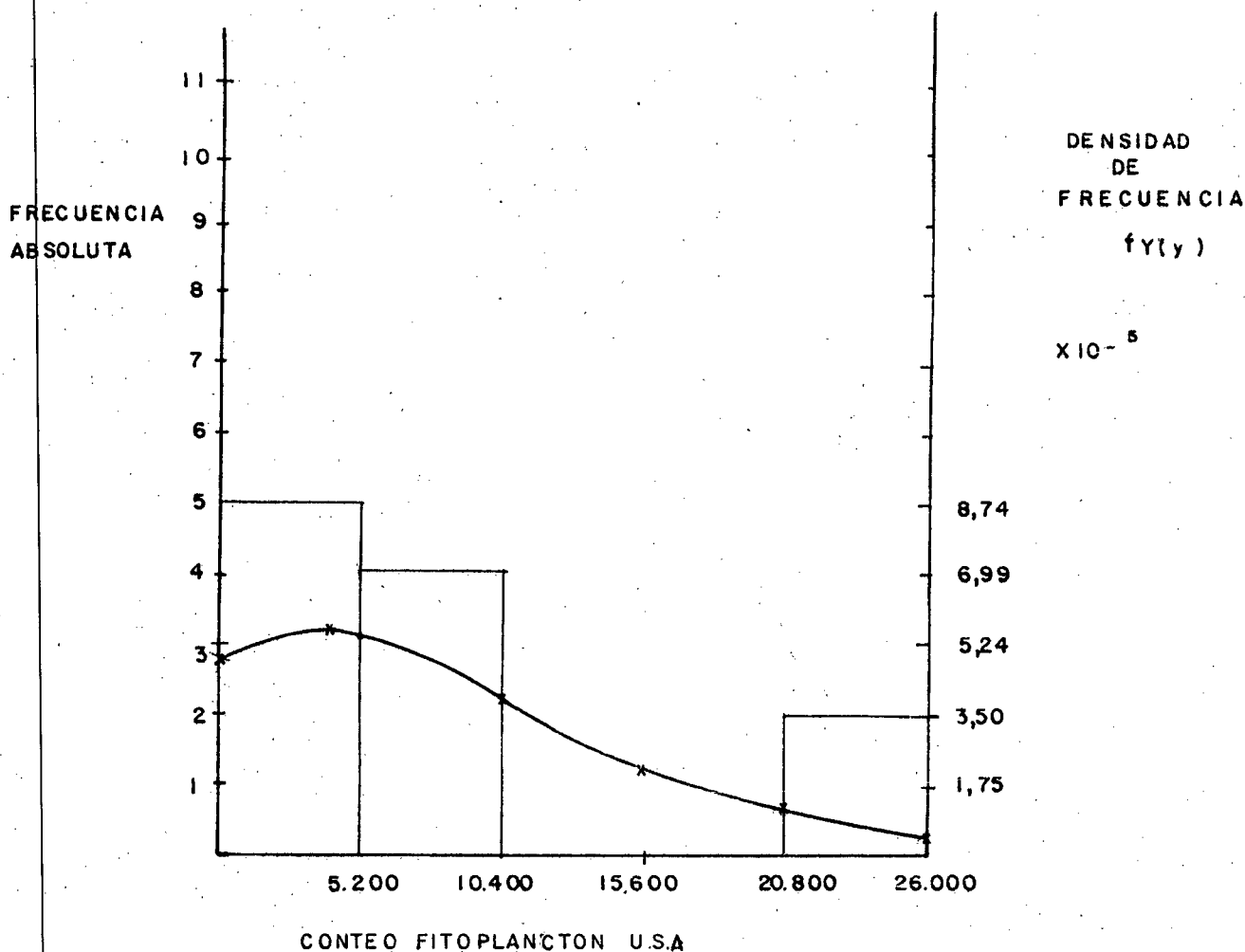


CONTEO DE FITOPLANCTON U.S.A  
 $\lambda = 4,2 \times 10 \times 10^{-4}$

Y	$\psi$	$f\omega(\omega)$	$f_y(y)$
2000	-0,03	0,367594	$1,54 \times 10^{-4}$
4000	0,81	0,285095	$1,20 \times 10^{-4}$
6000	1,65	0,15858	$0,67 \times 10^{-4}$
8000	2,49	0,076334	$0,32 \times 10^{-4}$
10.000	3,33	0,034559	$0,15 \times 10^{-4}$

