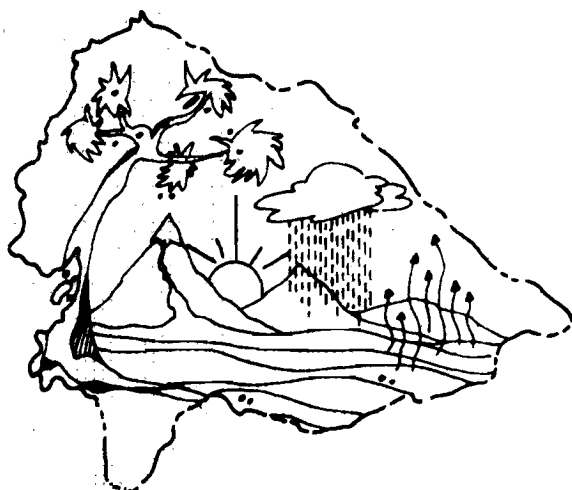




MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
PROGRAMA NACIONAL DE REGIONALIZACION AGRARIA
PRONAREG — ECUADOR



ELEMENTOS BASICOS PARA LA PLANIFICACION
DE LA IRRIGACION EN EL ECUADOR

EL AGUA CON FINES DE RIEGO:

Provincias de CARCHI e IMBABURA

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

ORSTOM — Francia



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
Programa Nacional de Regionalización
Agraria

PRONAREG - ECUADOR

Office de la Recherche Scientifique
et Technique Outre - Mer

ORSTOM - FRANCIA

EL AGUA CON FINES DE RIEGO :

Evaluación del uso actual y de los
requerimientos potenciales, suge -
rencias para un suministro comple -
mentario.

Callejón Interandino : Provincias
de CARCHI e IMBABURA.

Quito, Agosto de 1982

*A la memoria de nuestro
dilecto amigo y compañero*
EUGENIO PESANTEZ MANCERO

PROGRAMA NACIONAL DE REGIONALIZACION AGRARIA
(PRONAREG)

DIRECCION EJECUTIVA: Ing. Jaime Torres G. ASISTENCIA TECNICA ORSTOM
DIRECCION TECNICA: Ing. Luis Cañadas Cruz. Ing. Jean Francois Nouvelot
Dr. Pierre Pourrut

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA: Ing. Roberto V. Cruz A.

EL PRESENTE ESTUDIO HA SIDO ELABORADO POR:

Dr. Pierre Pourrut (ORSTOM)
Ing. Roberto Cruz A. (PRONAREG)
+ Ing. Eugenio Pesántez M. (PRONAREG)
Sr. Angel Segovia V. (INERHI)

COLABORACION PARCIAL EN LOS ESTUDIOS :

Met. Oscar Rovere G. (PRONAREG)
Ing. Iván Leiva S. (PRONAREG)
Ing. Homero Villacrés H. (INERHI)
Sr. Jorge Verdesoto (PRONAREG)
Sr. Iván Romo E. (PRONAREG)
Ing. Fabián Burbano P. (PRONAREG)
Ing. Marcelo Cisneros (PRONAREG)
Ing. Gustavo Gómez (PRONAREG)
Ing. Alejandro Bermeo (PRONAREG)
Ing. Bolívar Núñez (PRONAREG)
Dr. Francois Colmet Daage (ORSTOM)
Dr. Pierre Gondard (ORSTOM)
Dr. Charles Huttel (ORSTOM)
Ing. Francois Nouvelot (ORSTOM)
Dr. Francois Vicariot (ORSTOM)
Sr. Luis Miranda L. (Publicaciones PRONAREG)

SUMARIO

Continuación... (2)	PAG
V. 5. Evaluación del suministro actual y de los requerimientos en riego	
V. 5. 1. Estimación del uso actual y del requerimiento óptimo	
V. 5. 2. Estimación de la demanda global	
V. 5. 3. Estimación de la demanda real a mediano plazo	
VI. ESTIMACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DISPONIBLES	47
VI.1. Recurso teóricamente disponible	
VI.1. 1. Análisis de los datos de la red hidrométrica del INAMHI	
VI.1.1.1. Caudales de estiaje	
VI.1.1.2. Módulos anuales	
VI.1. 2. Recursos de aguas subterráneas	
VI.1.2.1. Localización de los acuíferos	
VI.1.2.2. Cuantificación aproximada de las reservas subterráneas en algunas cuencas hidrográficas	
VI. 2. Recurso realmente disponible	
VII. COMPARACION OFERTA-DEMANDA. ALTERNATIVAS PARA INSTALACION DE UNA RED COMPLEMENTARIA DE RIEGO	71
VIII. INDICACIONES ACERCA DE LOS CULTIVOS A IMPLEMENTARSE EN LA REGION	74
IX. RESUMEN	76

INDICE DE FIGURAS

- 1 .- Organigrama esquemático de la metodología propuesta
- 2 .- Distribución de las lluvias anuales y del período -
de junio a septiembre - Estación TULCAN
- 3 .- Distribución de las lluvias anuales y del período -
de junio a septiembre - Estación IBARRA
- 4 .- Distribución de las lluvias anuales y del período -
de junio a septiembre - Estación OTAVALO
- 5 .- Curvas de agotamiento

INDICE DE MAPAS

- 1 .- Presentación de la región estudiada
- 2 .- Isoyetas anuales 1964 - 1978
- 3 .- Regiones climáticamente deficitarias y áreas regables
con prioridad 1.
- 4 .- Regiones climáticamente deficitarias y áreas regables
con prioridad 2.
- 5 .- Número de meses secos
- 6 .- Localización de los proyectos de riego del INERHI
- 7 .- Riego actual
- 8 .- Riego potencial
- 9 .- Zona testigo de Pimampiro
- 10 .- Zona testigo de Otavalo
- 11 .- Zona testigo de Cotacachi
- 12 .- Red de estaciones hidrométricas del INAMHI
- 13 .- Red hidrográfica y referencias de las cuencas unitarias
- 14 .- Ocurrencia de aguas subterráneas
- 15 .- Evaluación del recurso hídrico disponible
- 16 .- Alternativas para la implementación de una red complementaria de riego

NOTA: Los mapas temáticos a escala 1:200.000 se encuentran a dis
posición en los archivos de PRONAREG.

BIBLIOGRAFIA

- 1 .- Estimación de la demanda en agua del sector agrícola y de las disponibilidades para satisfacerla. P. POURRUT PRONAREG - ORSTOM.
- 2 .- Elementos básicos para la planificación de los recursos hídricos en el Ecuador. PRONAREG - ORSTOM.
- 3 .- Requerimientos de riego para el Ecuador. JOSE F. YEPEZ JARA. INERHI.
- 4 .- Estudio hidroclimatológico e hidrológico preliminar de las cuencas de los ríos Esmeraldas y del Norte Ecuatoriano. PRONAREG - ORSTOM.
- 5 .- Normas pluviométricas aplicables en el Ecuador. J.F.- NOUVELOT. PRONAREG - ORSTOM.
- 6 .- La planification du réseau hydrométrique minimal. - P. DUBREUIL et J. GUISCAFRE. Cahiers ORSTOM. Série Hydrologie.
- 7 .- Bacia representativa do Riacho do Navio. Primeira estimativa dos recursos de agua. J.F. NOUVELOT y P.A. SAN - GUINETTI FERREIRA. SUDENE.
- 8 .- L'évaporation d'une nappe d'eau libre dans le bassin - du Jaguaribe. G. GIRARD - ORSTOM.

Archivo pedo-morfológico de PRONAREG-ORSTOM.

En el texto, las referencias se citan entre paréntesis

PRESENTACION

El agua, recurso indispensable para el desarrollo agrícola, debe ser objeto, para lograr optimizar su uso, dadas las disponibilidades generalmente escasas de un profundo estudio.

Por esta razón y cumpliendo con uno de los objetivos del convenio suscrito entre el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) y l'Officie de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) de Francia, el Departamento de Hidrología presenta este trabajo que comprende la información integrada sobre la evaluación del Uso Actual del Riego, determinación de zonas prioritarias para la instalación de cultivos, estudios de las disponibilidades tanto superficiales como subterráneas, para proponer finalmente alternativas que ayuden a solucionar esta problemática.

Reconocemos, de manera especial, el valioso aporte proporcionado por los Departamentos de Geografía, Edafología, Geomorfología, Síntesis y Ecología de PRONAREG. Un particular agradecimiento a INERHI e INAMHI, Instituciones que con su contribución desinteresada han permitido llevar a feliz término el presente estudio.

Esperamos que este informe regional, el segundo de una serie a nivel nacional, contribuya al desarrollo del sector agropecuario, al mismo tiempo, esperamos comentarios que serán de singular beneficio para las publicaciones posteriores.

LA DIRECCION

I. ANTECEDENTES

En 1977 se firmó un acuerdo internacional de cinco años de duración, entre el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG) y - la Oficina para la Investigación Científica y Técnica de Ultramar de Francia (ORSTOM).

Entre otros estudios hidrológicos fueron asignadas las siguientes tareas :

- "Cuantificación e inventario del uso actual y potencial del agua."
- "Determinación de alternativas para satisfacer la demanda en agua para uso agrícola, en las regiones juzgadas como prioritarias para el desarrollo de dicho sector".

Este primer informe regional sigue el proceso metodológico expuesto en una publicación anterior (1) y lo aplica, en forma concreta, a una región determinada, en el presente caso la parte norte del Callejón Interandino. Otros informes seguirán, cada uno tratando de una región diferente, hasta cubrir la mayor parte del Ecuador.

En lo que se refiere a los resultados, cabe señalar que nuestros estudios están enfocados hacia la regionalización agrícola y el mejor aprovechamiento de las disponibilidades de agua a nivel del país. Por consiguiente, los valores presentados sólo son significativos a escala nacional o regional. En otros términos, nuestros resultados, basados en parte en un muestreo teóricamente representativo luego extrapolado a zonas más extensas, no deben utilizarse directamente para los cálculos o diseños de proyectos específicos, los que requieren de estudios puntuales más profundos.

II. OBJETIVOS

En definitiva, se propone alcanzar los tres objetivos siguientes :

1. Estimar el uso actual del agua con fines de riego.
2. Cuantificar las demandas :
 - . Adicional, en zonas actual pero insuficientemente regadas
 - . Global, en zonas todavía no regadas pero que merecerían estarlo.
3. Dar alternativas teóricas de aprovechamiento del recurso hídrico-existente, para suministrar una parte o la totalidad del agua requerida por la demanda, mediante :
 - . pequeñas represas
 - . toma directa en los ríos
 - . eventual complementación por aguas subterráneas.

III. METODOLOGIA GENERAL

La metodología empleada se expone "in extenso" en una publicación anterior (1) a la que los lectores podrán remitirse. Sin embargo, parece útil presentar un breve resumen de las diferentes etapas necesarias para llevar a cabo los estudios en una región.

En efecto, una vez ya inventariadas las disponibilidades potenciales de agua, objeto de otro informe (2), queda por aprovechar el recurso hídrico en la mejor forma posible y sin desperdiciarlo porque, en la mayoría de los casos, es limitado. Por lo tanto, y antes de utilizarlo indebidamente, es absolutamente necesario hacer algunos estudios que permitan evaluar su uso actual, los requerimientos todavía no satisfechos, y compararlos con las disponibilidades. Este tipo de estudios podrían considerarse como básicos para toda obra de planificación nacional del recurso hídrico, tanto en el campo agrícola como en el no agrícola.

En lo que se refiere a la irrigación, el problema puede ser abordado - de diversas maneras según se dé prioridad a los factores físico - climáticos, a las condiciones socio- económicas o a los imperativos políticos. Sin embargo, se permite pensar que la utilización racional de

una región hídricamente deficitaria pueda considerarse una vez conocidas las respuestas a las cuatro preguntas siguientes : Dónde? cuándo y cuánto? con qué? y cómo IRRIGAR?

El responder a la última pregunta concierne al Instituto Nacional en - cargado del manejo del agua (INERHI), o a las Entidades Regionales de Desarrollo, ya que corresponde a proyectos específicos de utilización.

En cambio es posible responder correctamente a las tres primeras pre - guntas apoyándose en el inventario de las disponibilidades hídricas - (que pueden llevarse a cabo simultáneamente), en estudios hidrológicos específicos y una actividad multidisciplinaria que necesita la colabo - ración parcial de geógrafos, geomorfólogos, edafólogos, economistas y ecólogos, entre otros.

El organigrama presentado (fig. 1) esquematiza las diferentes articula - ciones entre los documentos o estudios básicos necesarios y los documen - tos elaborados, teniendo por finalidad el confrontar las necesidades - globales de las zonas aptas para la utilización agrícola y las disponi - bilidades locales en agua de las mismas, sin tomar en consideración el recurso de origen más lejano tal como el que procede de las grandes re - presas regionales.

Este estudio debe proporcionar a los ingenieros encargados de la plani - ficación, los elementos suficientes para que, en una región determinada, puedan :

- Ubicar los proyectos de utilización en las zonas más favorables.
- Determinar la amplitud de estos proyectos gracias al conocimiento de las superficies potencialmente regables, en función del agua disponi - ble y según tres alternativas : política de pequeñas represas agríco - las, aprovechamiento directo del caudal de los ríos permanentes y uti - lización de aguas subterráneas.

Dónde regar ? A nivel regional la respuesta puede darse mediante la deli - mitación de zonas con diferentes valores de déficit hídrico de origen cli - mático, que definen regiones con iguales necesidades de riego.

La estimación del déficit hídrico puede hacerse a través de varios métodos más o menos sofisticados ; los más perfeccionados están dirigidos hacia el cálculo de los verdaderos requerimientos de riego. Es particularmente interesante notar el trabajo (3) ejecutado por el Ing. José F. Yépez, de INERHI, que logró estimar los requerimientos de riego en diferentes estaciones meteorológicas en Ecuador, comparando los valores mensuales de la precipitación con probabilidad del 75% y la evapotranspiración potencial calculada a partir de una fórmula que reclama el conocimiento de la temperatura media, la velocidad media del viento a 6 metros de altura y la humedad relativa media.

