



**Ministerio del Ambiente  
y de los Recursos  
Naturales Renovables**

**REVISION DE ASPECTOS  
HIDROMETEOROLOGICOS Y  
AMBIENTALES EN LA  
CUENCA DEL RIO MACARAO**

**CARACAS, JUNIO 1997**

REPUBLICA DE VENEZUELA  
DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INFORMACION AMBIENTAL  
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA  
DIVISION DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES  
DPTO. DE HIDROMETEOROLOGIA

**Revisión de Aspectos Hidrometeorológicos y  
Ambientales en la Cuenca del Río Macarao**

Ing. Euridice Vicuña Espinoza  
Ing. David Pérez Hernández

*Caracas, Junio de 1997*

---

## INDICE GENERAL

---

PAG.

I.	INTRODUCCION	1
II.	CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LA CUENCA	2
1.	Precipitación	2
2.	Evaporación	3
3.	Temperatura Ambiental	3
4.	Humedad Relativa	4
5.	Viento	4
III.	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA	4
IV.	FUENTES Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS	5
V.	CONCENTRACION DEL SEDIMENTO EN AGUAS BAJAS	6
VI.	FORMAS DE EROSION	8
VII.	ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE LAS AGUAS	9
VIII.	EFFECTOS AMBIENTALES DEL EMBALSE SOBRE EL AREA INUNDADA	11
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	13

---

---

### INDICE DE CUADROS (ANEXO Nº 1)

---

Nº 1	ESTACIONES CLIMATOLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO MACARAO
Nº 2	VALORES DE PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO / ESTACION: MACARAO-DIQUE.
Nº 3	VALORES DE PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO / ESTACION: ALTOÑO LEON.
Nº 4	VALORES DE PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO / ESTACION: LLANO DE CURA.
Nº 5	VALORES DE PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO / ESTACION: SITIO OROPEZA.
Nº 6	CAUDALES LIQUIDOS, SOLIDOS Y CONCENTRACIONES DE SEDIMENTOS EN DIFERENTES TRAMOS DEL RIO MACARAO.
Nº 7	ANALISIS MICROBIOLOGICO DEL AGUA CERCA DEL SITIO DE PRESA Y EL CASTILLO.

---

### INDICE DE MAPAS (ANEXO Nº 2)

---

Nº 1	PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN MM (PERIODO: 1954-1983)
Nº 2	DISTRIBUCION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION POR ESTACIONES

---

### INDICE DE GRAFICOS (ANEXO Nº 3)

---

Nº 1	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: ALTOÑO LEON
Nº 2	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: MACARAO-DIQUE
Nº 3	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: ALTO IZCARAGUA
Nº 4	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: LLANO DE CURA
Nº 5	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: EL ARADO
Nº 6	PRECIPITACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: SITIO OROPEZA
Nº 7	CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA EN ALTOÑO LEON
Nº 8	CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA EN MACARAO-DIQUE
Nº 9	CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA EN LLANO DE CURA
Nº 10	CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA EN SITIO OROPEZA

---

- 
- Nº 11 EVAPORACION MEDIA MENSUAL / ESTACION: MACARAO-DIQUE
  - Nº 12 TEMPERATURA MEDIA MENSUAL / ESTACION: MACARAO-DIQUE
  - Nº 13 HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL / ESTACION: MACARAO-DIQUE
  - Nº 14 VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL / ESTACION: MACARAO-DIQUE
  - Nº 15 PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO MACARAO HASTA SITIO DE PRESA
  - Nº 16 CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL DEL LECHO - RIO MACARAO
-

## I. INTRODUCCION

Con el rápido incremento de la población del Area Metropolitana de Caracas y subsiguientemente sus demandas de agua, se ha visto la necesidad de disponer de fuentes adicionales, así como de reservas suficientes que permitan solventar déficits o períodos de racionamientos, en caso de fallas o incapacidad del Acueducto Metropolitano para suplir las demandas de la población. El embalse Macarao representa una opción adecuada para dar un aprovechamiento a corto plazo de las aguas producidas en la cuenca, aliviar el problema de la demanda creciente del agua y lo que es muy importante, dar mayor confiabilidad al sistema de abastecimiento.

Dadas las circunstancias de que el embalse forma parte de un Parque Nacional sujeto a normas de uso y conservación de los recursos naturales definidos, además de representar un cuerpo de agua de reserva, el cual debe operar en una condición llena o con reducidas fluctuaciones de nivel, hace necesario que se consideren aspectos hidrológicos específicos, en especial los relacionados con el manejo del agua y conservación de los recursos naturales de la cuenca, sobre todo considerando que se ubicaría en un área sometida a una alta presión y desarrollo de actividades humanas, con tendencias a incrementos en el futuro.

En atención a lo anterior, se ha realizado en este informe una descripción de las características fisiográficas de la cuenca y algunas sub-cuencas principales, una revisión de los aspectos climatológicos incorporando datos de estaciones cercanas al embalse antes no evaluados, especialmente los parámetros precipitación, humedad atmosférica, temperatura ambiental, vientos y evaporación.

Se analizan los factores geológicos y geomorfológicos condicionantes de los procesos de denudación, describiendo las formas de erosión y los efectos de las actividades humanas en diferentes sectores de la cuenca.

En base a mediciones recientes de caudales sólidos y líquidos en diferentes sectores del cauce, se reportan valores de las concentraciones, transporte y propiedades de los materiales tanto suspendidos como del lecho. Como información complementaria, se muestran datos de análisis bacteriológicos de las aguas del río Macarao, mediciones y muestreos a los cuales debe dársele continuidad y mayor atención en el futuro.

Finalmente, se hacen consideraciones sobre los efectos más importantes que ejercería la presencia del embalse sobre el medio físico-natural, así como las medidas adecuadas que contribuyan a conservar la calidad del agua, a extender la vida útil del embalse y preservar otros recursos naturales de la cuenca.

## II. CARACTERISTICAS CLIMATICAS DE LA CUENCA DEL RIO MACARAO

### 1. Precipitación.

La cuenca del río Macarao se caracteriza por una precipitación media anual de 898 mm y un aumento de la misma en sentido Noreste-Suroeste (Mapas Nos 1 y 2). Los núcleos de alta precipitación se encuentran localizados hacia las cabeceras del río Macarao, con un valor de 1044 mm, en Topo El Arado. Los de baja precipitación, se ubican en las cabeceras del río Sabaneta, al Noreste de la cuenca, con un valor medio anual de 720 mm. (Mapa N° 1 y 2)

La precipitación en la zona en estudio, presenta un comportamiento bimodal, es decir, un aumento y disminución de la precipitación dos veces al año. Los meses con valores altos de precipitación, se presentan en Junio y Octubre; los meses con valores mínimos de precipitación, ocurren en Febrero y Septiembre (Gráficos N° 1 - 6, Mapa N° 3).

Esta bimodalidad poco acentuada, se podría explicar por la combinación de varios factores:

- a) cuando el sol en su movimiento aparente Norte-Sur, pasa dos veces al año, generando áreas con elevadas temperaturas, susceptibles a la formación de nubes de gran desarrollo vertical e intensas precipitaciones.
- b) el pasaje de perturbaciones tropicales (ondas del Este, huracanes, etc.).

Se elaboraron las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F), de cuatro estaciones ubicadas dentro y cercana a la cuenca (Gráficos N° 7, 8, 9, 10). Cabe destacar que el período de registros de la estación Macarao-Dique es muy corto, apenas 5 años, sin embargo se tomó como referencia, por ser la única estación localizada cerca del embalse. La estación Alto Izcaragua, no se incluyó en este estudio por presentar datos poco confiables.

Para la elaboración de las curvas I-D-F, se aplicó el método de Gumbel a los datos de precipitación máxima para 30 minutos, 1, 3, 6, 9, y 12 horas de duración. Se obtuvieron los valores de precipitación extremas para períodos de retorno  $T_r = 2, 5, 10, 25, 50, 100$  años (Cuadros N° 2, 3, 4, 5). Dichos valores fueron transformados en intensidades, dividiéndolos por su duración respectiva y representándolos luego, gráficamente.

La comparación de los cuatro gráficos de I-D-F con el mapa de precipitación media mensual, permite deducir que las áreas al Suroeste de la cuenca, comprendidas entre Topo El Frutal y Sitio Oropeza, están sometidas en general, a lluvias de mayor intensidad para períodos cortos de duración (30 minutos, 1 hora), por ser áreas expuestas a la penetración de masas de aires que van descargando su contenido de humedad progresivamente, al ascender forzosamente por la barrera montañosa.

## 2. Evaporación.

Los valores de evaporación registrados por la estación climatológica en el embalse Macarao durante el período 1953-1983, revelan un régimen bimodal al igual que la precipitación. Los máximos valores de evaporación, se presentan en los meses Marzo y Septiembre con valores de 159 mm, 134 mm respectivamente. Los valores mínimos se presentan en los meses de Junio y Diciembre, con valores de 114 mm, 105 mm; respectivamente (Gráfico N° 11). La evaporación media anual en el embalse tiene un valor aproximado de 1.500 mm.

## 3. Temperatura Ambiental.

La temperatura media anual en la cercanía del embalse es de 21.6 °C. En Gráfico N° 12 se puede observar que las temperaturas máximas medias se presentan en los meses Marzo y Septiembre, y sus valores respectivos son

28.7 °C y 28.5 °C. Las temperaturas mínimas medias ocurren en los meses Enero y Febrero, y sus valores son 9.8 °C y 10.4°C, respectivamente.

#### **4. Humedad Relativa.**

La humedad relativa media anual en la parte baja de la cuenca es de 76%. Siendo los meses lluviosos los de mayor valor promedio, con 78%. (Gráfico N° 13). El período utilizado para estimar dichos valores fué 1949-1982.

#### **5. Viento.**

La velocidad media del viento a una altura de 2 m en el sitio de presa, es de 4.7 m/s . En el gráfico N° 14, se muestran los valores medios mensuales correspondientes al período 1954-1972.

En los meses de Febrero y Marzo se producen los valores máximos de velocidad, siendo sus valores 8.7 y 8.6 m/s, respectivamente.

No se encontraron reportes de la dirección del viento en dicha estación, pero se estima que tiene una dirección prevaleciente Noreste.

### **III CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA**

El río Macarao nace a 2100 msnm en Alto Ño León. Tiene una longitud desde las cabeceras hasta sitio de presa, de 16 Km; una pendiente media igual a 2.7 % (Gráfico N° 15) y un área de 87 Km<sup>2</sup>. Cabe destacar que en la carta 1:25.000, aparecen dos ríos con el mismo nombre Macarao. Se escogió el que nace en Alto Ño León, por tener mayor longitud de recorrido; el otro río se identificará en este informe como río El Frutal, por haber sido denominada su nacimiento con el mismo nombre.