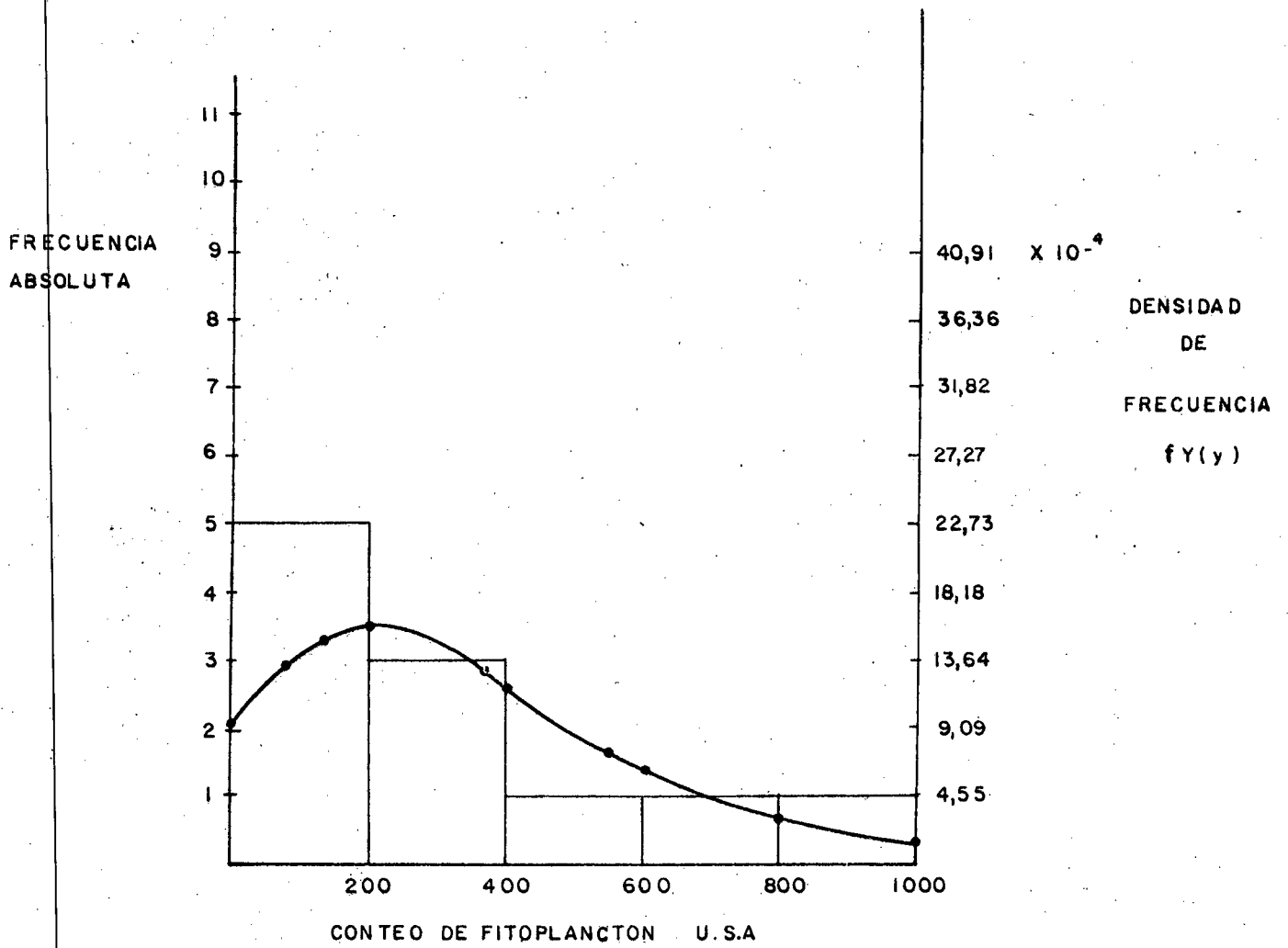
GRAFICO Nº 16

HISTOGRAMA DE: CUMARIPA



Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$f_Y(y)$
5.200	0,19	0,36 1555	$5,50 \times 10^{-5}$
10.400	0,98	0,25 78 6	$3,92 \times 10^{-5}$
15.600	1,77	0,4 37 31	$2,18 \times 10^{-5}$
20.800	2,56	0,071 61 4	$1,09 \times 10^{-5}$
26.000	3,35	0,0 33 905	$0,51 \times 10^{-5}$

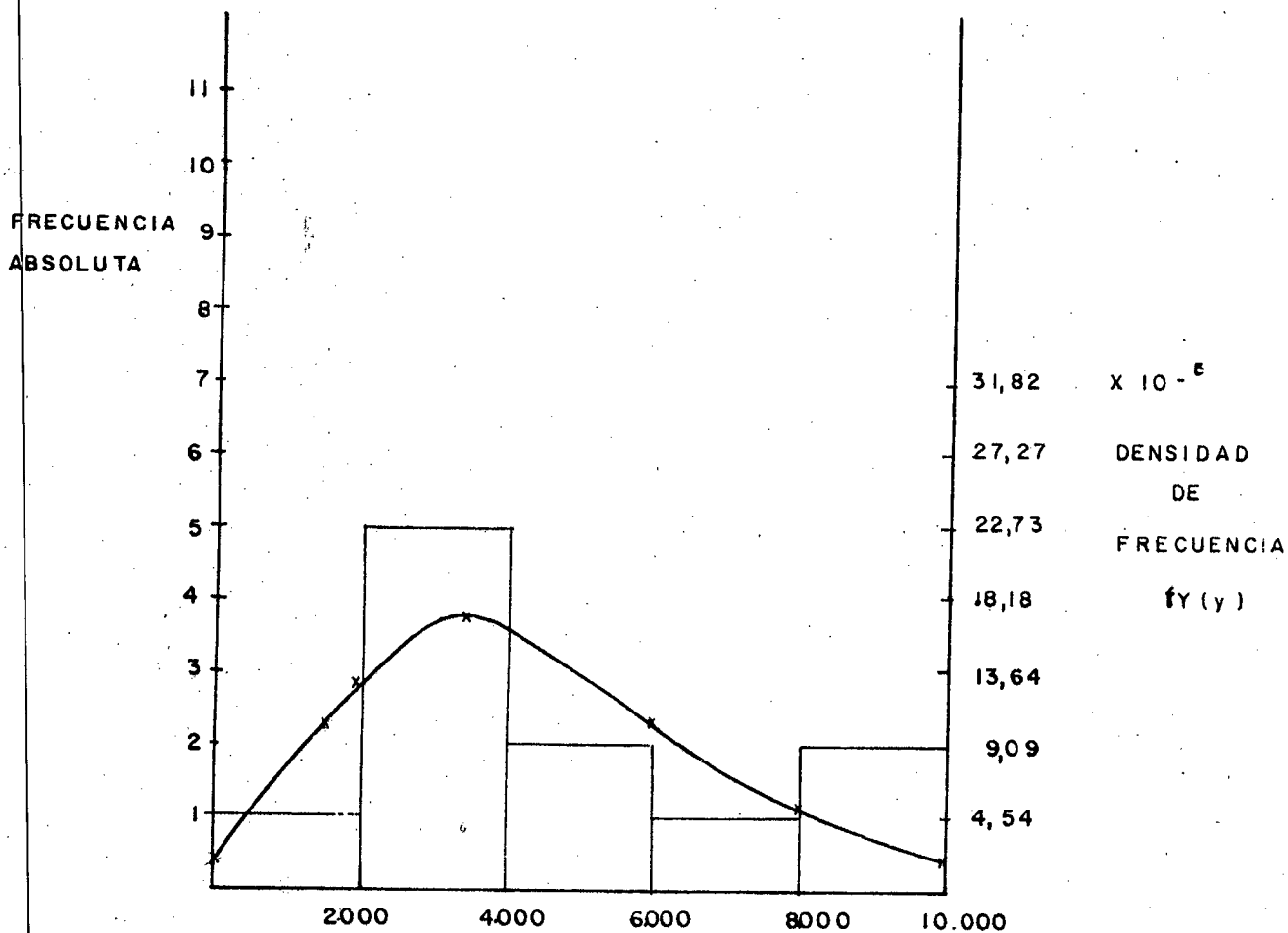
GRAFICO N° 17  
 HISTOGRAMA DE : GUAREMAL