Sin embargo, nuestro actual propósito consiste en trazar isolíneas, lo que requiere de una red suficientemente densa de puntos de referencia, y eso fue imposible con el método mencionado por falta de suficientes datos de viento y humedad. Por esta razón tuvimos que recurrir a una metodología simplificada para calcular los valores de déficit hídrico mensual : restando la altura pluviométrica de la evapotranspiración potencial THORNTHWAITE (ETP). Cuando ésta supera a la pluviometría (ver capítulo siguiente titulado cuándo y cuánto regar) se considera que el mes es deficitario. Siendo el déficit anual la suma de los déficit mensuales, se seleccionó los valores- límites más adecuados para circunscribir regiones de igual necesidad de riego.

A nivel local diferentes parámetros físicos pueden tomarse en cuenta pero se ha considerado que los dos principales eran : la calidad agronómica de los suelos, soporte nutritivo de los cultivos y el valor de las pendientes que condicionan la degradación de la capa arable, la instalación de la red de riego y la mecanización agrícola. En base a las características de los suelos (información proporcionada por los edafólogos), se pueden clasificar las áreas de una zona dándoles diferentes prioridades, siendo naturalmente de prioridad 1 las áreas de suelos buenos- con pendientes débiles.

Cuándo y Cuánto IRRIGAR ? Una vez delimitadas las zonas potencialmente aptas para una utilización agrícola, situadas en las regiones de gran dé

ficit hídrico, se trata de definir los períodos en los cuales los aportes son necesarios y cuantificar las necesidades anuales en agua de riego.

Se ha considerado que los períodos durante los cuales es necesario regar corresponden a los meses agronómicamente secos. En este campo, se han utilizado los meses climáticamente deficitarios anteriormente calculados, pero ha sido necesario tomar en consideración la r.f.u., es decir la reserva fácilmente utilizable, que corresponde a la cantidad de agua almacenada en el suelo durante los meses lluviosos y restituida durante los meses deficitarios. Se ha escogido un valor de r.f.u. = 50 mm. y se considera que los meses son agronómicamente secos cuando :

$$P + 50 \text{ mm} < \text{ETP, si la pluviometría del mes anterior es excedente.}$$

$$P < \text{ETP, si la del mes anterior es deficitaria.}$$

Hay que recordar una vez más que la finalidad de nuestros estudios es una estimación destinada a ser tratada a escala de planificación nacional y que hemos recurrido a ciertas simplificaciones metodológicas que serían criticables a escala más detallada, la de un proyecto específico, por ejemplo, que requeriría de un estudio agroclimatológico más profundo.

Para cuantificar los aportes necesarios durante los meses secos, en las zonas potencialmente regables, es necesario conocer el riego actual de éstas : zonas no regadas, parcial y totalmente irrigadas. En el último caso puede considerarse que la demanda está ya satisfecha. En los dos primeros casos es necesario utilizar métodos diferentes.

En las zonas no regadas, y por el desconocimiento total del consumo de los cultivos, se ha buscado un valor medio mensual q_p para los cultivos anuales o de ciclo más corto, mediante las hipótesis siguientes :

- Primera : A un mismo período del ciclo vegetativo, expresado en porcentaje de la duración de este último, el consumo en agua es idéntico, es decir independiente de la duración total del ciclo.
- Segunda : La eficiencia del riego es del 70%.

Se ha calculado el consumo medio mensual para ciclos que varían de dos a nueve meses y siempre se ha encontrado un valor muy cercano a 1 l/s/ha (que equivale aproximadamente a 2650 m³/ha/mes).

Siendo S la superficie de la zona, el caudal continuo q_t necesario es :

$$q_t = S_{qr}, \text{ en l/s y el volumen correspondiente,} \\ \text{durante N meses secos.}$$

$$v_t = 2,628 \cdot 10^6 N_{qt}, \text{ o}$$

$$v_t = 2,628 NS, \text{ en miles de m}^3$$

En las zonas ya irrigadas, pero no en su totalidad y con escasos aportes, existe un doble problema : cuantificar las superficies actualmente no regadas y evaluar los aportes adicionales. La primera estimación se hace gracias a la valiosa ayuda del Departamento de Geografía, que permite separar las superficies A y A₁ que necesitan de un riego completo y de un riego adicional, respectivamente. Queda por resolver la evaluación del consumo óptimo requerido y del caudal adicional que debe aportarse. Por esto se requiere de un estudio en el terreno para medir los caudales utilizados en relación con las superficies. Este inventario es muy amplio, más que todo en las regiones de irrigación tradicional con redes extensas y complejas, y sólo se puede hacer a largo plazo. Por esta razón hemos escogido una metodología simplificada, que consiste en hacer el estudio detallado de una zona-testigo representativa de una región más grande, a la que se extrapolen los resultados puntuales de la zona testigo. Los estudios a realizarse son los siguientes :

- Cartografía de los canales y de las superficies regadas correspondientes.
- Selección de parcelas representativas de diversos usos del suelo (diferentes cultivos) y de la ocupación de la tierra (dimensión de la superficie regada).
- Aforos periódicos, durante un año hidrológico, a la entrada y salida de los canales.
- Encuesta para conocer la prioridad y el tiempo de distribución del agua, relativos a cada parcela.

- Encuesta sobre la productividad de las parcelas (rendimientos por hectárea, grado de satisfacción del agricultor).

Estos estudios nos permiten conocer dos valores de consumo real en la zona :

- El caudal óptimo requerido en las parcelas de excelente rendimiento, valor que reemplaza al q_r estimado anteriormente.
- El caudal medio utilizado en las parcelas insuficientemente regadas, que nos da el aporte adicional q_c requerido, por diferencia con q_r .

Por otra parte, en la región de extrapolación, en la que se estima que la problemática del riego y las necesidades son idénticas, se conocen las superficies A (no regada) y A_1 (mal regada) gracias al aporte de los geógrafos. El caudal total de irrigación requerido- q'_t puede, entonces, estimarse en :

$$q'_t = q_r A + q_c A_1, \text{ en l/s.}$$

El volumen necesario durante N meses secos es igual a :

$$v'_t = 2,628 N q'_t, \text{ en miles de m}^3$$

En resumen, en una región hídricamente deficitaria, que contenga diferentes zonas regables, de las cuales algunas sin ningún riego y otras con una irrigación parcial, la totalidad de los aportes puede ser evaluada en :

$$Q = q_t + q'_t, \text{ en caudal continuo}$$

$$V = v_t + v'_t \text{ en volumen, durante N meses secos}$$

Al momento se dispone de los siguientes elementos : la localización de las zonas regables, el período durante el cual hay que regar y las cantidades de agua requeridas. El actual problema consiste en encontrar en la cercanía las fuentes suficientes para satisfacer a la demanda.

En otros términos, con qué IRRIGAR ? Localmente, existen tres posibilidades que se deben investigar : las aguas subterráneas, las reservas que podrían almacenarse en una represa y los caudales directamente explotables en los ríos permanentes de la zona. En la actualidad, es difícil en el Ecuador el aprovechamiento de aguas subterráneas porque existen pocos datos cuantitativos y porque el mapa hidrogeológico nacional (2), a pesar de dar indicaciones generales acerca de la localización de probables acuíferos no puede dar indicaciones de los volúmenes explotables. En todo caso hay que hacer una investigación local detallada con el fin de definir los límites de la capa, realizar pruebas de bombeo para conocer las principales características hidrodinámicas y realizar un estudio hidroclimatológico para evaluar la recarga anual promedio y las pérdidas naturales. En general deben respetarse las leyes de conservación del acuífero y sólo explotar el capital renovable o sea las reservas reguladoras. Siendo q_p el caudal de bombeo de cada pozo, y T el tiempo anual de bombeo, debe ser verificada la relación siguiente :

$$\sum q_p T \geq 2,628 \cdot 10^6 N \left[q_r (S + A) + q_c A_1 \right]$$

La evaluación del recurso en aguas superficiales puede realizarse mediante los resultados de una estación hidrométrica de la red nacional, cuando existe en la zona y tiene un registro suficiente pero también, y es el caso general, con la ayuda de los mapas de módulos anuales y de caudales de estiaje DCC_n (2). En este caso la estimación debe hacerse a partir del promedio ponderado de los DCC_n (acondicionamientos por toma directa en los ríos : bombeo o canales) o de los módulos (óptica de almacenamiento) que han sido cuantificados en cada una de las cuencas unitarias situadas río arriba del lugar de captación o de almacenamiento.

Siendo $X_1, X_2 \dots X_n$ las superficies en hectáreas de las cuencas unitarias correspondientes a los valores inferiores de las clases de DCC_n $q_1, q_2 \dots q_n$ en l/s/ha (notación X' y q_s para los módulos),

q_a el caudal ya deducido aguas arriba para el riego actual, en l/s.
 q_e el caudal a garantizarse para el mantenimiento del sistema ecológico y el buen funcionamiento de los acondicionamientos situados río abajo,

en l/s.

p_v el volumen de las lluvias directas sobre el agua de la represa, en m^3 .

p el volumen de pérdidas, evaporación e infiltración principalmente en m^3 .

Las dos siguientes relaciones deben ser respetadas :

- Optica de captación de un río (en l/s).

$$q_1 X_1 + q_2 X_2 + \dots + q_n X_n - q_a - q_e \geq q_r (S+A) + q_c A_1$$

- Optica de almacenamiento (en m^3) :

$$31,356 \cdot 10^3 (q_{s1} X'_1 + q_{s2} X'_2 + \dots + q_{sn} X'_n) + P_v - P \geq 2,628 \cdot 10^3 N [q_r (S+A) + q_c A_1]$$

o sea :

$$12 (q_{s1} X'_1 + q_{s2} X'_2 + \dots + q_{sn} X'_n) + P_v - P \geq N [q_r (S + A) + q_c A_1]$$

Cumpliendo con lo anteriormente expuesto, los ingenieros encargados de la Regionalización Agraria del País disponen al momento de las estimaciones correspondientes al uso actual, a la demanda potencial y a la oferta en la región considerada, lo que responde a los objetivos planteados en el convenio MAG - ORSTOM. Queda por realizar los proyectos particulares que necesitan, por supuesto, de estudios más detallados (topografía, geología, población local, tipos de cultivos, técnicas de irrigación, infraestructuras diversas, etc...), pero la comparación de las disponibilidades potenciales con el uso actual y los requerimientos efectivos debe permitir a los planificadores de las entidades responsables del manejo del agua, definir las sucesivas prioridades y preparar las distintas etapas de un plan de riego racional.

NOTA : Como consecuencia de las aproximaciones expuestas en el presente resumen metodológico, los resultados presentados en diferentes capítulos, en particular los que se refieren a la estimación de las demandas de agua, pueden aparecer demasiado precisos y es evidente que deberán redondearse. No se lo ha hecho porque un redondeo sistemático de los numerosos cálculos, cada uno dependiente del anterior, hubiese conducido a errores notables.

IV. DESCRIPCION SUMARIA DE LA ZONA

IV.1. Límites del estudio

El presente estudio abarca toda la zona del Callejón Interandino ubicada aproximadamente al Norte del paralelo $0^{\circ}10'$ N. Se extiende desde unos - 5 Km. al Sur del lago de San Pablo hasta la frontera colombiana e inte - gra las provincias de Imbabura y Carchi. (mapa 1).

En realidad los contornos reales del estudio serán definidos por las iso - líneas de igual déficit hídrico anual. En efecto, y como ya se lo ha men - cionado en el capítulo anterior, no hace falta investigar en las regiones cuyo régimen de precipitaciones permite cultivar sin riego y nuestros es - fuerzos se localizan en las zonas de notable deficiencia de agua debido al clima local.

IV.2. Las grandes regiones naturales

En términos generales la región interandina está enmarcada entre las cor - dilleras Oriental y Occidental, cuyas cadenas montañosas se entrelazan por ramales transversales denominados "nudos", originando de esta manera "hoyas interandinas".

En el presente caso, existen dos nudos transversales principales, de altu - ra mayor a los 3000 m ; los extensos páramos de El Angel al Norte y los - relieves del Fuya Fuya al Sur, delimitan una depresión de menor altura y clima más seco, constituida por el valle semi-árido del río Chota (Pimam - piro, Atuntaquí, Salinas) con una altura inferior a los 1800 m que se com - plementa por las dos cuencas laterales de los ríos Ambi (Otavalo, Cotaca - chí, Atuntaquí, Ibarra) y Apaquí (San Gabriel, Bolívar), con topografía - ondulada entre 1800 y 3000 m. El clima seco está localizado en estas de - presiones por el hecho que la cuenca baja del río Chota, al salir de la - cordillera y al desembocar en el río Mira, se encuentra ya bajo la influen - cia de las masas de aire húmedas del Pacífico.

Geología y Edafología

La zona estudiada puede dividirse en tres regiones : la depresión interandina, la cordillera oriental y la cordillera occidental.

La cordillera Oriental se basa en formaciones originadas en la orogénesis pre- andina. Están representadas por la serie Ambuquí- Paute que aflora en el área cortada por los ríos Ambuquí y Pisque. Tiene un bajo grado de metamorfismo con facies de esquistos verdes, cuarcitas y filitas grafitosas.

La cordillera Occidental está constituida por rocas ígneas y formaciones sedimentarias. La formación Macuchi conforma el zócalo y está compuesta por rocas ígneas con facies submarinas originadas de un arco volcánico jurásico-cretáceo. Comprende lavas generalmente andesíticas interdepósitas con tobas, demostrando una estratificación de flujo. Su potencia alcanza varios miles de metros y su color verde típico se debe a los minerales de alteración hidrotermal. Descansando sobre la formación Macuchi se encuentra la formación Yunguilla y esporádicamente, la formación Silante. Esta última se compone de lutitas, areniscas y conglomerados de origen deltaico desarrollados y depositados entre las islas del arco volcánico. Los sedimentos de la formación Yunguilla son del tipo "flish", secuencia rítmica de lutitas oscuras y grauvacas con algunos conglomerados y lentes calcáreos. Presentan, en algunas zonas, un cierto grado de metamorfización. Por último, la formación Chota es una secuencia de bancos de lutitas y conglomerados constituidos por elementos generalmente metamórficos. Estos conglomerados pasan paulatinamente a microconglomerados y areniscas.