En la cuenca alta, el río Macarao drena en dirección Sureste hasta recibir las aguas de Qda. El Frutal, y luego cambia su curso y lo mantiene en dirección Noreste.

La cuenca es alargada de Este a Oeste presentando hasta Las Adjuntas, una relación largo ancho de 1.5. El sistema de drenaje es dendrítico con tributarios de mayor longitud por su margen izquierda, tales como: Qda. Sabaneta (  $L= 5 \text{ Km}$ ,  $A = 9.0 \text{ Km}^2$  ), Qda. Aguaré o El Corozo (  $L=7 \text{ Km}$ ,  $A = 19 \text{ Km}^2$  ), Qda. Izcaragua (  $L= 4,5 \text{ Km}$ ,  $A = 9 \text{ Km}^2$  ). Por su margen derecha, recibe las aguas de Qda. El Frutal (  $L = 7 \text{ Km}$ ,  $A = 17 \text{ Km}^2$  ) y otros cursos menores, como Las Marías y El Escondido (Cuadro N° 6).

Actualmente no existe estación hidrométrica en el río Macarao. En años anteriores, llegó a generar información la estación Macarao en Palo Negro (INOS 1950 - 1968) pero de calidad muy baja.

#### IV. FUENTES Y PROPIEDADES DE LOS SEDIMENTOS

El río Macarao desarrolla su cauce medio e inferior sobre un relleno aluvial formado por peñones, gravas y arenas fluviales cuyas proporciones varían de acuerdo con la elevación y los aportes de los tributarios. Entre los fragmentos de mayor tamaño se presentan variedades litológicas de gneis, esquistos y areniscas, tales rocas se atribuyen a las formaciones Las Brisas y Las Mercedes de edad Cretácica. . A medida que se descende en la altura, aumenta la proporción de arena media y decrece el tamaño de los fragmentos de rocas y peñones, cuyo tamaños promedios están comprendidos entre 25 - 35 cm de diámetro. En los segmentos mas elevados del cauce, el flujo se torna localmente torrencial y donde abunda la acumulación de peñones, se recogen y transportan eficazmente las fracciones finas, permaneciendo estables las partículas de mayor tamaño.

Al no existir un suministro de material lavado desde los suelos de la cuenca, en el periodo de sequía y proceder la esorrentía del almacenaje subterráneo, incide en que el flujo presente un bajo transporte de material fino, observándose además, concentraciones muy bajas de sedimentos.

Tal comportamiento puede diferir en la condición de caudales elevados, que se registran en el período de lluvias.

Durante el mes de Abril del presente año (1997) se tuvo oportunidad de recorrer el valle del río Macarao en una larga extensión, observándose los materiales aluvionales de relleno, así como el carácter de los materiales de lecho y los aportados al río. Se captaron muestras para realizar los análisis correspondientes en el laboratorio.

El grafico N° 16 presenta el resultado de un análisis granulométrico de una muestra del lecho, captada en las inmediaciones de la presa de Macarao (sitio N° 3, Mapa N° 1), donde no existen materiales gruesos, resultando ser una arena-gravosa con un diámetro medio de 0,85 mm, con 18 % de grava fina; es de carácter cuarzosa y no contiene muchas impurezas de fragmentos líticos.

#### V. CONCENTRACION DEL SEDIMENTO EN AGUAS BAJAS.

Durante inspecciones de campo recientes y conjuntamente con la realización de aforos de caudales líquidos, se han captado muestras de sedimentos en suspensión en diferentes sectores, determinándose las concentraciones, permitiendo así evaluar el acarreo suspendido.

En el cuadro N° 7 se presentan los resultados obtenidos. Las mediciones se han realizado en tres tramos situados a nivel de la confluencia con la Qda. Izcaragua (El Castillo), que se identifica como Macarao 1, cerca de la unión con la Qda Pta. Escondida, Macarao 2 y en las inmediaciones al sitio de presa abajo de

la pequeña laguna artificial existente, Macarao 3, respectivamente (Mapa N° 1). La localización de estos sitios permitió hacer una evaluación simultánea de las condiciones bacteriológicas del agua en los diferentes tramos para la época de sequía, cuando se supone existe el más alto grado de contaminación, debido a la poca capacidad de dilución de los flujos. Adicionalmente se logró establecer las fuentes particulares de suministro y el umbral de contaminación orgánica.

Los caudales de estiaje como es natural se incrementan en dirección aguas abajo, lo cual es un reflejo de los aportes subterráneos y de los tributarios cuya escorrentía tiene en el subsuelo, la principal fuente de reposición de agua. Debe indicarse que aguas arriba del sitio de medición Macarao 3, existe un pequeño embalse que regula los flujos y modifica el caudal del río, especialmente en la época seca. Es factible que dadas las condiciones de alta permeabilidad de los sedimentos en el valle, una significativa fracción del caudal se infiltre en los aluviones desde éste embalse y no sea medido en el canal.

Estas mediciones no permiten fijar un criterio sobre la producción de sedimentos de la cuenca; sin embargo, es procedente considerar que el antiguo embalse de Macarao con una capacidad de 180.000 m<sup>3</sup> ejecutado en 1944 por el anterior INOS, operó durante 34 años en cuyo lapso perdió su capacidad. Si consideramos que el área de la cuenca es de 90 km<sup>2</sup>, se tendría un rendimiento sólido en el actual sitio de presa, cercano a los 600 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.año. Dicho valor es difícil de compatibilizar con lo que debe esperarse que ocurra en el futuro; primero, por que tal vez refleje condiciones de suministro sólido en un período de mucha actividad en la construcción y el urbanismo en la cuenca alta (sector de El Junquito) y segundo, porque la preservación del embalse va a depender de las medidas de control, protección y de conservación de la cuenca que se acometan en el futuro.

## VI. FORMAS DE EROSION

Las fuentes de materiales aportados al río Macarao se asocian fundamentalmente a intervenciones humanas que han inestabilizado sectores de suelos originalmente estables y con una adecuada protección vegetal. Dentro de tales acciones se pueden mencionar las siguientes:

1. Desarrollo de obras de vialidad en las estribaciones al norte de la cuenca, como es la carretera que une a Caracas con la Colonia Tovar, lo que se ha acompañado de un anárquico desarrollo urbano, modificación del drenaje natural y realización de enormes cortes de suelos y rocas en el Sector de El Junquito y sus adyacencias. Esto ha incrementado enormemente el suministro de sedimentos hacia el valle del río Macarao, lo cual no es factible de cuantificar en ausencia de mediciones y tampoco de hacerle un seguimiento en el tiempo, especialmente en los últimos 20 años, que marcan un acentuado progreso de tales actividades.

En el borde del río, siguiendo la planicie fluvial, la Guardia Nacional ha realizado una vía de penetración de 7 km de longitud aproximadamente para realizar inspecciones y reconocimientos, lo que determinó la remoción parcial de la vegetación y suelos. Sin embargo, el escaso tráfico por ésta vía y la labor de control que desempeña la presencia del Ejército, como cuerpo de vigilancia dentro de este sector, han evitado se incremente la erosión.

2. La acción reciente de conuqueros y especialmente de piromaníacos, han afectado áreas meridionales de elevación intermedia en La Vega El Rosario, al igual que en el área centro-norte donde la vegetación natural ha sido eliminada, transformándose la cobertura a una del tipo sabana donde se produce una erosión de tipo laminar. Estos penetran desde las cuenca de San Pedro y La Virgen o por la vía carretera del Junquito, donde existe un mayor

desarrollo de la población rural y ningún control para la penetración de personas al Parque. Incendios recientes han destruido completamente la vegetación, y los suelos en altas pendientes están expuestos a la remoción por acción de los agentes erosivos, lo que puede originar un incremento del suministro sólido en el futuro, notándose erosión de márgenes en el borde de algunos tributarios menores que drenan esos sectores. En particular las Filas El Rodeo, Los Yesos, La Juancia y tierras adyacentes a éstas, han sido intervenidas removiéndose la vegetación mediante incendios, algunos tal vez antiguos o recurrentes, no muestran evidencias de haber permitido regenerar la vegetación original.

Actualmente no se observa desarrollo de deslizamientos o cárcavas, y deberían iniciarse programas de reforestación con vegetación autóctona y además controlarse el avance de población hasta este sector de la cuenca, con el fin de conservar las reservas de agua en el futuro, así como para la preservación del futuro embalse.

3. Durante la construcción del actual dique de Macarao, se produjo un alto grado de intervención de los suelos y rocas en los alrededores y vecindades de la obra, lo que determinó un aporte notable de sedimentos hacia el río. Gran parte de éstos materiales, fueron movilizados aguas abajo y los suelos finos afectados, conservan elevados ángulos de inclinación, gracias a su cohesividad y ausencia del agua intersticial. En la misma forma, las rocas esquitosas y gneísicas, conservan su estabilidad debido a su composición química (ausencia de grafito y materia carbonosa) y escaso efecto de las aguas meteóricas.

## VII. ANALISIS BACTERIOLOGICO DE LAS AGUAS.

Se captaron muestras de aguas para determinar su grado de contaminación durante el período de aguas bajas, en dos sitios del cauce: uno

en el sitio Macarao 1 (El Castillo) y otro en las inmediaciones al embalse, aguas arriba del campamento de la Guardia Nacional. Los resultados se presentan en el cuadro N° 7 y los ensayos fueron procesados en el Laboratorio Central de aguas "La Mariposa", agregando los siguientes comentarios por el Dpto. de Calidad de Aguas de la Dirección de Hidrología del MARNR:

**"Estas aguas pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración y sus características se corresponden con los rangos y límites siguientes:**

$$\text{D.B.O} \leq 2,5 \text{ ppm}$$

$$5 * 10^3 \text{ c/100 ml (mensual)}$$

$$\text{N.M.P} < 5000 \text{ c/ml (mes)}$$

$$5 \leq \text{pH} \leq 9$$

$$\text{F} \leq 3 \text{ mg/l}$$

$$\text{color} \leq 150 \text{ Unidades de cIPt}$$

$$\text{turbidez} \leq 250 \text{ ut}$$

$$\text{Oxígeno disuelto} \geq 4 \text{ mg/l}$$

Los resultados de los análisis indican que las aguas presentan contaminación orgánica, causada por bacterias coliformes y Es-trectococcus fecales. Es decir, no cumplen en su estado natural con las normas sanitarias para consumo y su uso puede causar problemas de índole sanitaria".