Y	$\omega$	$f_{\omega}(\omega)$	$f_Y(y)$
0	-0,88	0,216306	$9,41 \times 10^{-4}$
200	-0,01	0,367778	$16,00 \times 10^{-4}$
400	0,85	0,278715	$12,12 \times 10^{-4}$
600	1,72	0,149766	$6,51 \times 10^{-4}$
800	2,59	0,069616	$3,03 \times 10^{-4}$
1000	3,46	0,030482	$1,33 \times 10^{-4}$

GRAFICO N° 18

HISTOGRAMA DE: MANUELOTE



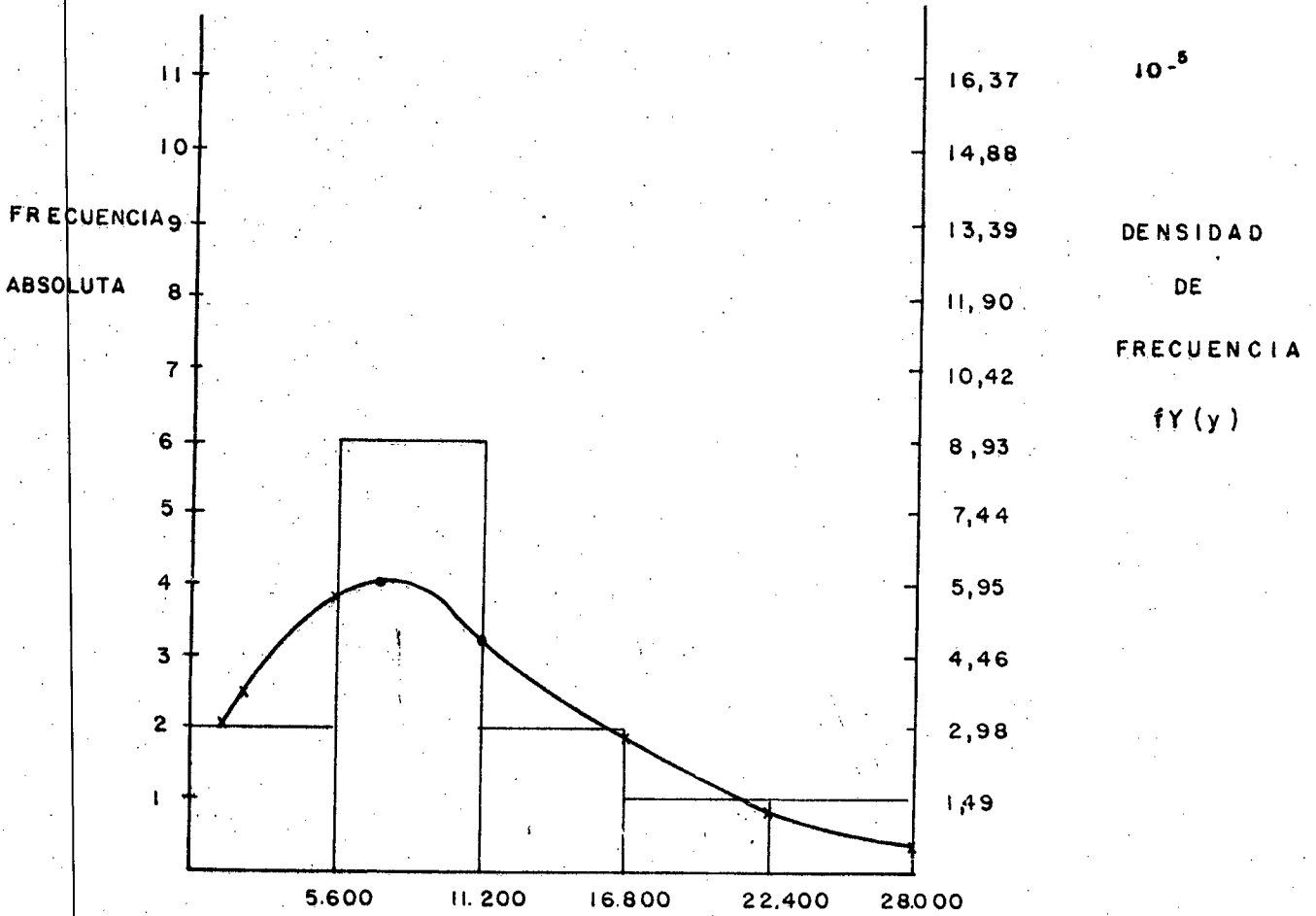
CONTEO DE FITOPLANCTON U.S.A

$$\mathcal{L} = 4,62 \times 10^{-4}$$

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$f_Y(y)$
2000	0,66	0,279424	$12,91 \times 10^{-5}$
4000	0,27	0,355527	$16,42 \times 10^{-5}$
6.000	1,19	0,224436	$10,37 \times 10^{-5}$
8.000	2,11	0,107424	$4,96 \times 10^{-5}$
10.000	3,04	0,04564	$2,11 \times 10^{-5}$