Las faldas de las cordilleras y la depresión interandina son el reflejo de una intensa actividad volcánica y sedimentaria. Existe un cambio importante a mediados del Pleistoceno cuando la actividad volcánica de fisuras definida por aglomerados y lavas, pasa a una fase de extrusión explosiva con abundantes lapillis y cenizas, muchas veces redepositadas en un ambiente acuoso (por ejemplo los sedimentos alrededor de la laguna de Cuicocha y en la depresión de Guayllabamba). Además estos sedimentos pueden estar interdepositados con los piroclásticos y flujos de

lava, lo que lleva a dar una aparente disposición caótica de los depósitos volcánicos y fluvio-glaciales embebidos o cubiertos por una toba semi-endu recida denominada cangahua. La cangahua es la facie más interesante por su extensión lateral. Compuesta de una mezcla de cenizas y polvos con intercalaciones de lentes de lapilli, la cangahua es en general impermeable pero su modo de transporte (periclinal, eólico, o lacustre) determina su grado de permeabilidad, el cual juega un papel determinante en la recarga de los acuíferos subyacentes.

Sobre estas formaciones del callejón interandino se han desarrollado suelos arenosos o franco-arenosos con una buena fertilidad pero un exceso de carbonato de calcio en las zonas secas. Uno de los factores limitantes más im-portantes es la presencia frecuente de cangahua en superficie o poca profundidad, lo que origina suelos de mala calidad. En las vertientes interiores de la cordillera los suelos se vuelven más arcillosos pero quedan permeables y fértiles, sin peligro del exceso de CO_3Ca . En las zonas altas se encuentran los suelos tixotrópicos de "páramos" con textura limosa o limo-arenosa, una fertilidad mediana o buena, pero que muchas veces tienen un drenaje deficiente.

IV.4. Formaciones vegetales

En la zona interandina la interacción lluvia-altura produce un importante parcelamiento en pequeñas áreas. Es así que, en particular se puede notar un área principal de sequía en el valle del río Chota, donde existen las formaciones Monte espinoso premontano (me PM), bosque seco premontano (bs PM), estepa espinosa montano bajo (ee MB), y bosque seco montano bajo (bs MB). En las zonas más lluviosas se encuentran las formaciones bosque húmedo montano bajo - (bh MB) y bosque muy húmedo montano bajo (bmh MB).

En las vertientes de las cordilleras existen las formaciones siguientes : bosque muy húmedo montano bajo (bmh MB), bosque húmedo montano bajo (bh MB) y bosque muy húmedo montano (bmh M).

Los pisos más altos son ocupados por rocas y nieves dominando los páramos húmedos : bosque muy húmedo subalpino (bmh SA) y un tipo menos frecuente y más se-co : bosque pluvial subalpino (bp SA).

Las características climáticas, lluvias y temperaturas medias anuales, correspondientes a cada una de las formaciones vegetales, se encuentran resumidas en el cuadro siguiente :

Temp. anual, en °C.				
	<u>3 - 6</u>	<u>6 - 12</u>	<u>12 - 18</u>	<u>18 - 24</u>
Lluvia anual, en mm.				
250 - 500			ee MB	me PM
500 - 1000	bmh SA	bh M	bs MB	bs PM
1000 - 2000	bp SA	bmh M	bh MB	bh PM
+ 2000			bmh MB	bmh PM

A continuación presentamos una breve descripción de las formaciones :

1. Monte espinoso premontano (me PM) : Monte abierto con especies pequeñas. Presencia de hierba en las épocas lluviosas.
2. Bosque seco premontano (bs PM) : La vegetación original ha desaparecido prácticamente y sólo se puede observar pequeños arbustos y vegetación herbácea. Presencia de pastizales a pesar de una larga estación seca.
3. Bosque húmedo premontano (bh PM) : La vegetación original sólo subsiste en lugares de difícil acceso. Se caracteriza por árboles con copas estrechas, de 25 a 30 m. de altura y con troncos alcanzando un promedio de 60 cm. de diámetro.
4. Bosque muy húmedo premontano (bmh PM) : Vegetación idéntica a bh PM pero con especies de tamaño más reducido y mayor presencia de epífitas y parásitas.

5. Estepa espinosa montano bajo (ee MB) : Las especies más comunes de esta formación son de los géneros Puya, Opuntia, Bromelia, Festuca, Calamagrostis y Poa. La zona está utilizada para cultivos anuales de seca no u hortalizas si hay posibilidad de riego.
6. Bosque húmedo montano bajo (bh MB) : La vegetación se caracteriza por la presencia de árboles de copas estrechas con hojas agrupadas hacia los extremos de las ramas. Los árboles crecen hasta 30 m. de altura. Abundan epífitas y palmas.
7. Bosque seco montano bajo (bs MB) : La vegetación original está alterada por el hombre para la instalación de cultivos de importancia.
8. Bosque húmedo montano (bh M) : La vegetación natural se caracteriza por matorrales bajos pero sólo subsiste en zonas de barrancas o quebradas. El área está utilizada para la agricultura y principalmente en ganadería extensiva.
9. Bosque muy húmedo montano (bmh M) : La vegetación se caracteriza por árboles de hasta 15 m. de altura, con copas generalmente redondas, - troncos torcidos y ramificados y poblados por gran cantidad de bromeliáceas, líquenes, musgos y orquídeas. Esta zona se utiliza para la ganadería.
10. Bosque muy húmedo subalpino (bmh SA) y bosque pluvial subalpino (bp SA): La vegetación original ha sido alterada con fines ganaderos y consecuente mente está dominada por gramíneas.

IV. 5. Clima General

El clima general y el régimen pluviométrico en particular, dependen en gran parte del sistema orográfico. Entre otros factores que influyen notablemente en el clima de esta zona, podemos mencionar :

- las masas de aire provenientes del Pacífico que definen el régimen costero con invierno marcado de Enero a Mayo.
- los vientos húmedos de la cuenca amazónica, con precipitaciones durante todo el año y un ligero déficit en Diciembre y Enero.

En el presente caso estos dos regímenes sólo afectan a áreas reducidas : la parte noroeste para el régimen costero y la parte más oriental para el régimen amazónico. Más bien en la mayor parte de la región estudiada las diferentes características climáticas se combinan para dar un - régimen transitorio generalmente caracterizado por la presencia de dos estaciones secas : la primera bien marcada entre Junio y Septiembre y la segunda de menor importancia en Diciembre - Enero. Pero la orografía (altura, exposición de vertientes, relieve) juega un papel primordial y es responsable de la gran heterogeneidad encontrada. Es así que en las partes más altas, se observan zonas muy húmedas, frecuentemente cubiertas con neblina, donde se registran lluvias de larga duración y débiles intensidades. Al contrario las zonas encañonadas pueden tener un clima muy seco, como en el valle del Chota, por ejemplo.

V. ESTIMACION DEL USO ACTUAL Y DE LA DEMANDA EN AGUA DE RIEGO

V.1 Delimitación de las zonas con déficit hídrico de origen climático

Como ya fue brevemente expuesto en el Capítulo III, el análisis de la - información pluvio-climatológica permite encontrar las verdaderas fronteras del estudio, que delimitan las áreas donde existe la imperiosa necesidad de irrigar los cultivos.

Esta necesidad de agua para riego depende estrechamente de la cantidad de agua de lluvia disponible durante un tiempo determinado así como de la cantidad de agua requerida para asegurar el cumplimiento del ciclo-vegetativo de los cultivos durante el mismo tiempo.

Cuando la lluvia útil, es decir, la parte que llega efectivamente a las raíces para ser utilizada por las plantas, supera a los requerimientos de las mismas, el riego es inútil. En el caso contrario el riego - es necesario.

Según se ha propuesto anteriormente (Cap. III) analizaremos a continuación los componentes que definen el déficit hídrico con origen climático, siendo el mes la unidad de tiempo de trabajo.

V.1.1 Análisis de la pluviometría

V.1.1.1 Pluviometría media anual

El Cuadro N°1 presenta las alturas pluviométricas anuales registradas en veintinueve estaciones meteorológicas o puestos pluviométricos de la red del INAMHI durante un período homogéneo de quince años (1964--1978).

Para las series con años incompletos se procedió a obtener el promedio mensual de todo el período correspondiente a los meses faltantes (siempre que sean únicamente uno o dos en verano o uno en invierno) y este valor suple al no registrado. Las series con uno o dos años faltantes fueron sometidas a un contraste estadístico con los registros de las estaciones vecinas que tienen características físico-climáticas similares; cuando se obtuvo un coeficiente de correlación satisfactorio, se relleno la serie.

En base a los datos obtenidos se ha elaborado el mapa de isoyetas medias anuales, período 1964-1978 (mapa N°2). Se observa una zona muy seca en el valle central del río Chota, donde las precipitaciones pueden ser menores a los 400 mm, y dos zonas con pluviometría reducida a lo largo de los valles de los ríos Ambi y Apaquí. Por el contrario los sitios con una altura superior a 3200 m.s.n.m. se benefician con precipitaciones generalmente mayores a los 1300 mm mientras que el valle inferior del río Mira se encuentra bajo la influencia de las masas de aire húmedas procedentes del Pacífico y registra fuertes alturas pluviométricas anuales.

Cabe señalar que las precipitaciones anuales del período 1964-1978 son generalmente superiores a las calculadas para el período 1964-1973, presentadas en un informe anterior (4). Esto se debe a las fuertes pluviometrías registradas durante los años 1974 y 1975. Con el propósito de definir la representatividad de las isoyetas 1964-1978 se ha ajustado algunas leyes estadísticas a las estaciones con series más largas o que tienen un interés particular como la de Salinas (Cuadro N°2). Un estudio comparativo mostró que, en general, el mejor ajuste corresponde a las leyes gauss-logarítmica (ejemplo de Tulcán, Ibarra y Otavalo, fig. 2,3,4) o de Pearson III.

CUADRO N°1ALTURAS PLUVIOMETRICAS ANUALES EN mm.

Período homogéneo : 1964-1978 (15 años)

ESTACION	PROMEDIO	AÑO 1978	OBSERVACIONES
Tulcán	1003,9	868,2	Falta 1972
El Angel	1030,0	684,1	
Ibarra	614,9	396,7	
Atuntaqui	728,9	334,2	
Pimampiro	560,1	221,7	
Otavalo	804,3	622,6	
San Pablo	1014,1	660,6	Falta 1973
Cotacachi	1094,5	1045,3	
Zuleta	1201,1	884,5	
Mariano Acosta	1087,5	635,8	
Perucho	598,0	(466,3)	
Lita	1677,8	2395,1	
Pablo Arenas	797,9	464,6	
Carchi	570,0	352,2	1964 cor.
Ambuquí	492,1	313,1	Pimampiro
Mira	629,3	399,1	
Monte Olivo	671,7	435,6	1972 y 77 cor. Pimampiro
La Vega	1054,6	902,2	Falta 1964
S.J. de Minas	1258,3	1070,5	Falta 1964
Tumbabiro	652,4	(402,1)	1964 y 1978 cor. Pablo Arenas
San Gabriel	896,2	682,1	Trece años
Bolívar	760,0	522,8	Trece años
S. J. de Sigsipamba	1178,7	932,3	Doce años
Julio Andrade	1345,8	(947)	Doce años
Gruta La Paz	842,9	619,6	Once años
Cajas	1261,7	(1180)	10 años--1978 cor.La Vega
S. J. de Carchi	1260,9	549,9	Diez años
Salinas	(303,0)	---	Ocho años
Sigsicunga	1353,8	---	Seis años

NOTA : Cor. = Correlación con estación vecina para rellenar la serie.