Como medida subsiguiente a éstas labores en el río Macarao, deberían realizarse muestreos y análisis de aguas que permitan hacer un diagnóstico de su calidad y su grado de contaminación durante la recién iniciada época lluviosa, incluyendo algunos tributarios que actúan como focos de suministro de contaminantes, por su relación con asentamientos poblacionales situados en los niveles altos de la cuenca.

## VIII. EFECTOS AMBIENTALES DEL EMBALSE SOBRE EL AREA INUNDADA.

El vaso del embalse Macarao tendrá una forma alargada y se extenderá por el valle inundando 5 km, en condición de aguas normales, hasta la cota 1115 msnm. El volumen almacenado en la última etapa será de 47 mill. de m<sup>3</sup> y la superficie inundada cubrirá 165 has. La más notable variación en la extensión del reservorio se producirá hacia las Qdas. Sabaneta y Aguaré donde el agua cubrirá hasta 1,25 km. En tal condición, tanto las obras civiles como viviendas y vías de penetración existentes, serán inundadas. La vegetación a ésta elevación estará sometida a inundación y marchitez y deben producirse notables cambios en el régimen hidrológico y de transporte de los sedimentos.

La observación del comportamiento de los pequeños embalses que han existido hasta el presente en la cuenca, así como otros en las vecindades, permiten dar una idea tales cambios, por ejemplo una activa producción de biomasa acuática (hidrofitas) en el embalse, sustitutiva de la que se degrade por causa de la inundación debe esperarse que ocurra, sino se remueve la existente actualmente en el reservorio. Esto contribuiría a desmejorar la calidad de las aguas y requeriría de elevados costos en su tratamiento para el consumo. Tal situación se ha visto ocurrir tanto en La Mariposa, como en los ya mencionados embalses y el control de éste problema, en uno con las características del Macarao, tendría mayores dificultades y altos costos de control que en otro mas pequeño, por ejemplo, el de La Mariposa.

La vegetación acuática interfiere además, con otros usos del embalse como los recreacionales y puede afectar significativamente la forma como se distribuye el sedimento hacia el delta o en las partes mas profundas del vaso. Evidentemente que siendo alargado el reservorio, buena parte de los sólidos provenientes del río Macarao deben atraparse en la cola del mismo y sólo el sedimento mas fino, podría dispersarse a lo largo del embalse durante los períodos de crecientes. Por el contrario, los aportes procedentes de las Qdas.

Sabaneta y Aguaré están más propensos a llegar a las tomas y conductos de la presa, por lo que deben tomarse precauciones para evitar la acción de troncos y otros restos de vegetación. En tal sentido tratar de evitar el urbanismo y la destrucción forestal en estas sub-cuencas, que ya comienzan a ser intervenidas en sus periferias, es una buena medida de control para preservar la vida útil del embalse.

La acción erosiva del agua almacenada sobre los suelos y rocas circundantes al embalse, será probablemente de pequeña magnitud, a pesar de la naturaleza de los cortes en rocas y movilización de materiales producidos alrededor del vaso.

Se ha mencionado la alta resistencia estructural de los mismos y no existe actividad eólica suficiente para generar oleaje, que causen problemas erosionales de importancia.

## **IX. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.**

Como resultado de la revisión de la hidrología y de las condiciones ambientales de la cuenca del río Macarao, se pueden formular las siguientes conclusiones y recomendaciones :

1. Es importante cuantificar sistemáticamente ciertos parámetros climatológicos e hidrológicos en la cuenca del río Macarao, para contribuir a una mayor eficacia en el manejo del embalse. Actualmente se encuentra operativa una sola estación climatológica (Alto ño León) ubicada en la naciente del río; y ninguna estación hidrológica. Sería recomendable la instalación de otras estaciones climatológicas así como también, una estación hidrológica aguas arriba del embalse que permita cuantificar los aportes de agua al mismo.
2. La precipitación y la evaporación presentan un comportamiento bimodal poco acentuado, es decir un aumento y disminución de estos parámetros, dos veces al año. Los meses con valores altos de precipitación, se presentan en Junio y Octubre; siendo Marzo y Septiembre, para el parámetro evaporación. Los meses con valores mínimos ocurren en Febrero y Septiembre para el caso de la precipitación, y en Junio y Diciembre para el parámetro evaporación.
3. Las áreas al Suroeste de la cuenca, entre Topo El Frutal y Sitio Oropeza, están sometidas a lluvias de mayor intensidad para períodos cortos de duración ( 30 minutos, 1 hora).
4. En pocos aspectos se ha logrado modificar los criterios establecidos en estudios previos, con relación al diseño de la presa, centrándose la atención en los aspectos ambientales asociados a la presencia del embalse y sus efectos sobre el medio.

5. Mediciones de caudales líquidos en diferentes tramos del cauce indican la existencia de un régimen hidrológico permanente del río como de algunos de los tributarios, lo que se atribuye a la eficiente recarga del sistema rocoso fracturado y al almacenamiento subterráneo en los aluviones del valle, lo que garantiza un aporte de agua durante la época de sequía.
6. Muestreos y análisis de los sedimentos tanto del lecho como suspendidos, indican una notable variación de la granulometría de los materiales a lo largo del cauce; en la parte alta predominan guijarros y peñones, disminuyendo los tamaños conforme se desciende en elevación. El sedimento suspendido presenta bajas concentraciones y en consecuencia, el transporte sólido en suspensión correspondiente a la época de estiaje, es pequeño. Esto difiere de las condiciones de la época lluviosa, cuando se debe incrementar el transporte de los sedimentos.
7. Las formas de erosión observadas en la cuenca tienen un origen antrópico y la causada por acción natural es de poca intensidad. Ciertas áreas intervenidas en tiempos recientes han mostrado haberse estabilizado sin haberse adoptado ningún método protectorio. Otras sometidas a incendios con eliminación de la vegetación natural, son potenciales fuentes de suministro de sedimentos que se activarán, de no someterse a medidas de reforestación y tratamiento. En esta labor se puede involucrar Inparques o el Ejército.
8. Se estima que en el embalse o en su periferia no se producirá erosión inducida por oleaje y los taludes rocosos que estarían sometidos a las fluctuaciones de niveles del embalse, deben mantenerse estables, dado el carácter de los materiales y su composición mineralógica.
9. La vegetación acuática que prolifere en el embalse como los restos de árboles que tengan acceso a las obras de toma o ductos de la presa, podrían representar un problema para la operación del embalse, así como para el

tratamiento del agua, más aún si se considera que el reservorio permanecerá lleno con bajo reciclaje del almacenamiento, razón por la cual se sugiere la remoción de la vegetación natural del valle antes de proceder al cierre de la presa.

10. Los análisis bacteriológicos de las aguas durante el lapso de sequía, indican un grado de contaminación cuyo uso puede producir problemas de índole sanitaria. Una fase posterior requiere se detecten las fuentes de contaminación, así como los ríos que actúan como medios de transporte para tomar las medidas correctivas.

## ANEXO 1: Cuadros

**CUADRO N° 1****ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS UTILIZADAS  
EN LA CUENCA DEL RÍO MACARAO**

N°	SERIAL MARNR	ESTACION	TIPO	LATITUD (00°00'00'')	LONGITUD (00°00'00'')	ALTITUD (m.s.n.m)	PERIODO
1	1417	ALTO IZCARAGUA	PR	102741	670726	2091	49-83
2	1425	ALTOÑO LEON	PR	102624	670936	2101	48-92
3	1426	MACARAO-DIQUE	C2	102600	670200	1032	47-83
4	1436	AGUA FRIA	PR	102337	671049	1741	49-83
5	1437	LLANO DE CURA	PR	102300	670700	1686	49-83
7	1438	EL ARADO	PR	102408	670914	2103	54-83
8	1439	EL CARITE	C2	102400	670100	1021	48-83
9	1446	SITIO OROPEZA	PR	102322	670500	1628	49-92

**PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA  
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO  
CUENCA DEL RIO MACARAO**

**CUADRO N° 2**

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL: 1426 / PERIODO: 5 AÑOS

Tr (años)	PRECIPITACION (mm)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	19,1	29,6	31,6	35,1	36,0	36,5
5	25,9	35,1	38,4	45,0	46,7	47,6
10	30,4	42,2	42,9	51,6	53,8	54,9
25	36,2	43,3	48,6	59,9	62,8	64,1
50	40,4	46,7	52,8	66,0	69,4	71,0
100	44,6	50,1	56,9	72,1	76,0	77,8

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	38,2	29,6	10,5	5,8	4,0	3,0
5	51,8	35,1	12,8	7,5	5,2	3,9
10	60,8	42,2	14,3	8,6	5,9	4,6
25	72,4	43,3	16,2	10,0	7,0	5,3
50	80,8	46,7	17,6	11,0	7,7	5,9
100	89,2	50,1	18,9	12,0	8,4	6,5

**CUADRO N° 3**

ESTACION: ALTO NO LEON / SERIAL: 1425 / PERIODO: 22 AÑOS

Tr (años)	PRECIPITACION (mm)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	18,7	33,2	39,7	43,4	45,5	45,9
5	25,1	46,0	57,5	63,8	67,2	67,3
10	29,4	54,6	69,2	77,4	81,5	81,4
25	34,8	65,4	84,1	94,5	99,5	99,3
50	38,8	73,3	95,1	107,2	112,9	112,6
100	42,8	81,3	106,0	119,8	126,3	125,8

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	37,4	33,2	13,2	7,2	5,1	3,8
5	50,2	46,0	19,2	10,6	7,5	5,6
10	58,8	54,6	23,0	12,9	9,1	6,8
25	69,6	65,4	28,0	15,8	11,1	8,3
50	77,6	73,3	31,7	17,9	12,5	9,4
100	85,6	81,3	35,3	19,9	14,0	10,5

**PRECIPITACION E INTENSIDAD MAXIMA  
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO  
CUENCA DEL RIO MACARAO**

CUADRO N° 4

ESTACION: LLANO DE CURA / SERIAL: 1437 / PERIODO: 7 AÑOS

Tr (años)	PRECIPITACION (mm)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	19,7	26,8	32,9	36,4	37,5	38,8
5	23,5	33,4	39,6	43,8	50,5	52,6
10	25,9	37,7	43,9	56,9	59,1	61,7
25	29,1	43,1	49,4	67,3	70,0	73,3
50	31,4	47,2	53,5	74,9	78,0	81,8
100	33,7	51,2	57,6	82,5	86,1	90,3