GRAFICO N° 19

HISTOGRAMA DE: PAO CACHINCHE

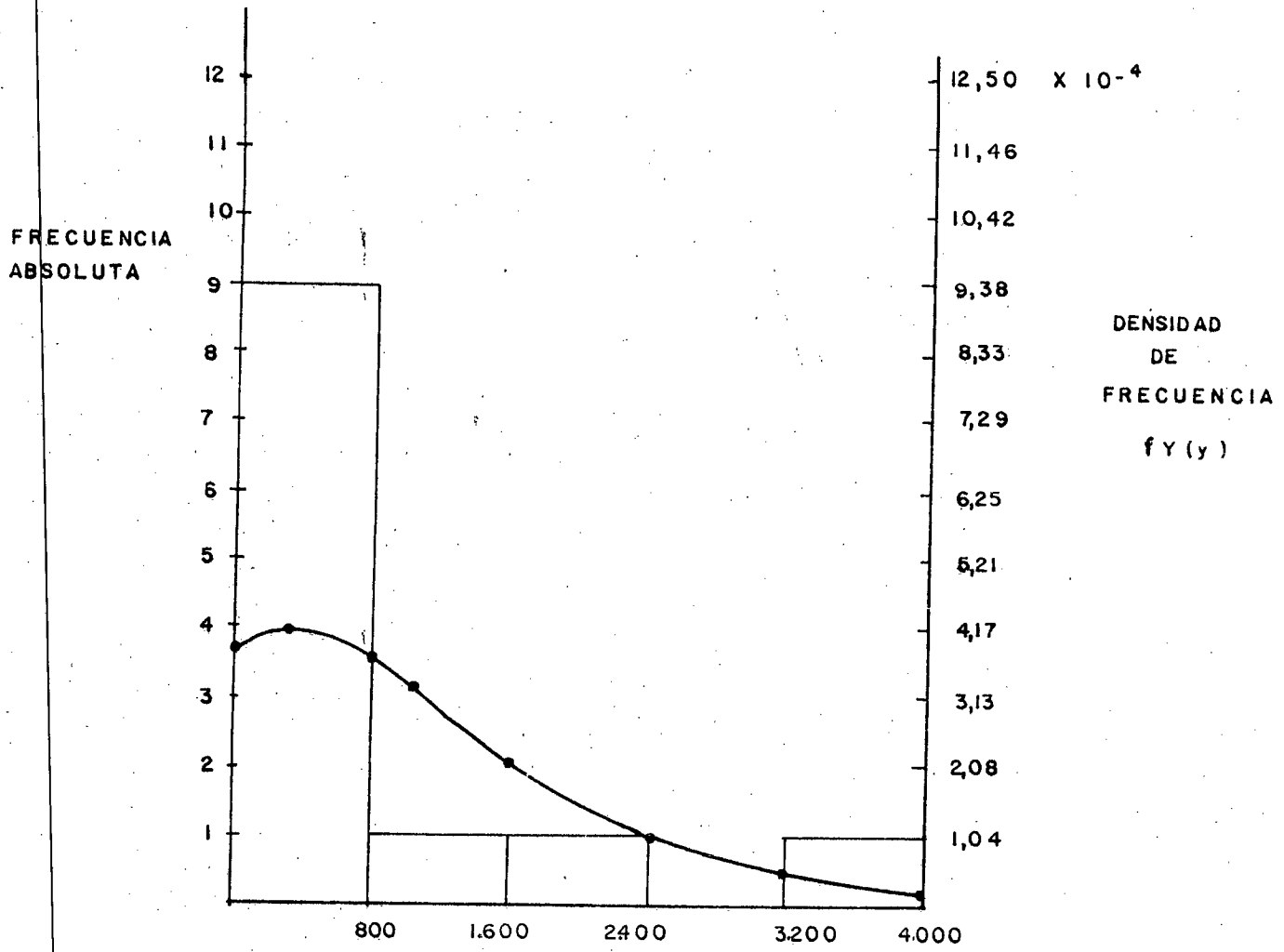


CENTRO DE FITOPLANCTON U.S.A

$\sigma = 1,67 \times 10^{-4}$

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$fY(y)$
5.600	-0,29	0,351098	$5,86 \times 10^{-5}$
11.200	0,64	0,311094	$5,19 \times 10^{-5}$
16.800	1,58	0,167684	$2,80 \times 10^{-5}$
22.400	2,51	0,074944	$1,25 \times 10^{-5}$
28.000	3,45	0,03078	$0,51 \times 10^{-5}$