VALORES DE LAS LLUVIAS ANUALES EN mm
PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

ESTACIONES	PERIODO DE RETOR- NO EN AÑOS	LEYES DE DITRIBUCION GENERAL- MENTE BIEN ADECUADAS		OTRAS LEYES DE DISTRIBUCION		
		GALTON	PEARSON III	GAUSS	GUMBEL	FRECHET
TULCAN (46 años) $\bar{X} = 882,2$ mm $\Delta = 195,2$ mm		$x_0 = 407$				
	100 seco	518	545	428	566	611
	50 seco	550	570	481	587	625
	30 seco	580	590	-	-	-
	10 seco	651	656	632	668	683
	5 seco	715	710	-	-	-
	mediana	861	856	882	850	833
	10 húmedo	1140	1142	1132	1137	1139
	50 húmedo	1350	1363	1283	1390	1500
	100 húmedo	1432	1450	1336	1495	1682
IBARRA (36 años) $\bar{X} = 634,9$ mm $\Delta = 145,1$ mm		$x_0 = 240$				
	100 seco	366	375	297	399	432
	50 seco	389	396	337	416	443
	30 seco	405	410	-	-	-
	10 seco	463	464	449	476	486
	5 seco	510	510	-	-	-
	mediana	619	617	635	611	597
	10 húmedo	826	828	821	824	828
	50 húmedo	984	987	933	1012	1104
	100 húmedo	1046	1049	972	1090	1244
OTAVALO (24 años) $\bar{X} = 868,1$ mm $\Delta = 192,5$ mm		$x_0 = 314$				
	100 seco	(489)	(510)	(398)	(534)	(576)
	50 seco	520	537	451	555	591
	30 seco	540	555	-	-	-
	10 seco	619	628	599	635	648
	5 seco	680	688	-	-	-
	mediana	825	829	846	814	796
	10 húmedo	1100	1100	1093	1097	1104
	50 húmedo	1309	1302	1241	1347	1471
	100 húmedo	(1391)	(1381)	(1294)	(1450)	(1657)
PIMAMPIRO (16 años) $\bar{X} = 548,5$ mm $\Delta = 192,5$ mm	50 seco	(302)		(235)	(318)	(323)
	30 seco	320		-	-	-
	10 seco	372	no	353	381	367
	5 seco	420	conviene	-	-	-

CUADRO N°2
(Continuación 2)

ESTACIONES	PERIODO DE RETOR- NO EN AÑOS	LEYES DE DISTRIBUCION GENERAL- MENTE BIEN ADECUADAS		OTRAS LEYES DE DISTRIBUCION		
		GALTON	PEARSON III	GAUSS	GUMBEL	FRECHET
PIMAMPIRO (16 años) $\bar{X} = 548,5$ mm $\sigma = 192,5$ mm	mediana 10 húmedo 50 húmedo	528 750 (926)		549 744 (862)	523 748 (945)	498 799 (1214)
SAN GABRIEL (24 años) $\bar{X} = 930,8$ mm $\sigma = 22,5$ mm	100 seco	(523)		(413)	(570)	(565)
	50 seco	558		474	595	583
	30 seco	595	no	-	-	-
	10 seco	669	conviene	646	687	657
	5 seco	748		931	-	-
	mediana	905		1216	894	858
	10 húmedo	1225		1388	1221	1307
	50 húmedo	1469		(1448)	1509	1894
	100 húmedo	(1567)			(1629)	(2210)
EL ANGEL (19 años) $\bar{X} = 988,0$ mm $\sigma = 339,1$ mm			$x_0 = 528$			
	100 seco	(430)	(551)	(199)	(439)	(578)
	50 seco	(471)	(566)	(292)	(476)	(598)
	30 seco	505	590	-	-	-
	10 seco	609	640	553	616	677
	5 seco	705	715	-	-	-
	mediana	935	910	988	932	897
	10 húmedo	1433	1436	1423	1430	1398
	50 húmedo	(1855)	(1914)	(1684)	(1869)	(2066)
SAN PABLO (16 años) $\bar{X} = 1039,5$ mm $\sigma = 222,9$ mm	100 húmedo	(2032)	(2116)	(1777)	(2052)	(2430)
	50 seco	(657)		(582)	(703)	(727)
	30 seco	695	no	-	-	-
	10 seco	775	conviene	754	795	797
	5 seco	850		-	-	-
	mediana	1016		1040	1003	980
	10 húmedo	1334		1325	1330	1357
	50 húmedo	(1571)		(1497)	(1619)	(1809)
SALINAS (8 años) $\bar{X} = 303,5$ mm $\sigma = 130,2$ mm	50 seco	(120)				
	30 seco	(132)				
	10 seco	165				
	5 seco	198				
	mediana	279				
	10 húmedo	472				
	50 húmedo	(649)				

V.1.1.2. Pluviometría diaria e intensidades

De un informe por publicarse (5) se presenta a continuación, en los cuadros N°3, 4 y 5 correspondientes a las estaciones de Tulcán, Ibarra y San Pablo, los valores de las alturas de precipitaciones en mm, recogidas durante diversos intervalos de tiempo t desde 5 minutos hasta un día con las intensidades correspondientes en mm/h, para diferentes frecuencias f de ser superadas. Con el fin de permitir el eventual cálculo de los valores para otros intervalos de tiempo, también se dan las fórmulas válidas para cada una de las tres estaciones de referencia, obtenidas mediante el ajuste de la ley gamma de Pearson III.

TULCAN

$$\begin{aligned} f \leq 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_1 &= 28 t^{0,372} f^{(0,029 \log t - 0,166)} \\ f > 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_2 &= 22 t^{0,157} f^{(0,073 \log t - 0,330)} \\ f \leq 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_3 &= 32 t^{0,123} f^{(0,039 \log t - 0,167)} \\ f > 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_4 &= 20 t^{0,372} f^{(0,049 \log t - 0,312)} \end{aligned}$$

IBARRA

$$\begin{aligned} f \leq 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_1 &= 18 t^{0,390} f^{-0,116} \\ f > 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_2 &= 14,5 t^{0,215} f^{-0,219} \\ f \leq 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_3 &= 19 t^{0,215} f^{-0,102} \\ f > 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_4 &= 14,5 t^{0,390} f^{-0,210} \end{aligned}$$

SAN PABLO

$$\begin{aligned} f \leq 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_1 &= 23,5 t^{0,470} f^{-0,113} \\ f > 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_2 &= 19 t^{0,213} f^{(0,103 \log t - 0,278)} \\ f \leq 0,1 \text{ y } t \geq 1 \text{ hora} : h_3 &= 27 t^{0,140} f^{(0,030 \log t - 0,125)} \\ f > 0,1 \text{ y } t < 1 \text{ hora} : h_4 &= 19 t^{0,470} f^{-0,206} \end{aligned}$$

Se da en mm., siendo f la frecuencia y t el tiempo en horas.

CUADRO N°3ALTURAS PLUVIOMETRICAS E INTENSIDADES PARA DIFERENTESFRECUENCIAS DE SER TRASPASADASEstación Tulcán (16 años)

<u>INTERVALO</u>	<u>FRECUENCIA: 0,5</u>		<u>FRECUENCIA : 0,1</u>		<u>FRECUENCIA : 0,02</u>		<u>FRECUENCIA : 0,01</u>	
	<u>PERIODO DE RETORNO : 2 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 10 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 50 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 100 AÑOS</u>	
	P mm	I mm/h	P	I	P	I	P	I
5 min	7,1	85,1	10,0	119,6	12,0	144,2	12,8	153,7
10 min.	11,1	66,4	17,0	102,0	21,4	128,6	23,2	139,0
15 min.	14,3	57,2	23,2	92,8	30,0	120,1	32,7	130,9
20 min.	16,7	50,2	27,0	81,0	34,6	103,9	37,6	112,8
30 min.	19,9	39,7	33,9	67,7	45,4	90,8	50,1	100,1
1 hora	25,1	25,1	41,0	41,0	53,2	53,2	58,0	58,0
2 horas	31,6	15,8	50,8	25,4	65,2	32,6	71,0	35,5
1 día	41,0	1,71	60,5	2,52	74,8	3,12	80,3	3,35

CUADRO N°4ALTURAS PLUVIOMETRICAS E INTENSIDADES PARA DIFERENTESFRECUENCIAS DE SER TRASPASADASEstación IBARRA (20 años)

<u>INTERVALO</u>	<u>FRECUENCIA : 0,5</u>		<u>FRECUENCIA : 0,1</u>		<u>FRECUENCIA : 0,02</u>		<u>FRECUENCIA : 0,01</u>	
	<u>PERIODO DE RETORNO : 2 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 10 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 50 AÑOS</u>		<u>RETORNO : 100 AÑOS</u>	
	P mm	I mm/h	P	I	P	I	P	I
5 min.	6,2	73,9	8,7	104,3	10,5	125,7	11,2	133,8
10 min.	8,0	48,1	11,2	67,3	13,5	80,9	14,4	86,2
15 min.	9,8	39,2	13,9	55,6	16,9	67,4	18,0	72,0
20 min.	11,0	33,0	15,8	47,4	19,3	57,9	20,6	61,9
30 min.	13,3	26,6	18,0	36,0	21,4	42,7	22,7	45,3
1 hora	16,8	16,8	22,3	22,3	26,1	26,1	27,5	27,5
2 horas	20,4	10,2	27,6	13,8	32,8	16,4	34,6	17,3
1 día	33,5	1,40	46,9	1,95	58,0	2,42	62,5	2,60

CUADRO N°5ALTURAS PLUVIOMETRICAS E INTENSIDADES PARA -
DIFERENTES FRECUENCIAS DE SER TRASPASADASEstación SAN PABLO (10 años)

<u>INTERVALO</u> <u>DE TIEMPO</u>	<u>FRECUENCIA : 0,5</u> <u>PERIODO DE RETORNO:</u> <u>2 AÑOS</u>		<u>FRECUENCIA : 0,1</u> <u>RETORNO : 10 AÑOS</u>		<u>FRECUENCIA : 0,02</u> <u>RETORNO : 50 AÑOS</u>		<u>FRECUENCIA : 0,01</u> <u>RETORNO : 100 AÑOS</u>	
	P mm	I mm/h	P	I	P	I	P	I
5 min.	6,7	80,4	9,2	110,0	10,9	130,5	11,5	138,3
10 min.	9,4	56,4	12,2	73,4	14,2	84,9	14,9	89,2
15 min.	11,5	45,9	15,6	62,4	18,5	73,9	19,6	78,3
20 min.	13,8	41,5	18,6	55,7	21,9	65,6	23,1	69,4
30 min.	16,3	32,6	22,2	44,4	26,3	52,6	27,9	55,8
1 hora	20,9	20,9	28,4	28,4	33,7	33,7	35,7	35,7
2 horas	26,0	13,0	39,0	19,5	47,8	23,9	51,2	25,6
1 día	40,6	1,69	50,3	2,10	56,8	2,37	59,2	2,47

V.1.2 Evapotranspiración Potencial ETP

Es la máxima evapotranspiración posible, bajo las condiciones climáticas existentes, cuando el suelo está suficientemente provisto de agua y cubierto con una densa masa vegetal en activo crecimiento. Por otro lado, el verdadero requerimiento de los cultivos comprende la cantidad de agua usada en transpiración y formación de los tejidos, sin olvidar la precipitación interceptada por la vegetación y la evaporación del suelo adyacente, lo que se define generalmente por el término de "uso consuntivo"-supuesto igual a la evapotranspiración potencial.

Por las razones anteriormente expuestas hemos escogido calcular la ETP - en base a la fórmula de THORNTHWAITE :

$$ETP = 16 \left(\frac{10 T}{C} \right)^a F$$

donde :

ETP = la evapotranspiración mensual, en mm

T = la temperatura media mensual del aire, en grados centígrados.

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} C^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} C^2 + 1,792 \cdot 10^{-2} C + 0,4924$$

$$C = \sum_{n=1}^{12} i_n \text{ con } i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$$

F = Duración media posible de fotoperíodo.

Los valores de la ETP están presentados en el Cuadro N°6.

V.1.3 Determinación del déficit hídrico D y número anual de meses agronómicamente secos N

Mediante la metodología presentada en el Capítulo III se calcula, para cada una de las estaciones climatológicas, los valores de déficit de los meses agronómicamente secos (Cuadro N°6) cuya suma da el déficit anual. Las isolíneas de igual déficit anual permiten circunscribir las regiones con - iguales necesidades de riego, escogiendo los valores límites más adecuados. En el presente caso (Mapas N°3 y 4) se ha determinado lo siguiente :

D menor a 50 mm : Riego innecesario o facultativo, lo que significa que, excepto fuerte sequía o cultivos especiales, el clima permite generalmente un buen desarrollo de las plantas y la obtención de cosechas normales.

D entre 50 y 150 mm : Riego complementario, necesario durante el verano para tener rendimientos correctos.

D mayor a 150 mm : Riego indispensable, necesario durante la casi totalidad del año y sin el cual no se podrían obtener cosechas normales.

Dado el error evidente procedente del uso de la fórmula THORNTHWAITE, cabe señalar que los valores de déficit calculados no corresponden a los requerimientos verdaderos de las plantas. Es así que no dan la indica-ción del aporte de agua necesario, pero sí tienen un valor comparativo indiscutible que permite limitar las regiones con iguales necesidades de riego. Por otra parte la selección de los valores límites (50 mm y 150 mm)-no corresponde a ninguna norma rígida, sino que es representativa de las realidades del campo por ser el fruto de numerosas inspecciones en el terreno mismo, junto a las opiniones de otros especialistas de PRONAREG. - Evidentemente hubiera sido posible bajar el valor límite inferior, escogiendo 30 mm por ejemplo, ampliando de este modo la superficie del estudio e incluyendo a las cercanías de El Angel y Tulcán, aquí excluidas. - El debate está abierto pero nuestra argumentación está basada en dos hechos principales : primero, en las dos regiones mencionadas es realmente posible cultivar sin riego escogiendo los tipos de cultivos adecuados de ciclos lo suficientemente cortos para evitar la temporada de tres meses ligeramente secos ; segundo, la oferta de agua es reducida y debe dedicarse a las regiones con mayores requisitos.