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	39,4	26,8	10,9	6,1	4,2	3,2
5	47,0	33,4	13,2	8,1	5,6	4,4
10	51,8	37,7	14,6	9,5	6,6	5,1
25	58,2	43,1	16,5	11,2	7,8	6,1
50	62,8	47,2	17,8	12,5	8,7	6,8
100	67,4	51,2	19,2	13,7	9,6	7,5

CUADRO N° 5

ESTACION: SITIO DROPEZA / SERIAL: 1446 / PERIODO: 11 AÑOS

Tr (años)	PRECIPITACION (mm)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	23,4	31,1	39,6	49,8	51,4	51,5
5	31,3	42,0	52,1	62,6	64,2	64,2
10	36,5	49,2	60,4	71,1	72,7	72,6
25	43,0	58,3	70,9	81,3	83,4	83,3
50	47,9	65,0	78,6	89,7	91,3	91,2
100	52,7	71,7	86,4	97,6	92,2	99,0

Tr (años)	INTENSIDAD (mm/h)					
	0,5	1	3	6	9	12
2	42,2	26,8	10,9	6,1	4,2	3,2
5	55,0	33,4	13,2	8,1	5,6	4,4
10	63,2	37,7	14,6	9,5	6,6	5,1
25	73,8	43,1	16,5	11,2	7,8	6,1
50	81,8	47,2	17,8	12,5	8,7	6,8
100	89,4	51,2	19,2	13,7	9,6	7,5

### CUADRO N° 6

#### CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CUENCA DEL RIO MACARAO

CUENCA y SUBCUENCAS	Hmax (msnm)	Hmin (msnm)	AREA (Km2)	LONGITUD (m)	Tc (hora)	PENDIENTE MEDIA (%)
MACARAO	2100	1040	87,0	16,0	1,50	2,70
QDA. SABANETA	1950	1040	9,0	5,0	0,44	-
QDA. AGUARE O EL COROZO	2200	1080	19,0	7,0	0,60	-
QDA. IZCARAGUA	2080	1280	9,0	4,5	0,41	-
QDA. EL FRUTAL	2100	1275	17,0	7,0	0,68	-

### CUADRO N° 7

#### CAUDALES, SOLIDOS Y CONCENTRACION DE SEDIMENTOS EN DIFERENTES TRAMOS DEL RIO MACARAO

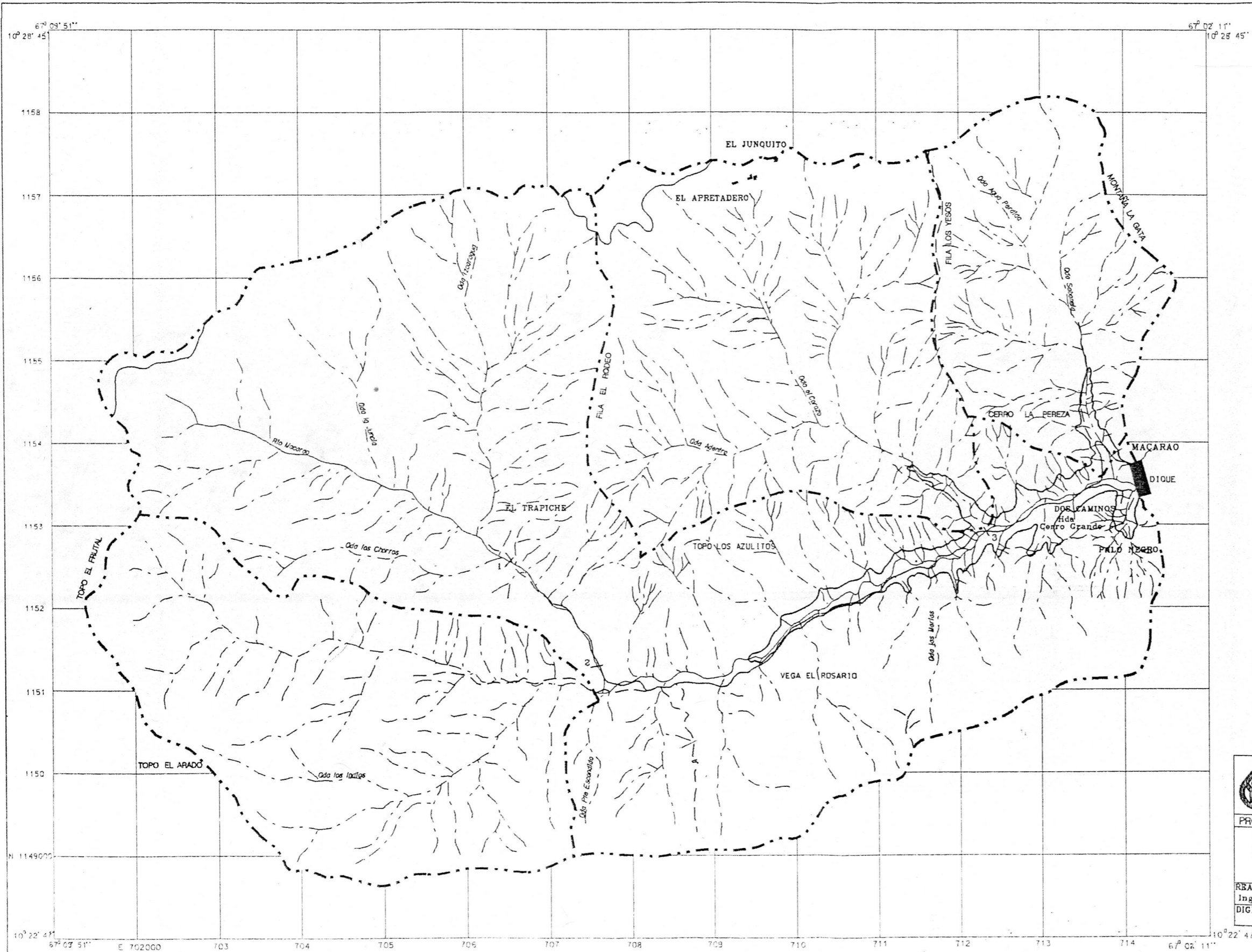
(1) ESTAC.	(2) FECHA	(3) Q (lps)	(4) P.SED. (grs)	(5) VOL. (cc)	(6) CONC. (mg/l)	(7) TRAN.SUSP. <del>102 * 10<sup>3</sup></del>
Macarao 1	16/04/97	75	0,0029	200	15	97,2
Macarao 2	"	70	--	--	--	
Macarao 3	"	125	0,0036	250	14	151,2
Macarao 1	21/04/97	73	0,0203	200	21	132,5
Macarao 2	"	69	--	--	--	
Macarao 3	"	186	0,0065	210	31	498,2

\* 10<sup>-3</sup> T/d

\* Corregirlo!



**ANEXO 2: Mapas**



**SITUACION RELATIVA REGIONAL**



**INDICE DE HOJAS ADYACENTES**

6747 - II - NO	6747 - II - NE
6747 - II - SO	6747 - II - SE


**SIGNOS CONVENCIONALES**

	Rio Permanente		Carretera de Tierra
	Quebrada Intermitente		Limite de Cuenca
	Carretera Pavimentada		Vaso

ESCALA 1 : 50.000

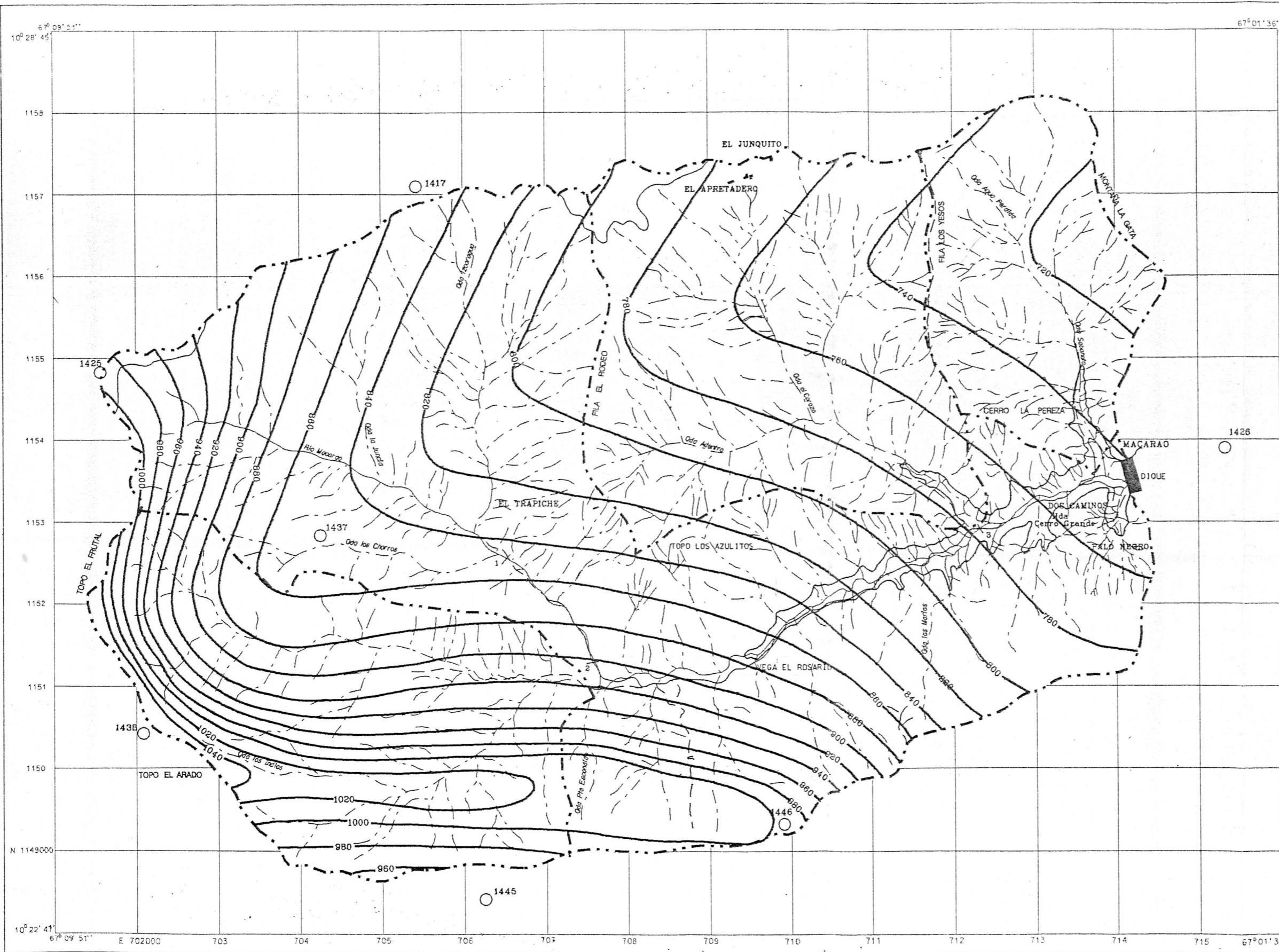


OBSERVACION :  
El Trabajo fue realizado en escala base 1 : 25.000


**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES**  
 DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INFORMACION AMBIENTAL  
 DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA  
 DIVISION DE ESTUDIOS E INVESTIGACION  
 OPTO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES HIDROMETEOROLOGICAS  
**PROYECTO : EVALUACION AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RIO MACARAO**