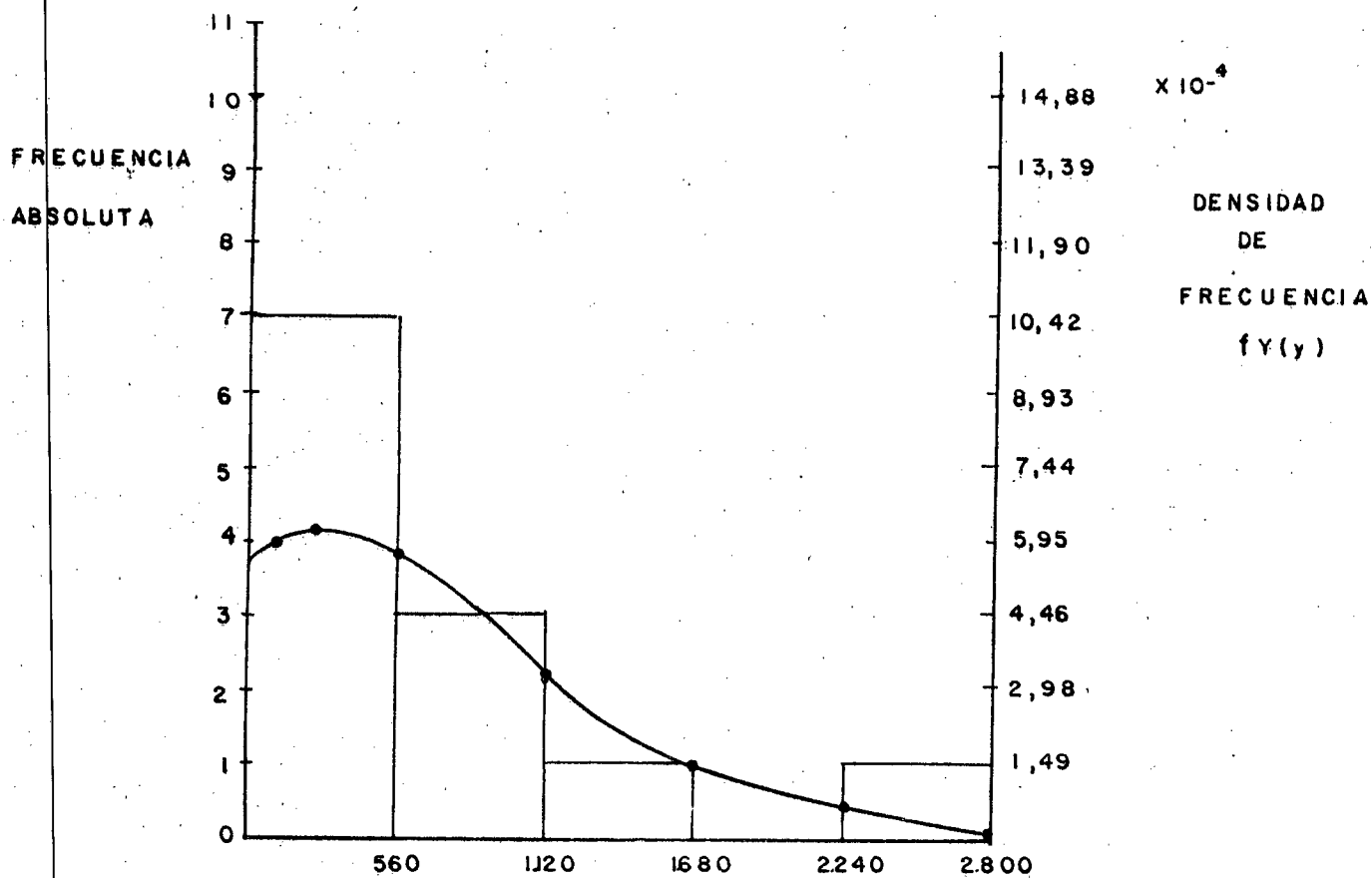
GRAFICO N° 20  
 HISTOGRAMA: EL ISIRO



CONTEO DE FITOPLANCTON U.S.A

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$fY(y)$
0	-0,37	0,3402 32	$3,81 \times 10^{-4}$
800	0,52	0,32796 2	$3,67 \times 10^{-4}$
1.600	1,42	0,189 8 6	$2,13 \times 10^{-4}$
2.400	2,31	0,089906	$1,01 \times 10^{-4}$
3.200.	3,21	0,038771	$0,43 \times 10^{-4}$
4.000	4,11	0,0162145	$0,18 \times 10^{-4}$

GRAFICO N°21  
 HISTORAMA DE MAPARA



CONTEO DE FITOPLANCTON U.S.A  
 $\mathcal{L} = 1,72 \times 10^{-3}$

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$fY(y)$
560	0,50	0,33070	$0,57 \times 10^{-3}$
1.120	1,46	0,18418	$0,32 \times 10^{-3}$
1.680	2,42	0,081402	$0,14 \times 10^{-3}$
2240	3,39	0,032597	$0,06 \times 10^{-3}$
2.800	4,35	0,012783	$0,02 \times 10^{-3}$

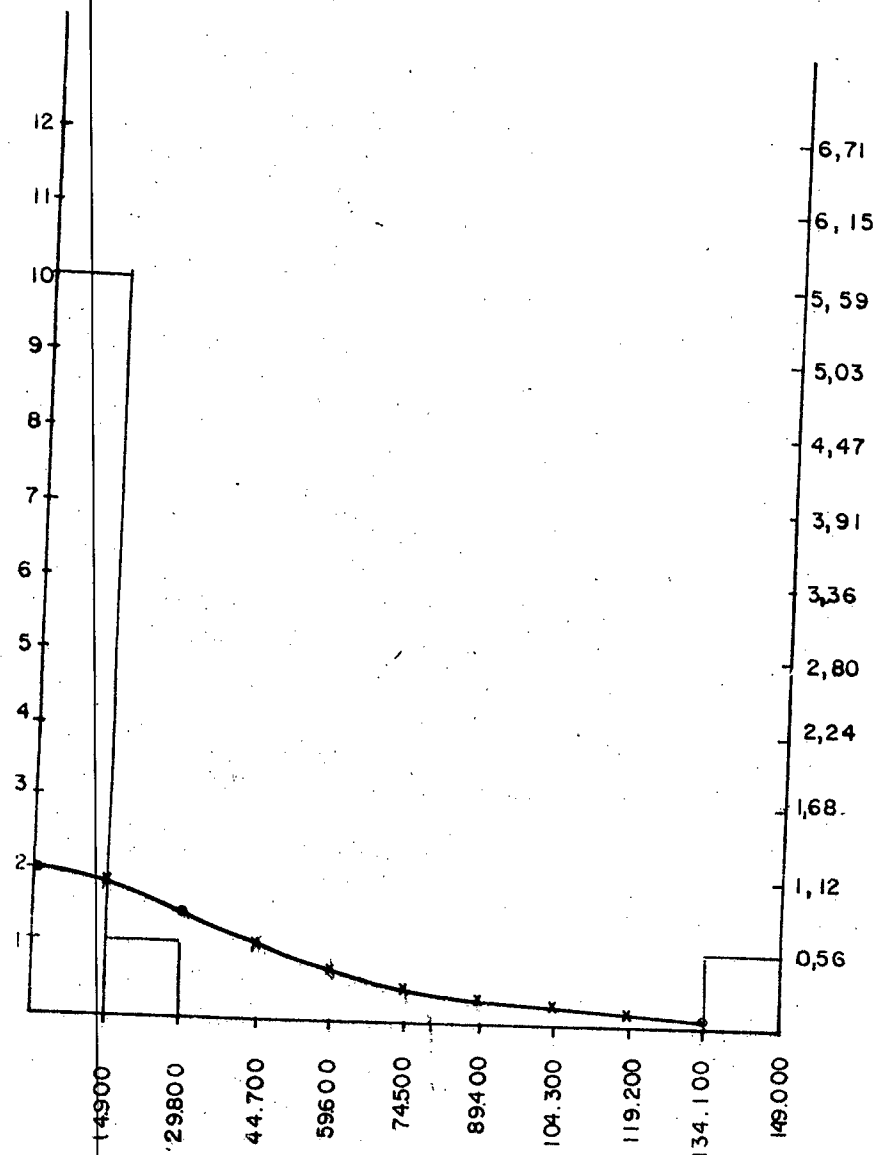
GRAFICO N° 22

HISTOGRAMA DE : JABILLAL

$\alpha = 3,05 \times 10^{-5}$

FRECUENCIA ABSOLUTA

Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$f_y(y)$
14.900	0,51	0,329331	$1,00 \times 10^{-5}$
29.800	0,97	0,25947	$0,79 \times 10^{-5}$
44.700	1,42	0,18986	$0,58 \times 10^{-5}$
59.600	1,88	0,131054	$0,40 \times 10^{-5}$
74.500	2,33	0,088338	$0,27 \times 10^{-5}$
89.400	2,79	0,057781	$0,18 \times 10^{-5}$
104.300	3,24	0,037694	$0,11 \times 10^{-5}$
119.200	3,69	0,024357	$0,07 \times 10^{-5}$
134.100	4,15	0,0155725	$0,05 \times 10^{-5}$
$\alpha$	$\alpha$	0	