CUADRO N°6

TEMPERATURAS, PLUVIOMETRIA, EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y DEFICIT HIDRICO EN LAS PRINCIPALES

ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

ESTACION	PARAMETRO	<u>E</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	D	AÑO
TULCAN	T°C	10,5	10,8	10,8	11,0	11,0	10,2	10,0	9,7	10,1	10,8	11,1	10,8	10,6
	P mm	73	73	85	103	76	52	28	29	44	106	113	98	880
	ETP mm	50	47	52	52	53	47	48	46	47	52	52	52	598
	D mm							20	17	3				40
IBARRA	T	15,2	15,2	15,4	15,7	15,8	15,3	15,5	15,3	15,6	15,5	15,2	15,0	15,4
	P	42	49	68	103	73	40	13	14	30	73	78	49	632
	ETP	58	56	56	59	62	57	60	59	59	60	56	57	699
	D	16	7				17	47	45	29			8	169
SAN GABRIEL	T	12,0	12,2	12,2	12,4	12,3	11,7	11,3	11,2	11,7	12,1	12,3	12,1	12,1
	P	83	87	84	104	64	61	49	37	49	102	102	109	931
	ETP	53	50	55	54	55	51	50	50	51	54	54	54	631
	D							1	13	2				16
PIMAMPIRO (T extrapo- lado)	T	16,6	16,6	16,8	17,1	17,1	16,7	16,9	16,8	17,0	17,0	16,6	16,4	(16,8)
	P	32	47	53	64	40	43	35	24	31	62	69	50	550
	ETP	64	61	65	65	67	62	65	65	64	66	62	62	(786)
	D	32	14	22	1	27	19	30	41	33	4		12	(235)
EL ANGEL	T	11,8	11,7	11,8	11,9	12,0	11,5	11,2	11,4	11,7	12,0	11,7	11,7	11,7
	P	82	120	98	112	55	49	43	34	43	114	147	130	1027
	ETP	54	48	54	53	55	51	51	52	52	55	52	53	630
	D						2	8	18	9				37

CUADRO N°6

(continuación...2)

TEMPERATURAS, PLUVIOMETRIA, EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL Y DEFICIT HIDRICO EN LAS PRINCIPALES ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

<u>ESTACION</u>	<u>PARAMETRO</u>	<u>E</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>A</u>	<u>M</u>	<u>J</u>	<u>J</u>	<u>A</u>	<u>S</u>	<u>O</u>	<u>N</u>	<u>D</u>	<u>AÑO</u>
SALINAS	T	19,3	19,3	19,5	19,8	19,6	19,5	19,6	19,6	19,8	19,8	19,4	19,2	19,5
	P	20	40	32	35	18	26	4	4	18	24	50	34	305
	ETP	72	66	75	75	75	72	75	75	75	77	72	72	881
	D	52	26	43	40	57	46	71	71	57	53	22	38	576
ATUNTAQUI	T	15,3	15,3	15,5	15,5	15,6	15,3	15,4	15,5	15,6	15,4	15,2	15,1	15,4
	P	57	68	70	117	71	41	24	18	38	65	93	68	730
	ETP	61	58	62	60	62	59	61	62	61	61	58	59	724
	D	4					18	37	44	23				126
OTAVALO	T	14,5	14,4	14,5	14,3	14,5	14,3	14,4	14,3	14,5	14,6	14,4	14,4	14,4
	P	75	81	104	121	74	38	20	14	45	99	97	76	844
	ETP	59	57	59	57	59	57	59	58	58	60	57	59	699
	D						19	39	44	13				115
SAN PABLO	T	13,6	13,5	13,6	13,6	13,8	13,3	13,3	13,4	13,8	13,7	13,6	13,5	13,6
	P	79	111	108	140	90	66	27	21	57	106	133	103	1041
	ETP	57	54	57	55	58	54	55	56	57	58	55	57	673
	D							28	35	0				63

En definitiva, el área de estudio abarca una superficie de 2150 Km², aproximadamente, en la que el déficit anual varía desde 50 mm para - alcanzar valores superiores a 500 mm en el valle central del Río Chota.

Por otra parte, y en base al Cuadro N°6, presentamos el Mapa N°5 que define la líneas de igual número anual de meses secos. En el área - considerada éstos son superiores a 3 hasta alcanzar 12 en la zona de mayor déficit. Se debe notar que, en general, existen dos estaciones secas, la una bien marcada entre Junio y Septiembre y la otra menos acentuada en Diciembre- Enero.

El período comprendido entre Junio y Septiembre es el que, naturalmente, requiere del mayor aporte en agua de riego y por esta razón tiene una gran importancia. Es así que se ha tratado de ajustar varias leyes estadísticas a la pluviometría de este período sin encontrar una ley adecuada ; en los diagramas gauss-logarítmicos de las fig. 2,3,4 se puede notar que la distribución es bimodal. En estas mismas figuras también se ha trazado el valor de la ETP correspondiente con el fin de evaluar, en relación con la mediana anual del déficit, la proporción $R = \frac{D}{D_2} \times \text{años}$ de los aportes suplementarios necesarios en el -

transcurso de años excepcionalmente secos. Los resultados están presentados en el Cuadro N°7.

CUADRO N°7

DEFICIT HIDRICO EN LAS PRINCIPALES ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

PERIODO : JUNIO A SEPTIEMBRE

Estaciones Período de re - torno	TULCAN			SAN PABLO			OTAVALO			IBARRA			PIMAMPIRO			SALINAS		
	Pluvio metría	Déficit	Relación	P	D	R	P	D	R	P	D	R	P	D	R	P	D	R
	P	D	$R = \frac{D_{x \text{ años}}}{D_{2 \text{ años}}}$															
2 años	148	40	1	175	47	1	120	112	1	90	145	1	127	129	1	52	245	1
5 años	108	80	2	105	117	2,49	72	160	1,43	60	175	1,21	97	159	1,23	38	258	1,05
10 años	83	105	2,63	80	142	3,02	48	184	1,64	27	208	1,43	66	190	1,47	32	264	1,08
30 años	59	129	3,23	57	165	3,51	28	204	1,82	5	230	1,57	39	217	1,68	(26)	(270)	1,10
50 años	52	136	3,40	(50)	(172)	(3,66)	23	209	1,87	3	232	1,60	(32)	(224)	(1,74)			
100 años	43	145	3,63				17	215	1,92	1	234	1,61						
Retorno de un período sin dé ficit, en años		4			4			36			45			67			+ de 1000	

2. Inventario de las zonas potencialmente regables en base a los factores físicos

Una vez delimitada la zona de interés climática, queda por definir las áreas cuyas características físicas permiten una buena utilización agrícola. Hubieran podido ser tomados en cuenta diferentes tipos de parámetros pero se han considerado los más importantes :

- la calidad agronómica de los suelos, elemento procedente del Departamento de Edafología del PRONAREG.
- el valor de las pendientes y la altitud relativa de la zona con relación a las posibles fuentes de alimentación

En efecto el suelo siendo el soporte nutritivo de los cultivos, tiene una importancia predominante. Los estudios edafológicos permiten conocer :

- la calidad agronómica de la cobertura superficial y su vocación agrícola
- la existencia de factores limitantes para la utilización y principalmente :
 - . la falta de profundidad del suelo
 - . un pH prohibitivo, muy ácido o muy alcalino
 - . la presencia de sales (ClNa y SO_4Ca principalmente)
 - . la existencia de rocas en los horizontes superficiales (obstáculo para la mecanización)
 - . una textura demasiado arcillosa
 - . una textura demasiado arenosa (pérdidas durante las irrigaciones)

Por otra parte las pendientes son un factor limitante para la utilización agrícola ya que condicionan :

- la elaboración de un sistema de mecanización agrícola moderno
- la instalación de una red de irrigación ordenada
- la erosión de las vertientes y la degradación de las capas arables.

De este modo, la superposición de los mapas de suelos y pendientes permite delimitar zonas con diferentes potencialidades agrícolas y establecer una escala de prioridades para su utilización racional.

Clase 1 : Suelos buenos y pendientes débiles, inferiores al 12%

Clase 2 : Suelos de calidad media y pendientes débiles

Clase 3 : Suelos mediocres pero pendientes débiles, a explotarse sólo en caso de un exceso de agua.

Además se han aumentado algunas subclases por añadir índices que caracterizan a los posibles factores limitantes :

- p cuando la pendiente es media, entre 12 y 25 %
- r cuando el suelo es rocoso
- s cuando la textura es arenosa
- a cuando la textura es arcillosa
- e cuando a los suelos les falta profundidad
- S cuando los suelos son salinos
- F o f cuando el pH es muy ácido o muy alcalino
- d cuando la zona es una depresión (riesgo de inundación)

En el presente caso se ha localizado zonas representadas en los Mapas N° 3 y 4 y cuyas superficies totales se presentan a continuación :

Prioridad 1 : sin limitantes : 3400 hectáreas

con limitante s:	6132	"
con limitante r:	3184	"
TOTAL :	12716	"

Prioridad 2 : sin limitantes : 9330 "

con limitante s:	2956	"
con limitante s		
y p	: 692	"
TOTAL :	12978	"

TOTAL GENERAL : 25694 hectáreas *

V.3 INVENTARIO DE LAS ZONAS ACTUALMENTE REGADAS

Sumándose a las consideraciones anteriores interviene otro factor esencial: el riego actual de la región.

El problema está en :

- la delimitación de las sub-zonas que se benefician de una irrigación actual.
- la evaluación cuantitativa de esta irrigación, en superficie real (Cap. V.4)
- la estimación de los aportes adicionales necesarios para suplir las demandas de estas subzonas parcialmente regadas (Capítulo V.5)

* NOTA: En anexos se describen brevemente los suelos.

Para delimitar las subzonas bajo una irrigación actual se dispone de dos documentos básicos : un mapa de los proyectos de riego de INERHI (Mapa N°6) y un mapa de riego actual procedente del Departamento de Geografía de PRONAREG (Mapa N°7).

La primera información trata de zonas recientemente colocadas en riego por medio de proyectos modernos. En una primera aproximación se puede juzgar que la demanda de agua de estos sectores está completamente cubierta y por lo tanto no es necesario estudiar estas zonas.- El segundo documento se refiere a la irrigación tradicional o particular que contempla aspectos más delicados por la complejidad y heterogeneidad de las redes de distribución. En un enfoque preliminar - los geógrafos han delimitado las zonas que se benefician de una superficie regada superior a 50% y aquellas donde la irrigación es inferior a 50%. Dada la escala regional de nuestros estudios se ha considerado que, sin riesgo de errores muy graves, se podía estimar:

- en las zonas que se benefician de más del 50% de irrigación, un promedio de un 75% de las superficies están parcialmente regadas, es decir que el 25% de la superficie total falta por irrigar.
- en las zonas irrigadas en menos de un 50%, sólo la demanda del 25% de la superficie está en parte satisfecha y el 75% queda por irrigar totalmente.

Estas consideraciones serán tomadas en cuenta en el próximo capítulo.

El examen del Mapa N°6 muestra que los 11 acondicionamientos hidráulicos del INERHI (3 en explotación, 2 en construcción y 6 en estudios) - están ubicados dentro de los límites determinados en base a las condiciones climáticas (Cap. V.1) con excepción del proyecto 7 que desborda un poco hacia el norte en las cercanías de El Angel y San Gabriel. El Cuadro N°8 presenta las principales características de los diferentes proyectos.

En cuanto a las superficies actualmente bajo riego, expuestas en el Mapa N°7, éstas también rebasan el límite norte tomado en consideración por nuestro estudio y se extienden por las regiones de El Angel, San -

Gabriel, Huaca y Tulcán. En el interior de las fronteras geográficas del presente informe (provincias de Carchi e Imbabura) los sectores - que se encuentran actualmente bajo riego ocupan las superficies si - guientes :

Riego en más del 50%	: 87.820 hectáreas
Riego en menos del 50%	: 35.580 Hectáreas
<u>TOTAL GENERAL</u> :	123.400 hectáreas

Dentro de los límites climáticos de nuestro estudio las superficies - actualmente regadas alcanzan :

Riego en más del 50%	: 48.388 hectáreas
Riego en menos del 50%	: 2.148 hectáreas
<u>TOTAL GENERAL</u> :	: 72.536 hectáreas

V.4. Cuantificación de las superficies con diferentes necesidades en dotación de riego

Del análisis anterior se deduce que deben considerarse tres tipos de áreas que necesitan de diferentes aportaciones de riego, según tengan su demanda totalmente, parcialmente o no satisfecha.

V.4.1 Áreas con su demanda satisfecha

Se trata de las áreas correspondientes a los proyectos del INERHI actual^u mente en operación, es decir SALINAS, MONTUFAR y PIQUIUCHO (Cuadro N°8). cuya superficie total es :

$$z = 5.600 \text{ hectáreas}$$

V.4.2 Áreas que necesitan de un aporte adicional

Se trata de las áreas actual pero insuficientemente regadas inclu^uidas dentro de los límites climáticos definidos en el acápite V.3. Según lo expues^u to en el Capítulo anterior, se toma en consideración un porcentaje dife^u - rente de las zonas actualmente regadas en más o menos de un 50% (75% y 25% respectivamente.)

SECTOR DE RIEGO INDISPENSABLE : D mayor a 150 mm

Areas regadas en + de 50% : A = 15.208 hectáreas

Areas regadas en - de 50% : A' = 1.080 hectáreas

Zonas que necesitan de un

aporte adicional : $A_1 = 0,75A + 0,25A'$
 $A_1 = 11.676$ hectáreas

SECTOR DE RIEGO COMPLEMENTARIO : D entre 50 y 150 mm

Areas regadas en + 50% : a = 33.180 hectáreas

Areas regadas en - de 50% : a' = 23.068 hectáreas

Zonas que necesitan de un

aporte adicional : $a_1 = 0,75a + 0,25a'$
 $a_1 = 30.652$ hectáreas

En conjunto, las áreas que reclaman de una aporte adicional para suplir la deficiencia de riego actual, alcanzan una superficie total de :

$$A_c = A_1 + a_1$$

$$A_c = 42.328 \text{ hectáreas}$$

CUADRO N°8
PROYECTO DE RIEGO DEL INERHI

<u>NOMBRE</u>	<u>NIVEL DE EJE CUCION</u>	<u>SUPERFICIE REGADA EN HECTAREAS</u>	<u>TIPO DE APROVECHAMIENTO</u>	<u>FUENTE (RIO)</u>	<u>CAUDAL DE APOORTE EN l/s</u>	<u>DOTACION DE AGUA EN l/s/Ha</u>
1. SALINAS	explotación	2.400	Directo del río	Ambi a.j. Sta.Rosa	2500	1.04
2. MONTUFAR	explotación	3.100	Directo del río	Apaquí (río Minas Cuashal)	2.900	0.94
3. PIQUIUCHO	explotación	100	Directo del río	Apaquí A.J.Caldera	100	1.0
4. PUSIR ALTO	construcción	650	Directo del río	El Angel A.J. Chota	600	0.92
5. AMBUQUI - PUSIR BAJO	construcción	1.600	Directo del río	Mataquí A.J. Caldera	2.000	1.25
6. PALACARA	estudio	400	Directo del río	Palacara A.J. Mira Santiaguillo A.J. Mira	500	1.25
7. ARTEZON- MIRA EL ANGEL	estudio	9.000	Embalses	Bobo y San Isidro	6.500	0.72
8. TUMBABIRO- PIÑAN	estudio	2.900	Embalses	Piñan y Pantaví	4.000	1.38
9. PIMAMPIRO	estudio	3.200	Directo del río	Laguna Puruanta? Ríos Pisque y Chanchán	3.300	1.03
10. MONTE OLI VO	estudio	1.800	Directo del río	San Miguel A.J. Corazón	600	0.33
11. SAN ANTONIO	estudio	3.000	Embalse más pozos	Regulación laguna San Pablo y aguas subterrá- neas	2.100	0.70

V.4.3 Áreas que necesitan de un aporte total

Estas áreas se refieren, por una parte a aquellas que no están todavía regadas (con prioridad 1 o 2 según los factores físicos, Cap. V.2), y por otra parte a las superficies supuestamente no regadas en las zonas con riego actual mayor o menor de 50% (respectivamente 25% y 75% Cap. V.3).