**CUENCA DEL RIO MACARAO  
HASTA EL SITIO DE PRESA**

REALIZADO : Ing Euridice Vicuña	FECHA : ABRIL 1997	TOTAL DE MAPAS : 3
DIGITALIZADO : Martin J. Mata	ESCALA 1 : 25.000	MAPA N° 1



SITUACION RELATIVA REGIONAL



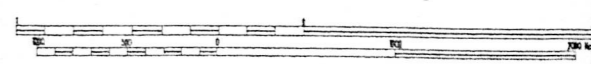
INDICE DE HOJAS ADYACENTES

6747 - II - NO	6747 - II - NE
6747 - II - SO	6747 - II - SE

SÍMBOLOS CONVENCIONALES

	Río Permanente		Carretera de Tierra
	Quebrada Intermitente		Límite de Cuenca
	Isolinia de Precipitación		Estación Climatológica
	Carretera Pavimentada		Vaseo

ESCALA 1 : 50.000

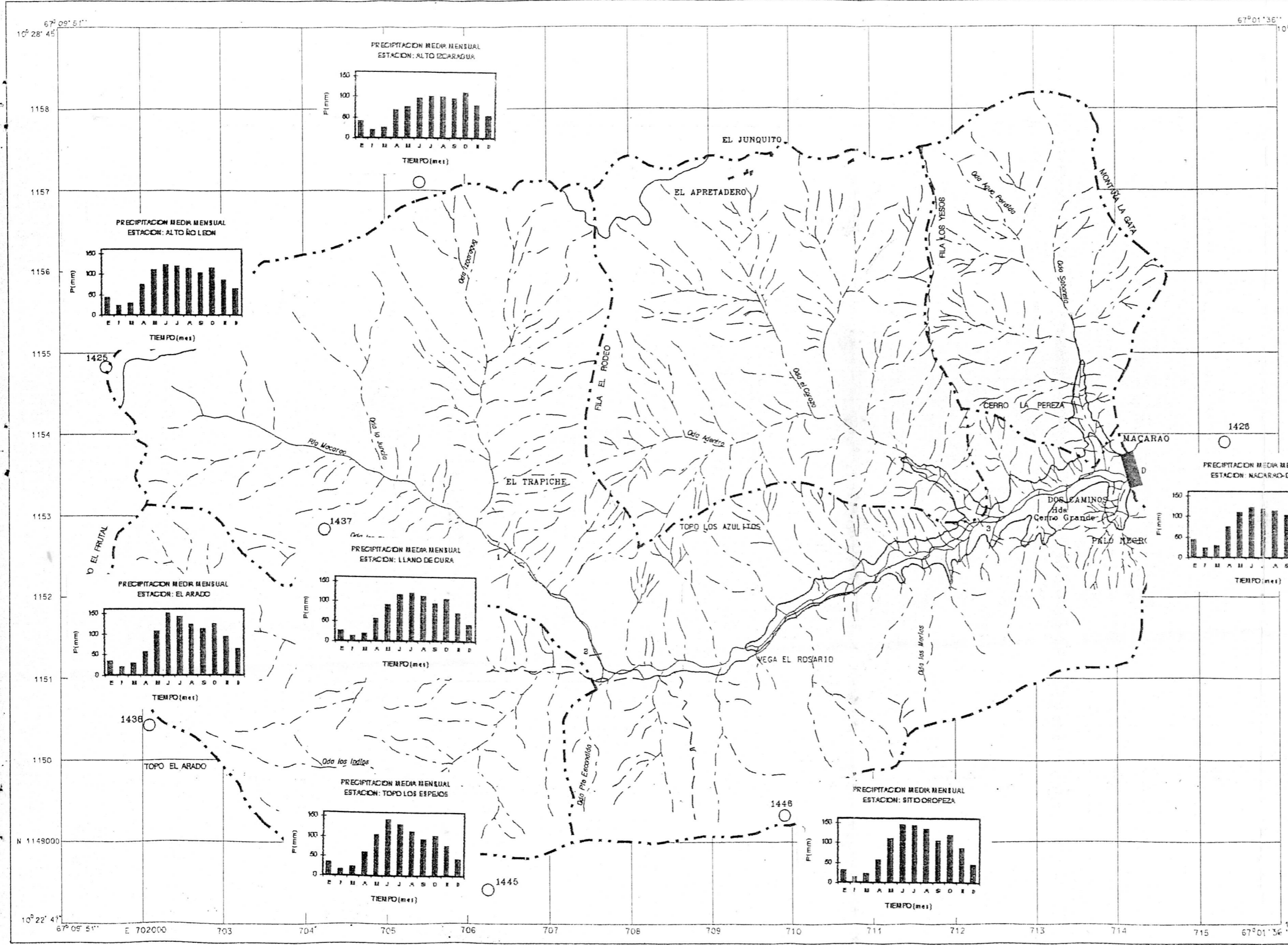


OBSERVACION :  
El Trabajo fue realizado en escala base 1 : 25.000

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INFORMACION AMBIENTAL  
DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA  
DIVISION DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES  
DPTO. DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

PROYECTO : EVALUACION AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RIO MACARAO

<b>PRECIPITACION MEDIA ANUAL (EN MM)</b>		
PERIODO : 1954 - 1983		
REALIZADO : Ing Euridice Vicuña	FECHA : ABRIL 1997	TOTAL DE MAPAS : 3
DIGITALIZADO : Martin J. Mata	Escala 1 : 25.000	MAPA N° 2



SITUACION RELATIVA REGIONAL INDICE DE HOJAS ADYACENTES

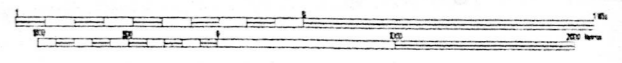


8747 - II - NO	8747 - II - NE
8747 - II - SO	8747 - II - SE

SIGNOS CONVENCIONALES

	Rio Permanente		Carretera de Tierra
	Quebrada Intermitente		Limite de Cuenca
	Estación Climatológica		Vaso
	Carretera Pavimentada		

ESCALA 1 : 50.000



OBSERVACION :  
El Trabajo fue realizado en escala base 1 : 25.000

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES  
 DIRECCION GENERAL SECTORIAL DE INFORMACION AMBIENTAL  
 DIRECCION DE HIDROLOGIA Y METEOROLOGIA  
 DIVISION DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES  
 DPTO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES HIDROMETEOROLOGICAS

PROYECTO : EVALUACION AMBIENTAL EN LA CUENCA DEL RIO MACARAO

**DISTRIBUCION ESPACIAL Y TEMPORAL DE LA PRECIPITACION**  
 PERIODO : 1964 - 1983

REALIZADO : Ing Euridice Vicuña	FECHA : ABRIL 1997	TOTAL DE MAPAS : 3
DIGITALIZADO : Martin J. Mata	Escala 1 : 25.000	MAPA N- 3

## **ANEXO 3: Gráficos**

GRAFICO Nº 1

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: ALTO ÑO LEON / SERIAL:1425

PERIODO: 1954-1983

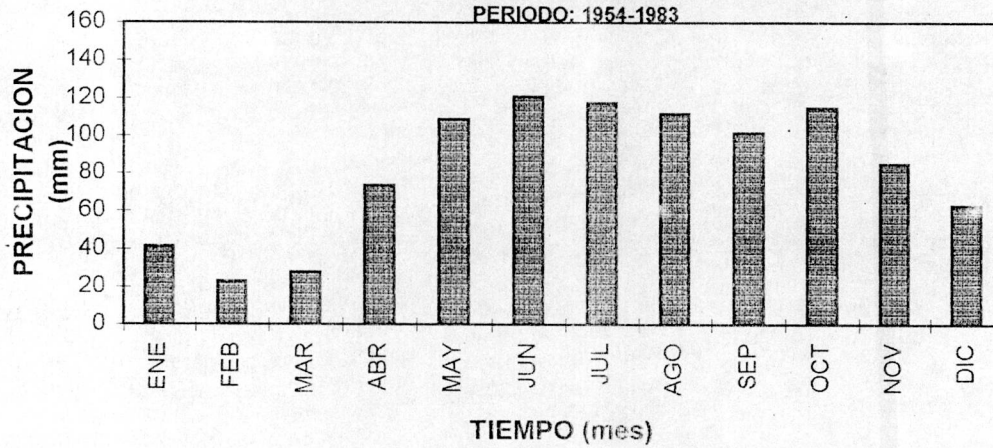


GRAFICO Nº 2

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL:1426

PERIODO: 1954-1983

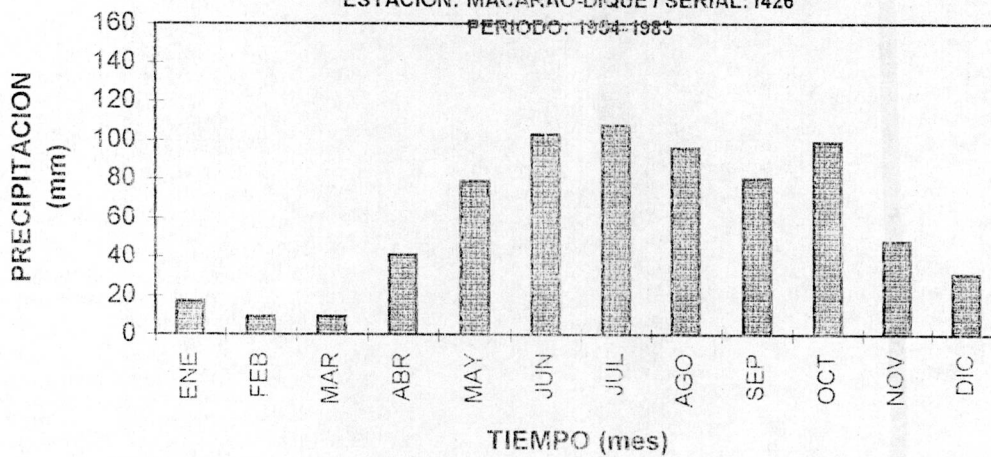


GRAFICO Nº 3

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: ALTO IZCARAGUA / SERIAL:1417