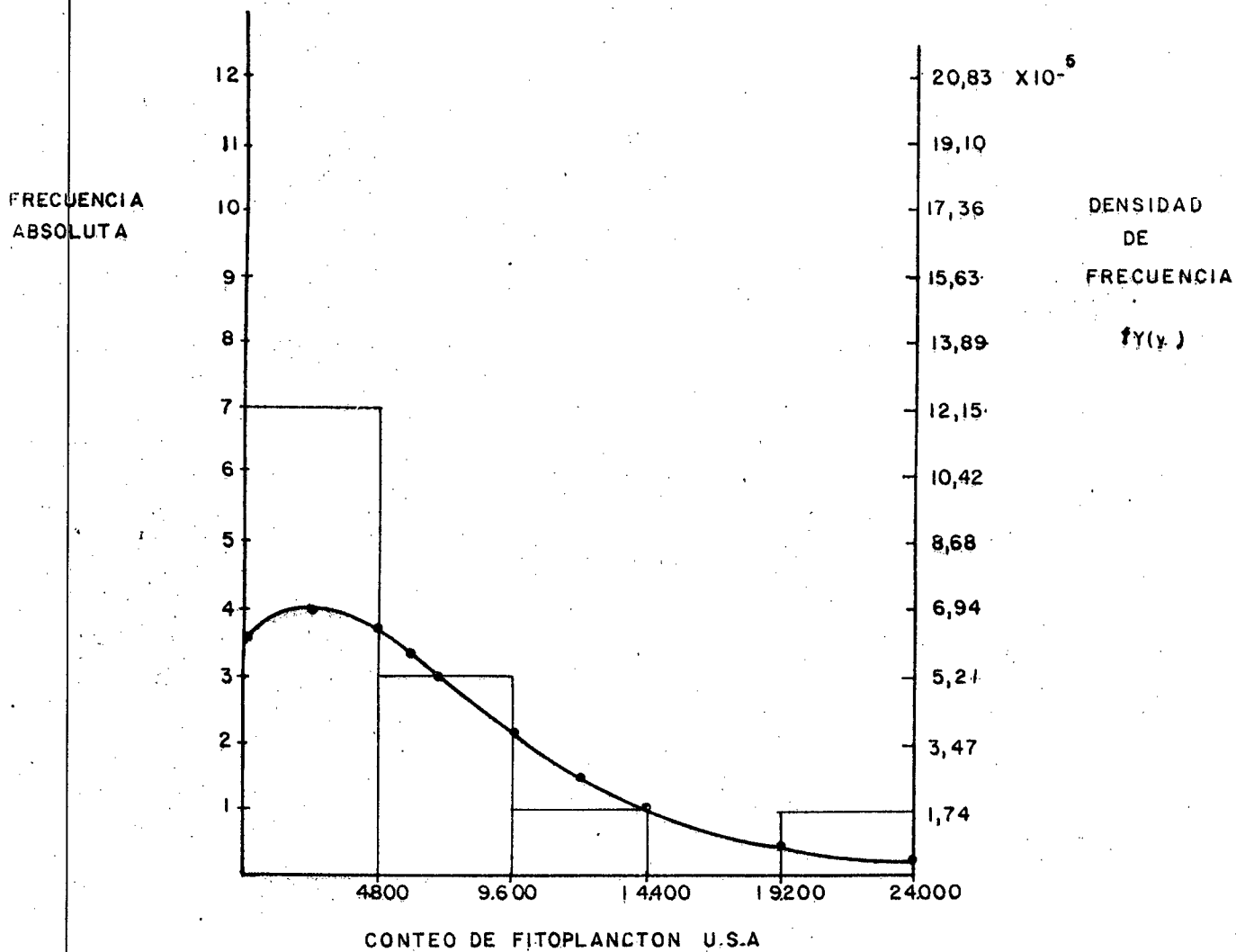


$\times 10^{-5}$   
DENSIDAD DE FRECUENCIA  
 $f_y(y)$

CONTEO DE FITOPLANCTON

GRAFICO N° 23

HISTOGRAMA DE: LA MARIPOSA



Y	$\omega$	$f\omega(\omega)$	$fY(y)$
0	-0,44	0,32 8224	$6,20 \times 10^{-5}$
4.800	0,47	0,334 357	$6,32 \times 10^{-5}$
9.600	1,38	0,195662	$3,70 \times 10^{-5}$
14.400	2,28	0,0923 88	$1,75 \times 10^{-5}$
19.200	3,19	0,039523	$0,75 \times 10^{-5}$
24.000	4,10	0,016375	$0,31 \times 10^{-5}$

## 6.- DISCUSION

Debido al hecho de que todos los embalses no tenían la misma cantidad de registros, para este análisis se tomaron los embalses con mayor número de datos, claro está que en este método un registro de 12 años es escaso, ya que la distribución Gumbel requiere de mayor cantidad de años de registro.

El criterio de selección para la escogencia de los embalses a desarrollar en este análisis estadístico, se trató de hacer de tal manera que quedaron representadas las diferentes zonas del país, como también que en los conteos de fitoplancton para los embalses, se apreciara un rango de valores, altos, intermedios y bajos, que se corresponden con las diferentes categorías de clasificación trófica.

Al graficar los valores de conteo de fitoplancton en función de su probabilidad de no ocurrencia se observa que los puntos observados no definen claramente la dirección de la recta de ajuste, por lo que su trazado debe ser realizado con sumo cuidado, tomando como resultado final, después de varios ensayos, el más conveniente. Esta dificultad se originó por el hecho de que los 12 años de registro no son suficiente como para trazar a priori la recta de ajuste definitiva, por lo que la obtenida, es una aproximación.

Para apreciar gráficamente las diferencias que existen entre los tres niveles tróficos se pueden representar tres embalses de diferentes categorías a una misma escala en el papel de probabilidades

extremas de Gumbel, obteniéndose por resultados tres rectas de pendientes distintas.

La de mayor pendiente presenta alta probabilidad de tener estados tróficos indeseables, es decir, altamente eutrofizados, como es el caso del embalse Santa Rosa.

Por otra parte, el embalse Guaremal, presenta una recta de menor pendiente, lo que indica que tiene muy baja probabilidad de ser eutrófico, en otras palabras, puede ser considerado como oligotrófico, que es la condición más favorable para un embalse destinado a consumo humano.