SECTOR DE RIEGO INDISPENSABLE : D mayor a 150 mm

Áreas no regadas con prioridad 1: $S_1 = 1456$ hectáreas

Áreas no regadas con prioridad 2: $S_2 = 0$

Áreas regadas en + 50% : $A = 15.208$ hectáreas

Áreas regadas en - 50% : $A' = 1.080$ hectáreas

Áreas no regadas en las dos ca-

tegorías anteriores : $A'' = 0,25A + 0,75A'$

$A'' = 4612$ hectáreas

Zonas que necesitan de un aporte

total, prioridad 1 : $A_{t1} = S_1 + A''$

$A_{t1} = 6068$ hectáreas

Zonas que necesitan de un aporte

total, prioridad 2 : $S_2 = 0$

SECTOR DE RIEGO COMPLEMENTARIO : D entre 50 y 150 mm

Áreas no regadas con prioridad 1: $s_1 = 868$ hectáreas

Áreas no regadas con prioridad 2: $s_2 = 2.596$ hectáreas

Áreas regadas en + 50% : $a = 33.180$ hectáreas

Áreas regadas en - 50% : $a' = 23.068$ hectáreas

Áreas no regadas en las dos ca-

tegorías anteriores : $a'' = 0,25a + 0,75a'$

$a'' = 25.596$ hectáreas

Zonas que necesitan de un aporte

total, prioridad 1 : $a_{t1} = s_1 + a''$

$a_{t1} = 26.464$ hectáreas

Zonas que necesitan de un aporte

total, prioridad 2 : $s_2 = 2.596$ hectáreas

En conjunto, las áreas que necesitan de un aporte total porque no se benefician de ningún riego actual, alcanzan las superficies siguientes :

en prioridad 1 : $A_{g1} = A_{t1} + a_{t1}$
 $A_{g1} = 32.532$ hectáreas

en prioridad 2 : $A_{g2} = S_2 + s_2$
 $A_{g2} = 2.596$ hectáreas

o sea un total de 35.128 hectáreas

V.4.4 Conclusión

El Cuadro N°9 recapitula los resultados obtenidos en los tres acápites anteriores. Debe notarse que las zonas que se encuentran bajo riego actual (aporte adicional) han sido puestas en prioridad 1. Naturalmente eso puede ser objeto de discusión, pero se ha considerado que el mejoramiento de una zona con irrigación actual, en la que existe ya una población asentada y una infraestructura básica, debe tener prioridad sobre aquellas zonas todavía sin ningún riego.

En definitiva las superficies que requieren de un aporte son las siguientes, en hectáreas :

Superficie total : 77.456	{	Aporte adicional : 42.328	{	Riego indispensable : 11.676
				Riego complementario : 30.652
	{	Aporte total : 35.128	{	Riego indispensable : 6.068
				Riego complementario : 29.060

El Mapa N°8 hace la síntesis de los Mapas N°3, 4, 6 y 7, presentando las áreas potencialmente regables : zonas con riego actual insuficiente que necesitan de un aporte adicional, zonas todavía no regadas que precisan de un aporte total y zonas donde la demanda está ya satisfecha.

CUADRO N°9

RECOPILACION DE LAS SUPERFICIES QUE NECESITAN DE DIFERENTES TIPOS DE APOORTE, EN HECTAREAS

ZONAS	DENSIDAD DE RIEGO	TIPO DE APOORTE REQUERIDO	P R I O R I D A D 1			P R I O R I D A D 2			TOTAL GENERAL
			RIEGO IN- DISPENSABLE	RIEGO COMPLE- MENTARIO	TOTAL	RIEGO IN- DISPENSABLE	RIEGO COMPLEMEN- TARIO	TOTAL	
BAJO RIEGO ACTUAL	100%	satisfecho	2100	3500	5600	-	-	-	5600
	+ 50%	existente	15208	33180	48388	-	-	-	72536
	- 50%	existente	1080	23068	24148	-	-	-	
	insuficiente	adicional	11676	30652	42328	-	-	-	42328
SIN RIE- GO ACTUAL	inexistente	total	4612	25596	30208	-	-	-	
	inexistente	total	1456	868	2324	-	2 596	2 596	35 128
SUPERFICIES NECESITANDO UN APOORTE			17744	57116	74860	-	2 596	2 596	77456

V.5. Evaluación del suministro actual y de los requerimientos en riego de la zona

Como se ha propuesto en la metodología, ha sido necesaria una investigación de campo, para estimar :

- por una parte los requerimientos de los cultivos, o sea el aporte teóricamente óptimo, medido en los canales, regando áreas que pueden considerarse como suficientemente regadas. Debe decirse que fueron muy pocas.
- por otra parte, los aportes de la áreas insuficientemente regadas, escogiendo zonas testigos representativas en las cuales se ha medido mensualmente los caudales, con el fin de extrapolar los resultados a la totalidad del área estudiada.

Eso permite tener una visión bastante exacta del uso actual del agua con fines de riego, evaluar "in situ" el valor "ideal" de la dotación de riego, y al comparar los dos resultados anteriores estimar el aporte global que queda por suministrar.

V.5.1 Estimación del uso actual de riego y del requerimiento óptimo

Se ha escogido cinco zonas-testigos en las regiones de SALINAS, AMBUQUI, PIMAMPIRO, OTAVALO y COTACACHI (Mapas N°9, 10 y 11) : dos sirven para la estimación del requerimiento óptimo, dos sirven para la estimación de los aportes actuales en las zonas de riego indispensable, dos sirven para la estimación de los aportes actuales en las zonas de riego complementario.

A pesar de algunas interrupciones debidas a razones de fuerza mayor, se ha podido realizar un total de 55 aforos cuyos resultados están recapitulados en el Cuadro N°10.

En definitiva se obtiene los siguientes resultados :

REQUERIMIENTO OPTIMO

- Q = 0,9 l/s/ha en las zonas de riego indispensable
- Q = 0,8 l/s/ha en las zonas de riego complementario

USO ACTUAL

Los resultados se resumen en el siguiente cuadro :

<u>ZONA DE RIEGO</u>	<u>USO ACTUAL</u> <u>EN l/s/Ha</u>	<u>SUPERFICIES REGADAS</u> <u>EN HECTAREAS</u>	<u>CAUDAL DE RIEGO</u> <u>ACTUAL EN l/s</u>
indispensable	0,21	11.676	2.452
complementario	0,45	30.652	13.793
TOTAL	0,38	42.328	16.245

En conclusión puede decirse que los agricultores, en nuestra región de estudio, se aprovechan de 16 m³/s aproximadamente, a los que deben añadirse 5,5 m³/s de los proyectos del INERHI en explotación, es decir 21,5 m³/s - en total.

V.5.2 Estimación de la demanda global en agua de riego

La comparación de los resultados obtenidos en el acápite anterior permite saber el caudal por hectárea que queda por aportar en las zonas con riego indispensable y complementario que necesitan en promedio, regarse 11 y 5 meses respectivamente ; agregando los valores de superficies del capítulo V. 4 es posible tener una evaluación de la demanda.

Todos los resultados están recapitulados en el Cuadro N°11.

En definitiva la demanda de la zona estudiada es la siguiente :

Demanda Total : 47.493 l/s o 837 M m ³	Aporte Adicional : 18.784 l/s o 374 M m ³	Riego indispensable :
		8.056 l/s o 233 millones m ³
	Aporte Total : 28.709 l/s o 463 M m ³	Riego complementario :
		10.728 l/s o 141 millones m ³
		Riego indispensable :
		5461 l/s o 158 millones m ³
		Riego complementario :
		23.248 l/s o 305 millones m ³

Los caudales aquí indicados son los que deberían suministrarse, en forma continua, durante el período climáticamente deficitario. Los acondicionamientos corresponden al aprovechamiento directo de las aguas de pozos, manantiales y principalmente ríos permanentes (bombeo y/o canales). Por el hecho de que el estiaje de los ríos ocurre simultáneamente con la estación seca, se tendrá que contar únicamente con los caudales disponibles en aguas muy bajas.

Por otra parte, los volúmenes señalados son los que deberían almacenarse en reservorios para satisfacer las demandas durante 11 o 5 meses secos - (sectores con riego indispensable y complementario, respectivamente). - Debe indicarse que no se ha tomado en cuenta las pérdidas ocasionadas por la infiltración y la evaporación. En efecto, éstas dependen de varios parámetros, entre los cuales la geología del embalse, el tamaño y el diseño de la presa, y las condiciones climáticas locales. En el próximo capítulo se dará una evaluación de los valores que podrían alcanzar.

CUADRO Nº 10

ESTIMACION DEL SUMINISTRO ACTUAL EN AGUA DE RIEGO EN LAS ZONAS-TESTIGOS

* Valores redondeados

<u>APRECIACION DEL SUMINISTRO</u>	<u>ZONA DE RIEGO</u>	<u>LOCALIZACION ZONA TESTIGO</u>	<u>LOCALIZACION CANAL</u>	<u>SUPERFICIE REGA- DA EN HECTAREAS</u>	<u>PRINCIPALES TIPOS DE CULTIVO</u>	<u>PROMEDIO DE CAUDA- LES 1978 en l/s</u>	<u>SUMINISTRO AC- EN l/s</u>
ACTUAL Y SATISFACTORIO	indispensable Ccomplementario	SALINAS COTACACHI	Proyecto INERHI Hda. Tumibamba	1410 30	caña, alfalfa, hortalizas pastos, maíz, va- rios	1240 23	0.91* 0,8*
ACTUAL E INSUFICIENTE	indispensable	PIMAMPIRO	1	525	pastos, alfalfa, varios	93	0,18
			2	687	hortalizas, maíz varios	58	0.08
			TOTAL	1212	varios	151	0,12
		AMBUQUI	TOTAL	1600	caña, tomate, maíz frutales	440	0,28
			TOTAL GENERAL	2816	varios	591	0,21
	complementario	COTACACHI	1	256	maíz, plant. ind. caña	80	0,31
			2	222	maíz, flores, caña	53	0,24
			3	83	maíz	14	0,17
			4	30	pastos, maíz, varios	23	0,77
			TOTAL	591	varios	170	0,29
		OTAVALO	1	131	maíz, varios	33	0,25
			2	268	pastos, varios	120	0,45
			3 y 4	634	pastos, varios	400	0,63
			TOTAL	1033	varios	553	0,54
			TOTAL GENERAL	1624	varios	723	0,45

CUADRO N°11

ESTIMACION DE LA DEMANDA ACTUAL

<u>ZONA DE RIEGO</u>	<u>REQUERI- MIENTO OP- TIMO l/s/ha</u>	<u>NUMERO DE MESES DE RIEGO</u>	<u>APORTE ADICIONAL</u>					<u>APORTE TOTAL</u>		
			<u>USO AC- TUAL l/s/ha</u>	<u>APORTE RE- QUERIDO l/s/ha</u>	<u>SUPERFICIES INSUFICIENTE- MENTE REGADAS EN ha</u>	<u>CAUDAL TOTAL NECESARIO EN l/s</u>	<u>VOLUMEN DE ALMACENAMIE- NTO NECESARIO EN M m³</u>	<u>SUPERFICIES NO REGADAS EN ha</u>	<u>CAUDAL TOTAL NECESARIO EN l/s</u>	<u>VOLUMEN DE ALMA- CENAMIENTO NECE- SARIO EN M m³</u>
Indispensable	0,9	11	0,21	0,69	11.676	8.056	233	6.068	5.461	158
Complementario	0,8	5	0,45	0,35	30.652	10.728	141	29.060	23.248	305

V.5.3 Estimación de la demanda real a mediano plazo

En realidad, la demanda global anteriormente estimada se encontrará, a corto o mediano plazo, aminorada en forma sustancial por la puesta en servicio de los acondicionamientos proyectados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INERHI). Un notable mejoramiento de la actual situación está por realizarse en un futuro cercano y es imprescindible tenerlo en cuenta. Por esta razón, se ha considerado que el presente estudio debía enfocarse hacia la demanda real que reste por satisfacer luego de la construcción de todas las obras previstas (de igual manera, en el próximo capítulo, se tomarán en cuenta las cantidades de agua correspondientes, sustraídas del recurso disponible).

Es así que la demanda real se refiere a los requerimientos de las superficies con prioridad 1, prioridad 2 o actualmente regadas en forma insuficiente, que se encuentran ubicadas :

- Fuera del perímetro de influencia de los proyectos de INERHI
- Dentro del perímetro de influencia de los proyectos de INERHI, pero no abastecidas mediante estos proyectos (las superficies regables son superiores a las superficies regadas previstas.)

Los Cuadros N°12 y 13 cuantifican las superficies situadas fuera de los límites de los proyectos de INERHI y los requerimientos correspondientes.

El Cuadro N°14 retoma los diversos aportes necesarios y en particular la demanda real. En definitiva, es la siguiente :

Demanda real total	{	Zonas fuera de los proyectos: 25.353 l/s
		o 384 millones m ³
		Zonas dentro de los proyectos : 4.210 l/s
29.563 l/s o		u 87 millones m ³
471 millones m ³		

NOTA : La dotación unitaria que corresponde a la demanda real (0,516 l/s/ha) se encuentra inferior a la demanda global (0,613 l/s/ha) por el hecho que el suministro previsto por el INERHI en sus proyectos es un poco excedente (0,837 l/s/ha) por no tener en cuenta el riego actual.

CUADRO N°12

Superficies que quedarían por regarse, fuera del perímetro de influencia de los proyectos de INERHI y luego de la construcción de estos proyectos, en hectáreas.