PERIODO: 1954-1983

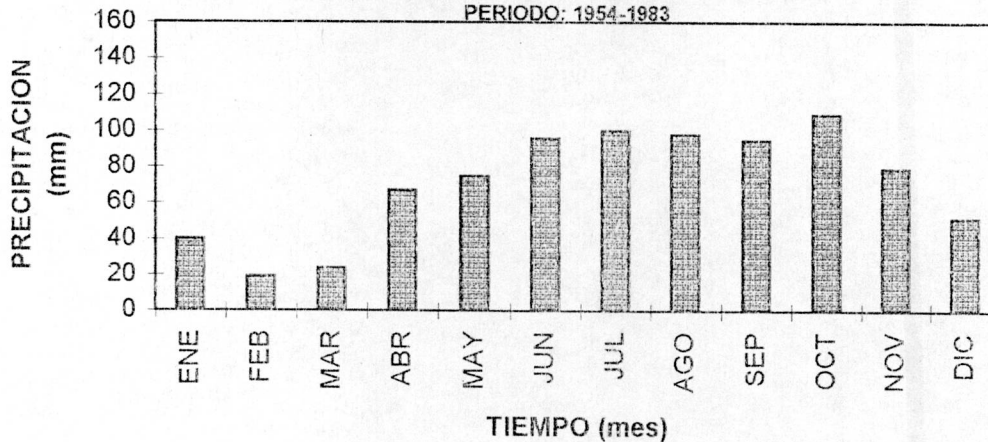


GRAFICO Nº 4

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: LLANO DE CURA / SERIAL:1437