La categoría intermedia queda representada por el embalse Camatagua y su pendiente queda enmarcada entre la mayor y la menor por lo que se considera dentro del nivel mesotrófico.

El modelo de Distribución Probabilística Empírica que es desarrollado mediante los gráficos se ajusta bastante bien al Modelo de Distribución Probabilística Teórica, ya que si se hace una comparación entre ambos en lo que respecta a probabilidad de ocurrencia se observa que los resultados arrojados son muy similares en los dos modelos.

Para los embalses analizados, se tienen los siguientes tipos:

Embalse Tipo	Nombre
A	Tierra Blanca Guaremal Manuelote El Isiro Mapará
B	Camatagua La Mariposa Cumaripa Manuelote
C	Cumaripa El Pao Cachinche Jabillaal
D	Santa Rosa

Un embalse puede estar en dos categorías pero para su clasificación se tomará el tipo más desfavorable. Por ejemplo, Manuelote, cae en dos niveles: Tipo A y Tipo B, por lo que se toma la clasificación Tipo B.

Al igual se tiene el embalse de Cumaripa que queda en marcado como clasificación final el tipo C.

El conteo de fitoplancton es una variable discreta por lo que no se conoce con exactitud si el valor observado corresponde al máximo boom de Fitoplancton, el cual pudo haber ocurrido unos días antes de la toma de muestra; también influye el sitio donde ésta se ha

tomado ya que de producirse una fuerte brisa en determinado momento las masas de fitoplancton se esparcen y la muestra no es representativa de lo que ocurre en el embalse.

Todos estos detalles podrían explicar el hecho de que al tratar de trazar la curva en el papel de probabilidades de Gumbel no se observa una linealidad evidente de los puntos.

Lo que cuenta es la pendiente de la recta para definir si un determinado embalse es Eutrófico, Mesotrófico u oligotrófico.

Aún cuando el conteo de fitoplancton es una variable discreta y no continua, como la de la lluvia, la distribución que más se ajusta es en definitiva la de Gumbel.

## 6.1 Análisis de Costo

Es conveniente mantener a los embalses en un nivel trófico deseable de manera que cuando llegue el agua a las plantas de tratamiento su costo no sea tan elevado, como es el caso de los embalses altamente eutrofizados. Cabe mencionar los embalses que no poseen tomas selectivas sino una sola toma y cuando esta eutrofizado resulta muy costoso el tratamiento en planta ya que se debe usar obligatoriamente esa agua por no poderse alternar el sitio de toma.

Para minimizar los costos de tratamiento es recomendable tratar las aguas en el propio embalse evitando la proliferación de plancton para lo cual se emplea sulfato de cobre como algicida dicha sustancia se encuentra en el mercado con un costo aproximado entre 5 y 7 bolívares el kilo, empacado en sacos de 50 kilos, anteriormente esta sustancia era importada pero actualmente se está produciendo en nuestro país lo que minimiza el costo.

Cada embalse tiene sus características particulares por tanto la cantidad de sulfato de cobre a utilizar va a depender de varios factores, como lo son: Volúmen de agua, grado de turbidez y nivel trófico del embalse.

Otra sustancia que es utilizada como oxidante de la materia orgánica es el Hipoclorito de Calcio cuyo costo es de 169 Bs. el kilo.

Un parámetro que es utilizado en la dosificación es que la cantidad de sulfato de cobre, no exceda a una parte por millón del volumen de agua evitando así los efectos secundarios.

### 7.- CONCLUSIONES

En definitivas los embalses que se han estudiado, se clasifican de la siguiente forma:

EMBALSE	TIPO
Camatagua	B
Santa Rosa	D
Tierra Blanca	A
Cumaripa	C
Guaremal	A
Manuelote (Socuy)	B
El Pao Cachinche	C
El Isiro	A
Mapará	A
Jabillal	C
La Mariposa	B

Los embalses que resultaron ser tipo A (Alta probabilidad de ningún tratamiento al año) que pertenecen a la categoría oligotrófico son: Tierra, Blanca, Guaremal, El Isiro y Mapará, estos resultados se obtuvieron del análisis estadístico que se realizó a los valores de conteo de fitoplancton en cada uno de los embalses siguiendo una distribución de valores extremos de Gumbel.

Por otra parte tomando en cuenta las características de las cuencas en las que se encuentran dichos embalses puede observarse que están, prácticamente no intervenidas. Enumerando para cada uno de los embalses se tiene que:

Tierra Blanca: Presenta poca intervención en sus alrededores y en época de lluvia hay un pequeño aporte de sedimentos de baja proporción que no acarrea graves consecuencias de deterioro del embalse.

Guaremal : A pesar de que su cuenca ha sido intervenida por el hombre y el arrastre de sedimentos es favorecido por el tipo de relieve la labor de prevención y concientización llevada a cabo por el INOS ha permitido que en los últimos años los niveles tróficos se mantengan evitando la degradación paulatina del embalse.

El Isiro : Dado que las condiciones naturales de la cuenca se han mantenido intactas y que la mano del hombre no ha logrado degradarla, el embalse presenta un nivel trófico deseable. Una de las fuentes de aporte de nutrientes la constituye el arrastre de fertilizantes , pero en cantidades tan pequeñas que no produce ninguna alteración.

Mapará : Al igual que el Isiro su cuenca se mantiene en condiciones inmejorables, presentando poca intervención en sus alrededores.

Al analizar las características de las cuencas se puede inducir que la calidad de agua de sus respectivos embalses es de alto grado ya que no reciben aportes considerables de nutrientes que pudieran degradarlo, lo que corrobora el resultado obtenido mediante el análisis estadístico que indicaba que el embalse no precisaba de ningún tipo de tratamiento.

Camatagua, Manuelote y La Mariposa quedaron enmarcados en la clasificación tipo B (baja probabilidad de varios tratamientos al año) según el análisis estadístico efectuado por lo que se consideran Mesotrófico.

Detallando las características de las cuencas para cada embalse:

Camatagua: Las fuentes de nutrientes al embalse lo constituyen los sedimentos producto de las prácticas de cultivo empleadas, por otra parte la lluvia es capaz de arrastrar nutrientes que se originan en zonas industrializadas.