<u>RIEGO ACTUAL Y PRIORIDAD</u>	<u>ZONA DE RIEGO INDISPENSABLE</u>	<u>ZONA DE RIEGO COMPLEMENTARIO</u>	<u>TOTALES</u>
No regado, prioridad 1	704	100	804
Regado en + 50%, prioridad 1	3.260	17.128	20.388
Regado en - 50%, prioridad 1	200	19.320	19.520
No regado, prioridad 2	0	1.056	1.056
<u>TOTAL</u>	4.164	37.604	41.768

CUADRO N°13

ESTIMACION DE LA DEMANDA PROBABLE EN LAS ZONAS UBICADAS FUERA DEL PERIMETRO DE INFLUENCIA DE LOS PROYECTOS INERHI, Y LUEGO DE LA REALIZACION DE ESTOS PROYECTOS

TIPO DE RIEGO REQUERIDO	I N D I S P E N S A B L E		C O M P L E M E N T A R I O		TOTALES
NECESIDADES EN DOTACION DE IRRIGACION, EN l/s/ha	APORTE TOTAL 0,9 l/s/ha	APORTE ADICIONAL 0,69 l/s/ha	APORTE TOTAL 0,8 l/s/ha	APORTE ADICIONAL 0,35 l/s/ha	
Superficie no regada con suelos prioridad 1	704 ha	-	100 ha	-	804 ha
Superficie con riego actual + 50%	815 ha	2.445 ha	4.282 ha	12.846 ha	20.388 ha
Superficie con riego actual - 50%	150 ha	50 ha	14.490 ha	4.830 ha	19.520 ha
Superficie no regada con suelos prioridad 2	0	-	1.056 ha	-	1.056 ha
Superficies totales	1.669 ha	2.495 ha	19.928 ha	17.676 ha	41.768 ha
Aportes parciales necesarios	1.502 l/s	1.722 l/s	15.942 l/s	6.187 l/s	25.353 l/s o 384 M m ³
Aportes necesarios por zonas	3.224 l/s o 93 M m ³		22.129 l/s o 291 M m ³		
TOTAL	25.353 l/s o 384 M m ³				

CUADRO N° 14

RESUMEN DE LOS VALORES DE LAS DIFERENTES DEMANDAS EN AGUA DE RIEGO.-

<u>TIPO DE LA DEMANDA</u>	<u>LOCALIZACION DEL AREA</u>	<u>SUPERFICIES PARA REGARSE EN Ha.</u>	<u>SUMINISTRO REQUERIDO</u>	<u>DOTACION UNITARIA EN l/s/ha</u>
Global	Totalidad del estudio -	77.456	47.493 l/s o 83.7 M m ³	0,613 o 0,343
Próximamente satisfecha	Proyectos INERHI	20.300	17.000 l/s	0.837
Real a Mediano Plazo	Fuera de los Proyectos INERHI	41.786	25.353 l/s o 384 M m ³	0,607 o 0,291
	Pendiente en los Proyectos INERHI	15.458	4.210 l/s o 87 M m ³	0,272 o 0,178
	TOTAL	57.244	29.563 l/s o 471 M m ³	0,516 o 0,261

VI. ESTIMACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS DISPONIBLES

En base a todo lo expuesto anteriormente se ha estimado la demanda global en la zona de estudio : 77.456 hectáreas no regadas o imperfectamente regadas necesitan un caudal continuo de 47.493 l/s o un almacenamiento de 837 millones de m³. El caudal del cual se debe disponer, por unidad de superficie, alcanza 0,613 l/s/ha. en el primer caso y 0,343 l/s/ha en caso de acumulación en reservorios. Ocurre lo mismo en lo que se refiere a la demanda real : 0,516 l/s/ha y 0,261 l/s/ha respectivamente, que corresponden a un caudal continuo de 29.563 l/s o a un volumen de 471 millones de m³. - La notoria diferencia proviene del hecho que en el caso de almacenamiento se ha previsto el suministro únicamente durante los períodos secos del año, once meses en promedio en la zona de riego indispensable y cinco meses en la zona de riego complementario, sin tomar en cuenta las pérdidas de las represas ocasionadas por la evaporación e infiltración, principalmente.

Por el contrario, en el caso de captación, se debe considerar el caudal útil disponible en el período seco, desperdiciándose este caudal durante la época sin déficit hídrico.

Para satisfacer la demanda, nos proponemos investigar el recurso hídrico disponible en la zona : procedente de los grandes ríos permanentes, mediante almacenamiento a la salida de pequeñas cuencas hidrográficas sin mayor interés agrícola y finalmente por aprovechamiento de las aguas subterráneas existentes. Este estudio de la oferta, se hará entonces en dos etapas distintas :

1. Estudio del recurso teóricamente disponible

- Estudio del escurrimiento en aguas bajas, en las estaciones hidrométricas del INAMHI, con miras a una posible captación mediante canales o bombeo del río.
- Estudio de los módulos en las estaciones hidrométricas del INAMHI, con el fin de evaluar un posible almacenamiento.
- Delimitación de las zonas propicias para la instalación de pozos y estimación de las reservas del acuífero de algunas cuencas hidrográficas mediante el análisis de las curvas de agotamiento.

2. Estudio del recurso realmente disponible

En la práctica, el recurso global está modificado por un hecho importante : el uso actual o previsto del agua. En efecto, es posible hacer poco caso - de las tomas del riego tradicional antiguo, ya tenidas en cuenta en el escu rrimiento de los ríos, pero, en ningún caso se debe despreciar las captacio nes realizadas por los proyectos modernos puestos en servicio posteriormente al análisis hidrológico e infravalorar los caudales relativos a los acondi - cionamientos actualmente en construcción o previstos a corto y mediano plazo; como ya se ha visto en el acápite V.5.3, el INERHI como Instituto encargado del manejo nacional del agua, tiene su propio plan de implementación de sis - temas de riego en la zona y ha invertido un fuerte capital financiero y humano para llevar a cabo los estudios previos necesarios. Por esta razón la lógica nos impone considerar que el recurso prácticamente utilizable para crear una futura infraestructura complementaria de irrigación es el que queda disponi - ble una vez restado lo utilizado por INERHI en sus próximos proyectos.

VI.1 Recurso teóricamente disponible

VI.1.1 Análisis de los datos de la red hidrométrica del INAMHI

El mapa N°12 presenta las estaciones hidrométricas de la red nacional, insta - ladas, mantenidas y operadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hi - drología (INAMHI). Luego de un análisis crítico de los datos disponibles, se ha llegado a clasificar las estaciones en tres grupos :

GRUPO N°1 : Comprende las estaciones en las cuales se puede calcular todos los parámetros hidrológicos clásicos, debiendo contar con un limnógrafo, curvas de descarga y extrapolaciones confiables hasta los niveles máximos. En el presen - te caso, permiten el cálculo de los módulos anuales con una buena aproximación. Existen cuatro estaciones en este grupo :

Apaquí en gruta Rumichaca
Apaquí D.J. Minas
Mira en FF. CC. Carchi
Ambi D.J. Cariyacu

GRUPO N°2 : Comprende las estaciones en las cuales se puede únicamente calcu - lar los parámetros de aguas bajas, por falta de curva de descarga confiable - en aguas altas o de limnógrafo. Están en esta zona las cinco siguientes :

Bobo en planta elect. Tulcán
 Tejar en Otavalo
 Chico A. J. Carchi
 Jatunyacu A. J. Blanco .
 Grande A. J. Játiva

GRUPO N°3 : Comprende las estaciones en las cuales no se puede calcular ningún parámetro, generalmente debido a la mala calidad de la curva de descarga o porque son estaciones recién instaladas.

En forma general, y a pesar de la inexistencia o poca confiabilidad de las estaciones en el sur-este de la zona, se puede considerar que los datos registrados por el INAMHI permiten una aproximación bastante válida de los fenómenos hidrológicos en la región de estudio. Por lo menos, y con la ayuda del método de las zonas hidrológicas teóricamente homogéneas (4 y 6) es posible extrapolar los resultados obtenidos hacia pequeñas cuencas unitarias de superficie reducida con el fin de colocarlas en una de las cinco grandes clases que se han escogido para las principales características hidrológicas : escurrimiento anual, estiaje e irregularidad interanual, cuantificados por los siguientes parámetros :

- Módulo específico Q_s , que representa el caudal medio anual producido por cada Km^2 .
- DCC 10, caudal específico característico de diez días consecutivos, en otros términos el caudal garantizado para 355 días del año.
- Coeficiente de irregularidad interanual K_3 , relación entre el módulo decenal húmedo y el módulo decenal seco.

El Cuadro siguiente presenta los límites de las grandes clases escogidas :

Q_s , en $l/s/Km^2$	DCC 10, en $l/s/Km^2$	K_3
M_1 : Menor a 10	E_1 : Menor a 1	IA_1 : Mayor a 4
M_2 : de 10 a 20	E_2 : de 1 a 3	IA_2 : de 3 a 4
M_3 : de 20 a 30	E_3 : de 3 a 6	IA_3 : de 2 a 3
M_4 : de 30 a 50	E_4 : de 6 a 12	IA_4 : de 2 a 1,6
M_5 : mayor a 50	E_5 : mayor a 12	IA_5 : menor a 1,6

El Cuadro N°15 resume los valores de las características hidrológicas en las cuencas unitarias representadas en el mapa N°13. Sin tomar en cuenta la parte baja del valle de Mira (cuencas N°25-7, 8, de 10 a 13 y de 35 a 45), se puede notar, en la zona de estudio :

- Los módulos específicos varían de M_1 a M_3 , es decir con límites inferiores de 0 a 20 l/s/Km².
- Los DCC 10 varían de E_1 a E_4 , con límites inferiores comprendidos entre 0 y 6 l/s/Km², siendo 3 l/s/Km² el valor más frecuente.
- El K_3 es menor a 1,6 lo que significa que el valor del módulo medio anual será reducido en un 20% aproximadamente, un año en cada diez años estadísticamente ($F = 0,1$).

A continuación se analizan los módulos y los caudales de estiaje en cada una de las estaciones hidrométricas que presenten un interés para el suministro en agua de riego.

V.1.1.1 Caudales de estiaje

Como se ha dicho anteriormente, es posible aprovechar los ríos permanentes mediante canales o bombeo, cada vez que tengan, durante el período seco, - el caudal Q_t suficiente para regar las superficies cultivadas correspondientes a S_t . Por lo que se conoce del Capítulo V, el caudal promedio necesario para regar la unidad de superficie ($q_u = 0,613$ l/s/ha), la fórmula presentada en el Capítulo III puede simplificarse en :

$$Q_t = q_u \cdot S_t, \text{ en el presente caso } 0,613 S_t,$$

caudal mínimo que debe proporcionar el río, haciendo abstracción del caudal ecológico y suponiendo que no hay más tomas de agua río abajo.

CUADRO N° 15

CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LAS CUENCAS UNITARIAS

<u>NUMERO</u>	<u>CUENCA RIO</u>	<u>AREA Km²</u>	<u>MODULO ES- PECIFICO</u>	<u>IRREGULAR. INTERANUAL</u>	<u>ESTIAJES DCC 10</u>	<u>VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO MILLONES m³</u>		
						<u>LIMITES</u>		
25-1	Río Blanco	93.2	M 2	IA 5	E 3	29.4	-	58.8
25-2	Río Ambi	101.6	M 2	IA 5	E 3	32.0	-	64.1
25-3	Cariyacu	153.0	M 2	IA 5	E 3	48.2	-	96.5
25-4	Quebrada Pisangucho	50.6	M 1	IA 5	E 1		-	16.0
25-5	Quebrada Chuspihuaycu	74.4	M 1	IA 5	E 1		-	23.5
25-6	Río Palacara	165.7	M 2	IA 5	E 3	52.3	-	105.0
25-7	Río Rumichaca	58.6	M 4	IA 5	E 4	55.4	-	92.4
25-8	Río Lita	62.9	M 4	IA 5	E 4	59.5	-	99.2
25-9	Río Salado	74.1	M 2	IA 5	E 3	23.4	-	46.7
25-10	R. San Jerónimo	82.4	M 3	IA 5	E 4	52.0	-	78.0
25-11	R. Toctemi	142.7	M 5	IA 5	E 5	225.0	-	
25-12	R. San Pedro	48.0	M 4	IA 5	E 4	45.4	-	75.7
25-13	R. Verde	43.2	M 5	IA 5	E 5	68.1	-	
25-14	R. Chorlaví	88.8	M 2	IA 5	E 3	28.0	-	56.0
25-15	Q. Taladros	21.8	M 2	IA 5	E 3	6.87	-	13.7
25-16	Q. Tambor Huaycu	16.2	M 2	IA 5	E 3	5.11	-	10.2
25-17	R. Ilumán	18.3	M 2	IA 5	E 3	5.77	-	11.5
25-18	Q. Manzano	52.7	M 2	IA 5	E 3	16.3	-	33.2

CUADRO N°15
... continuación.- (2)