PERIODO: 1954-1983

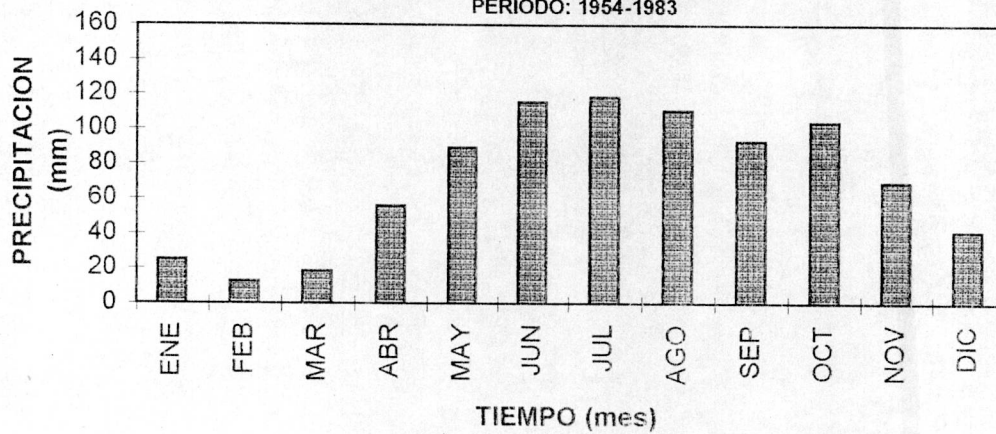


GRAFICO Nº 5

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: EL ARADO / SERIAL:1438

PERIODO: 1954-1983

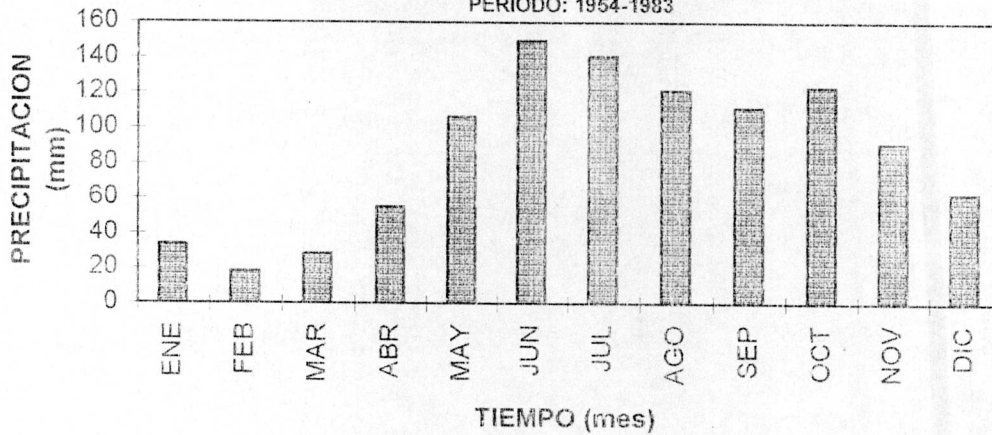


GRAFICO Nº 6

### PRECIPITACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: SITIO OROPEZA / SERIAL:1446

PERIODO: 1954-1983

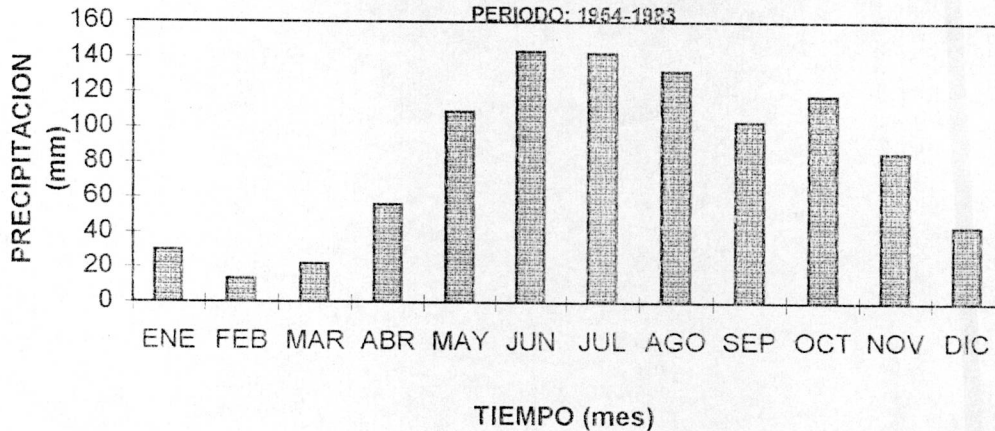


GRAFICO N° 11

### EVAPORACION MEDIA MENSUAL

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL:1426

PERIODO: 1954-1983

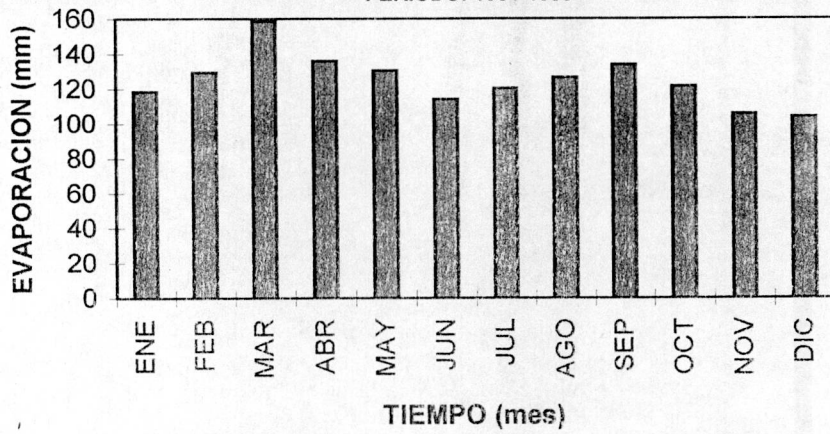


GRAFICO N° 12

### TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL:1426

PERIODO: 1950-1972

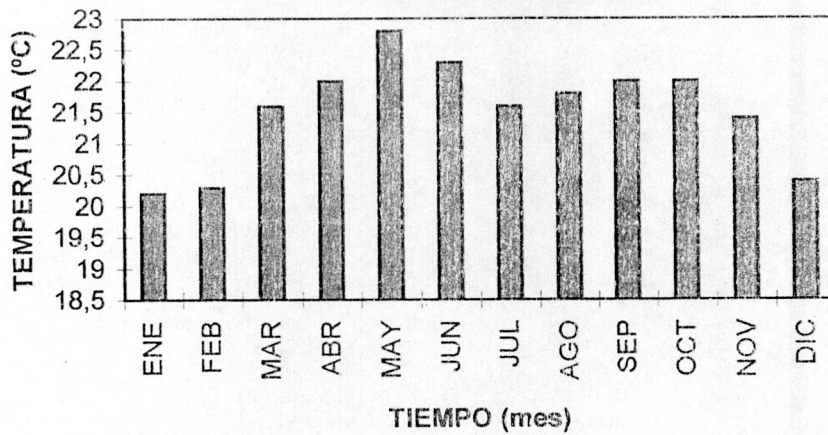


GRAFICO Nº 13

### HUMEDAD RELATIVA MEDIA

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL:1426

PERIODO: 1949-1972