Manuelote: (Socuy) La actividad que se realiza en la cuenca es eminentemente pecuaria, por lo que es este tipo de explotación la principal responsable de la contaminación de las aguas aunque es difícil controlarla debido a que dicha actividad contribuye con la economía de la región.

La Mariposa: El uso irracional de las tierras por parte del campesinado ha constituido uno de los factores mas graves que inciden en la degradación de los recursos en la cuenca, unido a ello la intervención humana sin una planificación racional y coherente, constituyen los problemas principales de la cuenca.

Como es de hacer notar las cuencas de estos embalses presentan cierto grado de intervención humana debido al tipo de actividad agrícola, pecuaría, industrial, etc que es llevada a cabo en la cuenca. Naturalmente esto se ve reflejado en el embalse que recibe el aporte de nutriente de todas estas prácticas que van deteriorando la calidad del agua.

Este estado en que se encuentran dichas cuencas coincide con lo obtenido del Análisis Estadístico ya que estos nutrientes que son arrastrados a los cuerpos de agua debido a la práctica constante de una actividad determinada, debe ser controlada mediante tratamiento, de lo contrario el embalse podría pasar fácilmente de Mesotrófico a Eutrófico, ya que en este nivel trófico el cuerpo de agua es muy susceptible de cambios y aún se está a tiempo de aplicar medidas.

Los Embalses de Cumaripa, Pao-Cachinche y Jabilal resultaron ser tipo C ( Mediana Probabilidad de varios tratamientos al año) y el embalse Santa Rosa quedó dentro del tipo D (alta probabilidad de varios tratamientos al año) como resultado del Análisis Estadístico y pertenecen a la categoría de Eutrófico.

Si se estudian en detalle las características de dichas cuencas se puede observar que están altamente intervenidas y presentan graves problemas.

Cumaripa : En la cuenca se tienen innumerables causas que son las responsables del deterioro del embalse entre las cuales pueden mencionarse entre otros los primitivos métodos de cultivo empleado (tañala y quema), la alta densidad demográfica, el uso de fertilizantes, la actitud poco conservacionista del campesinado, los incendios forestales, etc.

Pao-Cachinche: Los problemas más graves que se tienen en la cuenca son el aporte continuo de sedimentos que son arrastrados al embalse de alta carga orgánica, proyectos de desarrollos urbanísticos en áreas de un gran potencial agropecuario y las descargas provenientes de la cría de animales.

Jabilla : El inconveniente más grave que presenta la cuenca es el aporte considerable de sedimentos que caen al embalse en épocas de lluvia así como otros desechos que son arrastrados a los cuerpos de agua.

Santa Rosa: Uno de los inconvenientes en esta cuenca se debe al aporte de plagicida que se usan en las actividades agrícolas, también el gran aporte de sedimentos, además de las descargas de cochineras que son absorbidas por el embalse entre otras.

Estas cuencas están muy intervenidas y son mu-

chos los factores que generan los nutrientes que van facilmente a llegar a los cuerpos de agua lo que se verifica con el resultado obtenido mediante el análisis estadístico ya que un embalse tipo C ó tipo D, indica que se requiere de un tratamiento riguroso a fin de mejorar la calidad del agua y hacerla apta para consumo humano.

Los costos de tratamiento de las aguas provenientes de fuentes eutróficas son muy elevadas por lo que resulta más económico para el INOS tratar in situ dichas fuentes eutrofizadas que hacerla en sus plantas de tratamiento, principalmente mediante el control químico (sulfato de cobre e Hipoclorito de Calcio). Otra forma de disminuir los gastos de tratamiento se lograría mediante el saneamiento de las cuencas ya que de esta manera bajaría la entrada de nutrientes a los cuerpos de agua con lo que mejoraría la calidad del agua embalsada.

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

- 1.- ATTIAS., Antonio .- Trabajo de Investigación " Análisis de Valores Extremos en Estudios de Eutrofización de Embalses, 1985
- 2.- BENJAMIN Jack R.- Probabilidad y Estadística en Ingeniería Civil. Edit. McGraw-Hill, 1981
- 3.- BOWKER, Albert H., LIEBERMAN, Gerald J.- Estadística para Ingenieros. Edit. Prentice-Hall International . 1981
- 4.- GUMBEL E.J., Statistic of Extremes. New York, Columbia University Press 1958.
- 5.- MARTIN PEREZ, Liberio . Problemática de la Eutrofización en Embalses Tropicales, Tesis de Grado, 1985
- 6.- PEREZ MACHADO, José Leoncio. Fundamentos del Ciclo Hidrológico. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. 1979
- 7.- RIVAS GONZALEZ, Ernesto. Estadística Inductiva. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Económicas y Sociales. Caracas, 1975
- 8.- APHA, AWWA, WPCF.- Standard Methods for the Examination of Water and Waste-water, 15th. Edit. 1975
- 9.- INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS.- Embalses. Manual Descriptivo de los Procesos Biológicos y Físico-Químicos operados en su interior.
- 10.- INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS.- Libro. El Agua . Recopilación de Información de los distintos embalses en el país .
- 11.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.- Proyecto sobre un Estudio de la Sección Norte del Río Guárico. Belén-Embalse Camatgua. 1983
- 12.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.- Plan de Manejo de la Cuenca del Río Yaracuy. 1982
- 13.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.- Manejo Integral. Cuenca alta y media del Río Yaracuy. Estrategia para el Manejo de la subcuenca piloto. 1981

- 14.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.- Plan de Prevención de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Yaracuy, Turbio Tocuyo. 1980.
- 15.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Informe sobre la Problemática de la Cuenca en Guaremal. 1985
- 16.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATUARLES RENOVABLES. Ocurrencia de Incendio de Vegetación Estado Zulia, 1983
- 17.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Plan de Prevención para las cuencas de los ríos Guasare y Socuy-Cachiri,1985
- 18.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Proyecto Socuy-Embalse Manuelote . Estado Zulia. 1984.
- 19.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Diagnóstico Conservacionista Fase I de las sub-cuencas Altas y Bajas del Río Socuy. 1984
- 20.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES.- Estudio Hidrológico Conservacionista de la Cuenca del Río Pao hasta el sitio Pao-Cachinche. 1980
- 21.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Diagnóstico Conservacionista Sub-Cuenca "El Isiro" Edo. Falcón Fase I. 1979
- 22.- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. Diagnóstico Conservacionista de la cuenca Alta del Río Tuy. 1984