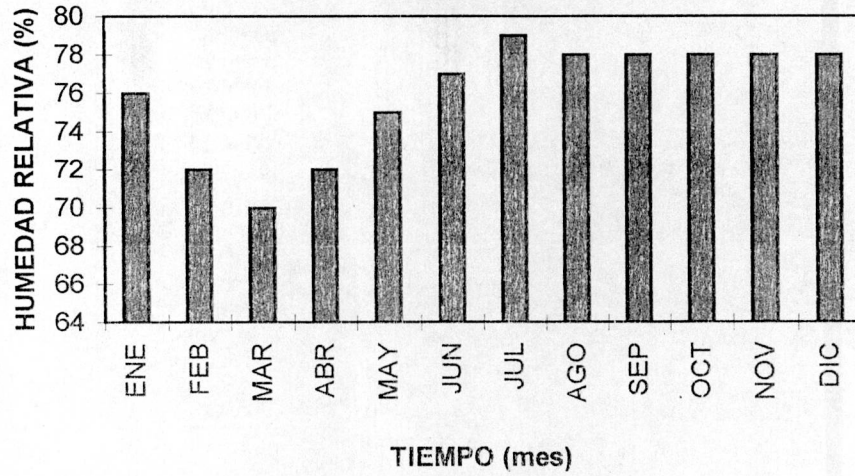


GRAFICO Nº 14

### VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA MENSUAL

ESTACION: MACARAO-DIQUE / SERIAL:1426

PERIODO: 1954-1972

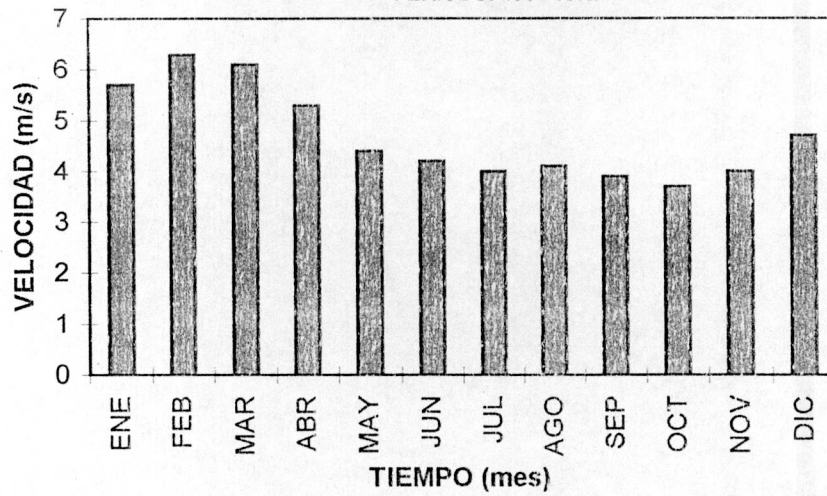


GRAFICO N° 8

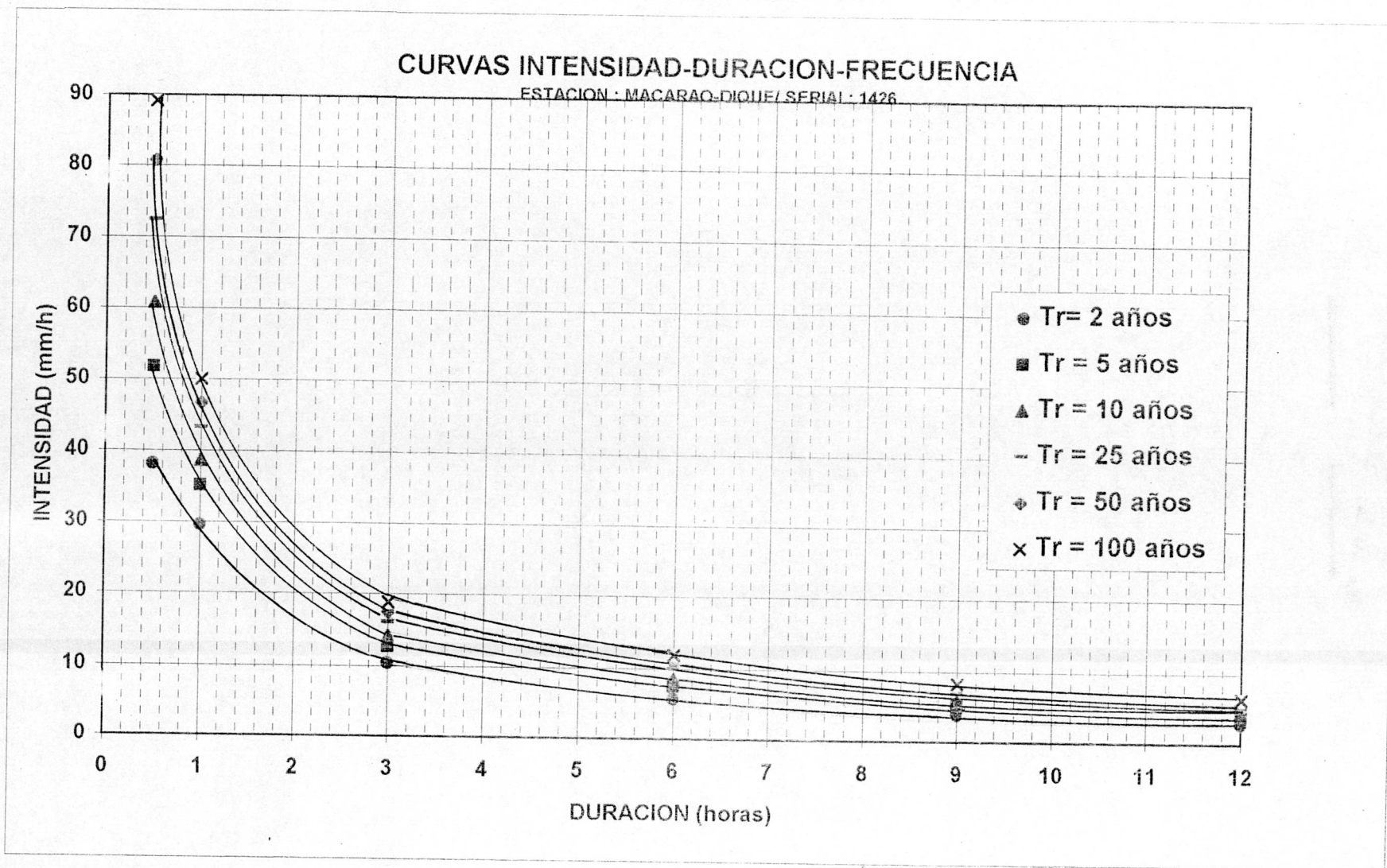


GRAFICO N° 7

CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

ESTACION : ALTO ÑO LEON/ SERIAL: 1425

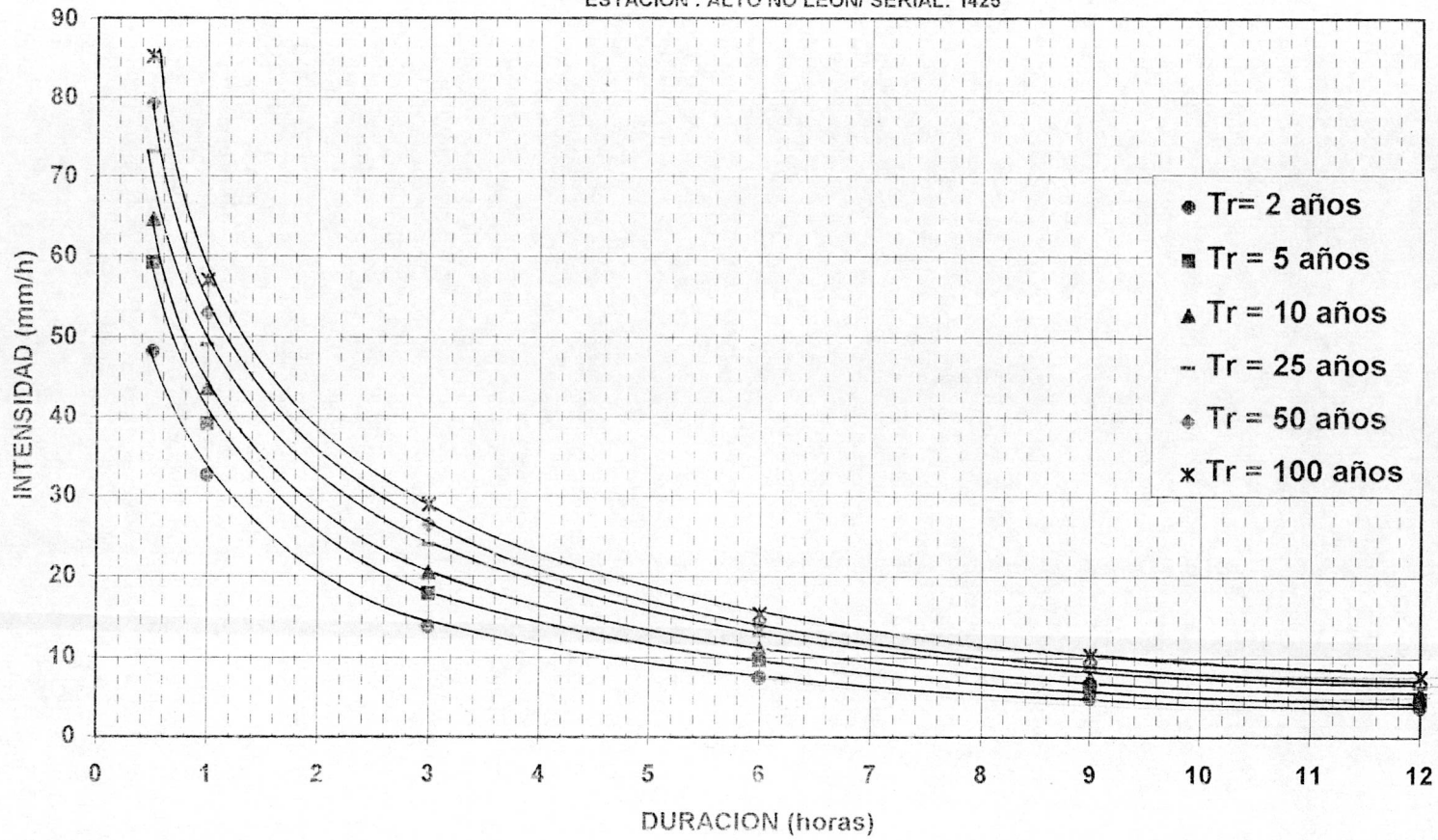


GRAFICO N° 9

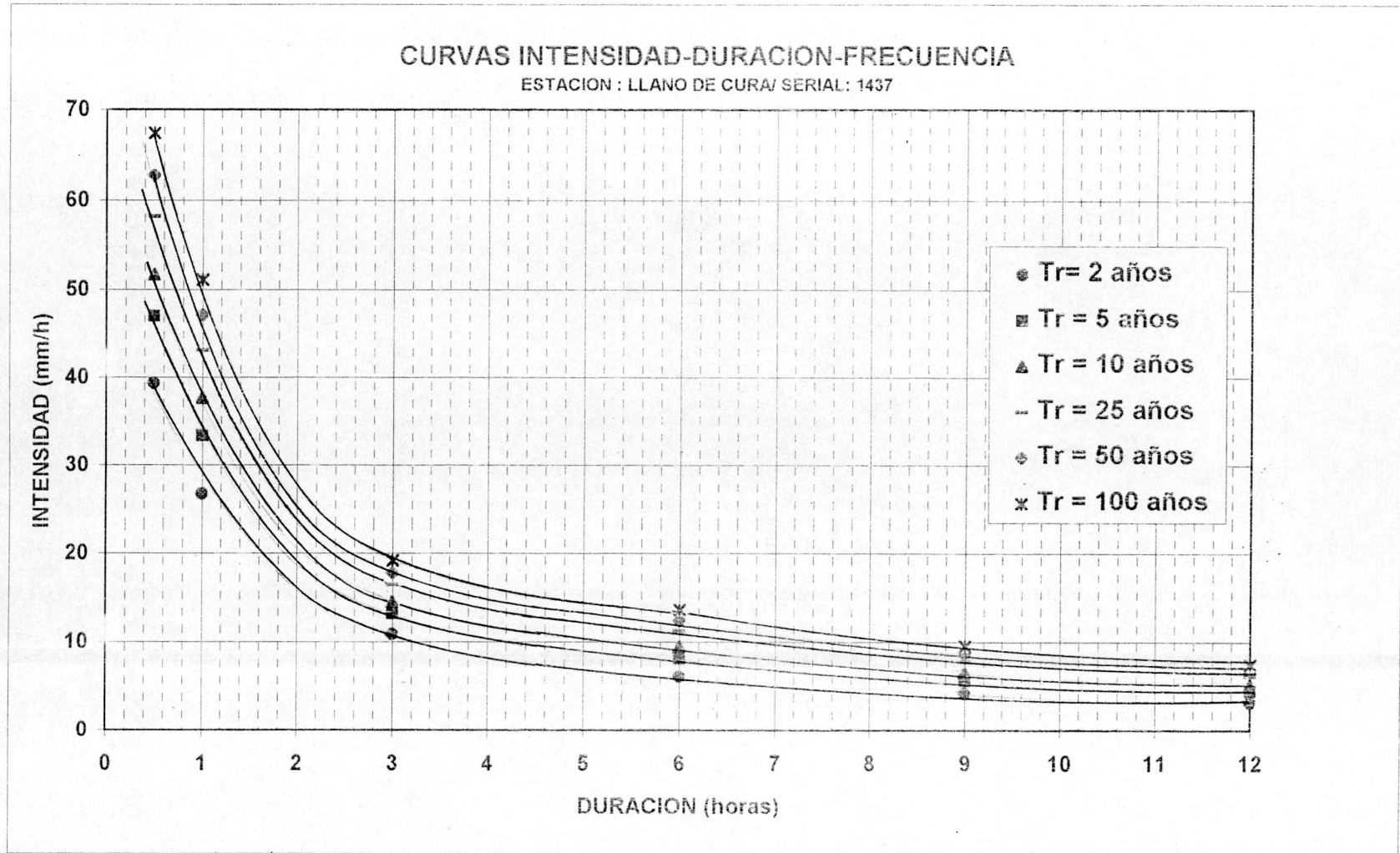


GRAFICO N° 10

CURVAS INTENSIDAD-DURACION-FRECUENCIA

ESTACION : SITIO OROPEZA/ SERIAL: 1446

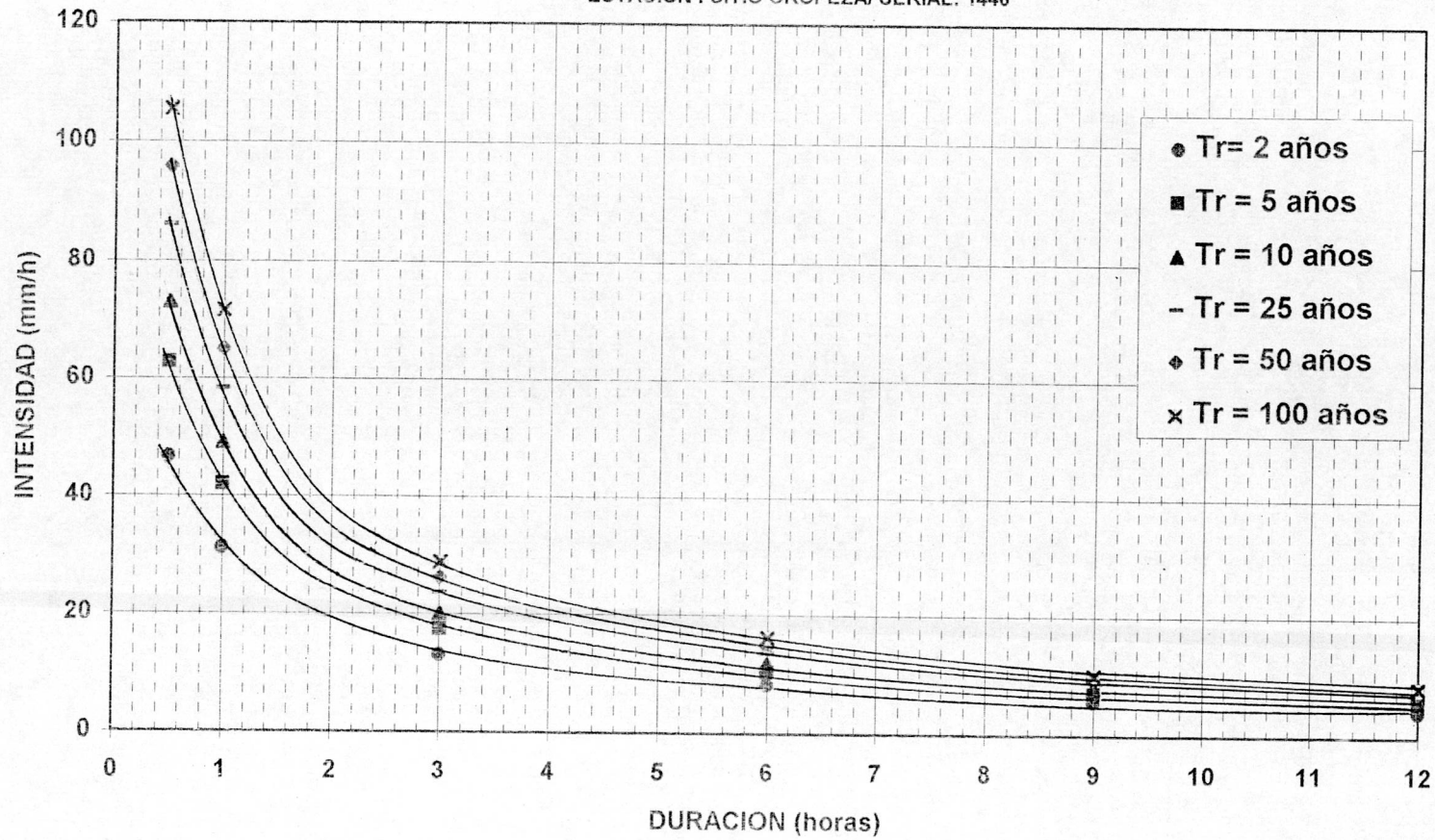


GRAFICO N° 15

PERFIL LONGITUDINAL DEL RIO MACARAO  
HASTA EL SITIO DE PRESA

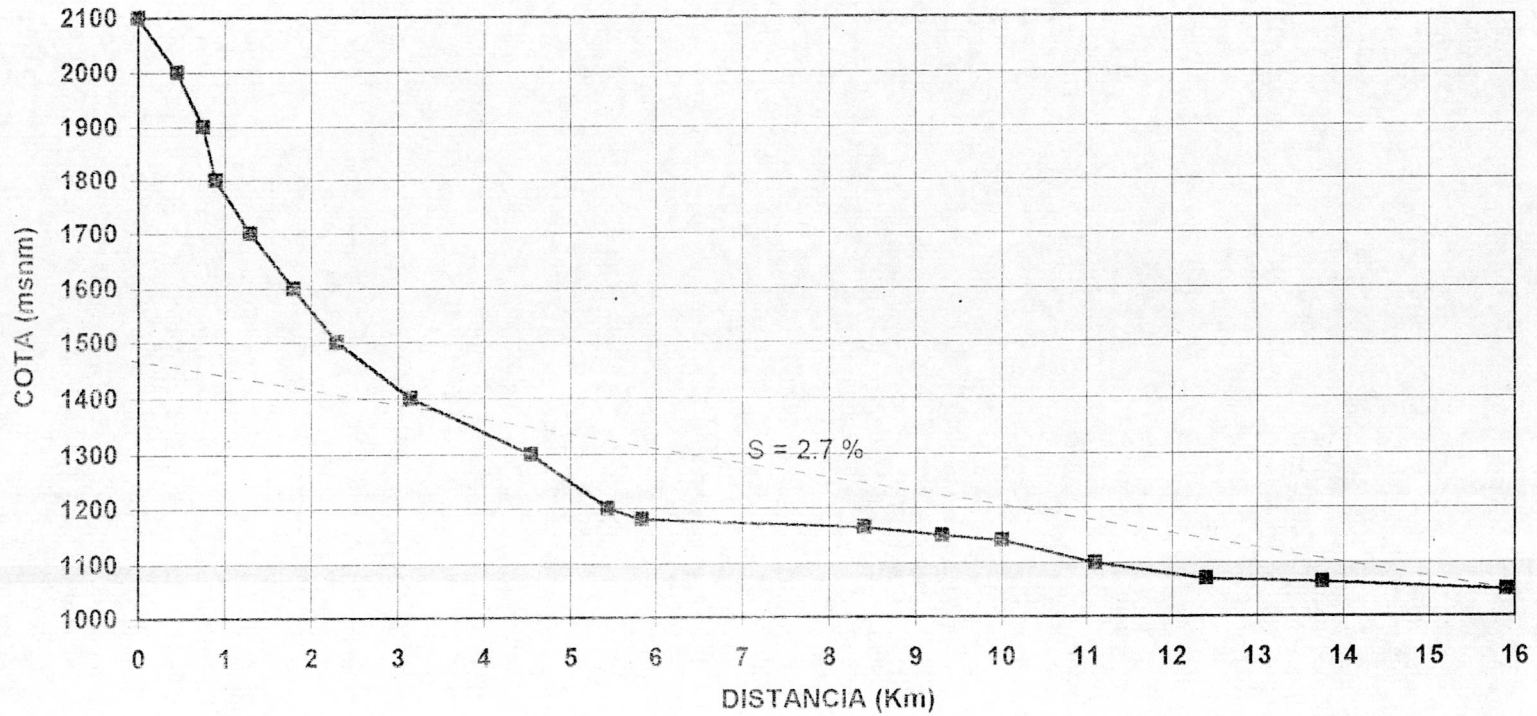


GRAFICO N° 16

CURVA GRAULOMETRICA DEL MATERIAL DEL LECHO  
RIO MACARAO. ST. DE PRESA ABRIL DE 1997