<u>NUMERO</u>	<u>CUENCA RIO</u>	<u>AREA Km²</u>	<u>MODULO ES- PECIFICO</u>	<u>IRREGULAR. INTERANUAL</u>	<u>ESTIAJES DCC 10</u>	<u>VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO MILLONES m³</u>		
						<u>LIMITES</u>		
25-19	R. Ambi	157.0	M 2	IA 5	E 3	49.5	-	99.0
25-20	Q. Quintahuaycu	99.5	M 2	IA 5	E 3	31.4	-	62.8
25-21	Q. Rumipamba	17.8	M 2	IA 5	E 3	5.61	-	11.2
25-22	Q. Cuchinche	14.3	M 2	IA 5	E 3	4.51	-	9.01
25-23	Río Manzano-Huaycu	15.9	M 1-2	IA 5	E 2-3		-	10.0
25-24	Q. Cachiyacu	48.3	M 1	IA 5	E 1		-	15.2
25-25	R. Ambuquí	89.2	M 1	IA 5	E 2		-	28.1
25-26	Q. Chalguayacu	47.4	M 1	IA 5	E 2		-	14.9
25-27	R. Chamachán	58.5	M 2	IA 5	E 3	18.4	-	36.9
25-28	R. Pisque	117.1	M 3	IA 5	E 4	73.9	-	111.0
25-29	Q. de la Rinconada	26.0	M 2	IA 5	E 3	8.2	-	16.4
25-30	R. Verde	133.3	M 3	IA 5	E 4	84.1	-	126.0
25-31	Q. de la Chimba	62.2	M 1-2	IA 5	E 2-3		-	39.2
25-32	R. El Angel	115.2	M 3	IA 5	E 4	72.7	-	109.0
25-33	R. Santiaguillo	129.6	M 3	IA 5	E 3-4	81.7	-	123.0
25-34	R. Chutín	158.4	M 3	IA 5	E 4	99.9	-	150.0
25-35	R. Morán	65.4	M 4	IA 5	E 4	61.9	-	103.0
25-36	Río de la Plata	52.7	M 4	IA 5	E 4	49.9	-	83.1
25-37	R. San Juan	65.2	M 4	IA 5	E 4	61.7	-	103.0

... continuación.- (3)

NUMERO	CUENCA RIO	AREA Km ²	MODULO ES- PECIFICO	IRREGULAR. INTERANUAL	ESTIAJES DCC 10	VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO MILLONES m ³		
						LIMITEs		
25-38	Río de la Plata	122.8	M 4	IA 5	E 4	116	-	194.0
25-39	Río Blanco	36.8	M 4	IA 5	E 5	34.8	-	58.0
25-40	Río Baboso	64.2	M 5	IA 5	E 5	101.	-	
25-41	S. N.	211.6	M 5	IA 5	E 5	334.	-	
25-42	S. N.	114.8	M 5	IA 5	E 5	181.	-	
25-43	R. Tigre	73.6	M 5	IA 5	E 5	116.	-	
25-45	R. Pailón	65.2	M 5	IA 5	E 5	103.	-	
25-46	R. Obispo	75.3	M 3	IA 5	E 4	47.5	-	71.2
25-47	Q. de Baño	87.1	M 2	IA 5	E 4	27.5	-	54.9
25-48	R. San Pedro	39.6	M 2	IA 5	E 4	12.5	-	25.0
25-49	R. San Gabriel	53.9	M 2	IA 5	E 3-4	17.0	-	34.0
25-50	Q. Chiltarán	26.1	M 2	IA 5	E 3	8.23	-	16.5
25-51	R. Minas	48.3	M 3	IA 5	E 4	30.5	-	45.7
25-52	Q. Las Lajas	16.6	M 2	IA 5	E 3-4	5.23	-	10.5
25-53	Q. Mono	9.9	M 2	IA 5	E 3-4	3.12	-	6.24
25-54	Q. de Atal	23.8	M 2	IA 5	E 3-4	7.51	-	15.0
25-55	Q. Pisán	14.3	M 2	IA 5	E 3-4	4.51	-	9.02
25-56	R. Yail	17.4	M 2	IA 5	E 3-4	5.49	-	11.0
25-57	Q. Carrizal	11.9	M 2	IA 5	E 3-4	3.75	-	7.51

CUADRO N°15
... Continuación.- (4)

<u>NUMERO</u>	<u>CUENCA RIO</u>	<u>AREA Km²</u>	<u>MODULO ES- PECIFICO</u>	<u>IRREGULAR. INTERANUAL</u>	<u>ESTIAJES DCC 10</u>	<u>VOLUMEN ANUAL DE ESCURRIMIENTO MILLONES m³</u> <u>LIMITES</u>		
25-58	Q. Impuera	9.1	M 2	IA 5	E 3	2.87	-	5.74
25-59	Q. Changona	25.3	M 2	IA 5	E 3	7.98	-	16.0
25-60	R. Escudilla	117.6	M 2	IA 5	E 4	37.1	-	74.2
25-61	Q. Guambi	17.8	M 2	IA 5	E 4	5.61	-	11.2
25-62	R. Corral	25.3	M 1	IA 5	E 1		-	7.98
25-63	Q. El Aperreadero	19.0	M 2	IA 5	E 3	5.99	-	12.0
25-64	Q. de Duendes	60.6	M 2	IA 5	E 2-3	19.1	-	38.2
25-65	Q. Chorrera	24.6	M 2	IA 5	E 3	7.76	- ,	15.5
25-66	Q. Cuesaca	21.0	M 2	IA 5	E 3	6.62	-	13.2
25-67	Q. Tupala	24.6	M 2	IA 5	E 3	7.76	-	15.5
27-1	R. Grande	94.3	M 3	IA 5	E 4	59.5	-	89.2
27-2	R. Chico	55.8	M 3	IA 5	E 4	35.2	-	52.8
27-3	R. Bobo	69.3	M 3	IA 5	E 4	43.7	-	65.6
27-4	R. S. N.	20.2	M 3	IA 5	E 4	12.7	-	19.1
27-5	R. Tajamar	73.3	M 3	IA 5	E 3	46.2	-	69.3

En un caso óptimo de ríos lo suficientemente caudalosos, y para tener la mayor seguridad, se podrá trabajar en base al DCC_1 o sea el caudal mínimo observado. Desgraciadamente ocurre aquí que el agua es escasa y, además, el conocimiento de las aguas muy bajas es generalmente malo. Por otra parte los cultivos pueden aguantar algún tiempo sin abastecimiento de agua. Naturalmente esto depende del tipo de cultivos y del momento del ciclo vegetativo en que se encuentran las plantas, pero la opinión de diferentes agrónomos es la siguiente :

Para los cultivos de ciclo corto y a menos de encontrar variedades particularmente adaptadas, la escasez total de agua durante un período mayor a 10 días afecta la cosecha en forma importante e irremediable. Por esta razón se ha escogido analizar el DCC_{10} en las nueve estaciones hidrométricas de los grupos 1 y 2.

De los valores registrados presentados en el Cuadro N°16, se ha elaborado el Cuadro N°17 que resume el estudio estadístico basado en las leyes de distribución de Galton y Pearson III, generalmente bien adecuados ; - además este cuadro indica los valores límites inferior y superior de los intervalos de confianza al 80 y 95% para períodos de retorno de 50, 10 y 2 años (ley de Galton). Es así que para dar el ejemplo del río Apaquí - en gruta Rumichaca, el DCC_{10} tiene los valores siguientes :

- La media : $3,53 \text{ m}^3/\text{s}$
- La mediana : $3,16 \text{ m}^3/\text{s}$ situada entre $2,62$ y $3,80 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 80%
Entre $2,34$ y $4,26 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 95%.
- Decenal Seco = $1,73 \text{ m}^3/\text{s}$ situado entre $1,35$ y $2,22 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 80%.
Entre $1,15$ y $2,60 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 95%.
- Cincuentenal Seco = $1,20 \text{ m}^3/\text{s}$ situado entre $0,86$ y $1,70 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 80%.
Entre $0,71$ y $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$, confianza al 95%.

Cuál de estos resultados debería ser tomado en consideración para la elaboración de un proyecto de captación ?

Aquí puede abrirse otra polémica porque la elección debería hacerse en base a la "duración económica" del proyecto y en una estimación de un "admisíble riesgo" de no tener el caudal requerido durante un año en X años.

CUADRO N°16

VALORES ANUALES REGISTRADOS, EN m³/s PARA DIEZ DIAS
CONSECUTIVOS : DCC 10

<u>ESTACION</u>	<u>AÑOS</u>	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Apaquí, gruta																
Rumichaca		(1,55)	(2,59)	(3,61)	3,10	3,26	(4,37)	5,28	(4,37)	(6,08)	(2,36)	0,87	-	(6,64)	1,83	-
Apaquí D.J. Minas		1,20	2,00	2,78	2,19	2,78	3,36	3,98	3,36	4,67	1,82	0,69	-	5,10	4,72	-
Mira FF. CC. Carchi		-	21,4	18,9	20,7	26,6	26,3	37,4	--	32,2	26,0	20,7	-	-	-	-
Ambi D.J. Cariyacu		1,24	2,18	1,93	1,41	2,06	1,67	2,57	1,41	2,31	3,13	3,13	4,80	5,45	2,64	-
Bobo/Pta/Elect/Tulcán		-	-	0,84	0,63	0,70	1,19	1,40	2,04	2,04	2,31	1,96	1,40	2,12	1,72	-
Tejar en Otavalo		-	-	0,34	0,40	0,42	0,48	0,33	0,46	0,47	0,32	0,50	0,53	0,82	0,73	-
Chico A.J. Carchi		-	-	0,30	0,06	0,04	0,62	0,76	0,22	0,02	-	-	0,27	0,30	0,12	-
Jatunyacu A.J. Blanco		-	-	0,53	0,49	0,32	0,41	0,34	0,41	0,49	0,81	0,64	0,71	1,12	0,53	0,67
Grande A.J. Játiva		-	-	-	0,97	0,74	0,79	0,88	0,70	0,82	1,10	1,31	1,36	1,31	1,25	-

NOTA : Los valores entre paréntesis calculados por correlación con Apaquí D.J. Minas. $r = 0,9896$ con cinco años.

$$Q_c = 1,305 Q - 0,0168$$

Después de una comprobación gráfica, se ha considerado válida una correlación lineal a pesar de tener leyes de distribución asimétricas.

En efecto, la asimetría es poco acentuada y los valores abarcan tramos de curva que pueden asimilarse a rectas.

CUADRO Nº17 A

DEBITOS CARACTERISTICOS DE ESTIAJE DCC 10 - VALORES ANUALES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

<u>ESTACION</u>	<u>SUPERFICIE</u> <u>Km²</u>	<u>Nº DE AÑOS</u> <u>OBSERVADOS</u>	<u>MEDIA</u>	<u>LEYES DE</u> <u>DISTRIBUCION</u>	<u>50 AÑOS</u> <u>SECOS</u>	<u>10 AÑOS</u> <u>SECOS</u>	<u>2 AÑOS</u>	<u>10 AÑOS</u> <u>HUMEDOS</u>	<u>50 AÑOS</u> <u>HUMEDOS</u>
				Galton	1,20	1,73	3,16	5,78	8,31
Apaquí en gruta Rumichaca	505	12	3,53	Pearson III	0,86	1,52	3,24	5,91	8,68
				G	1,08	1,53	2,69	4,76	6,70
Apaquí D.J. Minas	329	13	2,97	P	0,79	1,35	2,75	4,89	6,60
				G	15,38	18,43	24,89	33,59	40,26
Mira en FF. CC. Carchi	3512	9	25,58	P	15,43	18,72	25,17	32,96	38,34
				G	0,84	1,22	2,25	4,16	6,02
Ambi D.J. Cariyacu	671	13	2,52	P	0,94	1,26	2,30	4,22	5,90
				G	0,66	0,89	1,43	2,30	3,07
Bobo Pta. Elect. Tulcán	77	12	1,53	P	0,54	0,82	1,45	2,34	3,03
				G	0,24	0,31	0,46	0,69	0,87
Tejar en Otavalo	52	12	0,48	P	0,24	0,31	0,47	0,67	0,82
				G	0,04	0,07	0,20	0,54	0,99
Chico A.J. Carchi	45	10	0,27	P	-	-	-	-	-
				G	0,25	0,33	0,54	0,86	1,15
Jatunyacu A.J. Blanco	247	13	0,57	P	0,28	0,34	0,53	0,87	1,16
				G	0,60	0,73	0,99	1,35	1,64
Grande A.J. Jativa	54	11	1,02	P	0,58	0,72	1,00	1,35	1,59

NOTA : Dado el corto período de los registros, los valores para cincuenta años son"sólo indicativos".

CUADRO N°17 B

DEBITOS CARACTERISTICOS DE ESTIAJE DCC 10 - INTERVALOS DE CONFIANZA, EN m³/s

ESTACION	SUPERFICIE	N° DE AÑOS	MEDIA	50 AÑOS SECOS		10 AÑOS SECOS		2 AÑOS	
				95%	80%	95%	80%	95%	80%
Apaquí en gruta Rumichaca	505	12	3,53	0,71- 2,04	0,86- 1,70	1,15- 2,60	1,35 - 2,22	2,34- 4,26	2,62- 3,80
Apaquí D.J. Minas	329	13	2,97	0,77- 1,64	0,80- 1,45	1,06 - 2,20	1,22- 1,92	2,05- 3,52	2,27- 3,20
Mira en FF.CC. Carchi	3512	9	25,58	11,25-21,02	12,71-18,61	14,51- 23,41	15,93-21,33	20,85-29,72	22,34-27,73
Ambi D.J. Cariyacu	671	13	2,52	0,50- 1,40	0,61- 1,16	0,82- 1,81	0,96- 1,56	1,68- 3,01	1,88- 2,69
Bobo Pta. Elect. Tulcán	77	12	1,53	0,43- 1,01	0,51- 0,86	0,65- 1,22	0,73- 1,08	1,13- 1,81	1,23- 1,66
Tejar en Otavalo	52	12	0,48	0,17- 0,34	0,19- 0,30	0,24- 0,40	0,27- 0,37	0,38- 0,56	0,41- 0,52
Chico A.J. Carchi	45	10	0,27	0,02- 0,11	0,02- 0,07	0,03- 0,15	0,04- 0,11	0,12- 0,35	0,14- 0,28
Jatunyacu A.J. Blanco	247	13	0,57	0,17- 0,37	0,20- 0,32	0,24- 0,45	0,27- 0,40	0,43- 0,68	0,47- 0,62
Grande A. J. Játiva	54	11	1,02	0,45- 0,80	0,50- 0,72	0,59- 0,91	0,64- 0,84	0,84- 1,17	0,89- 1,10

Esta incógnita X sería óptimo escogerla según los varios parámetros condicionantes, estando muchos de ellos fuera de nuestro conocimiento, tal como las condiciones socio-económicas de la región, entre otras.

De todos modos, aparece que se debe descartar el uso de la media y de la mediana, lo que ocasionaría un riesgo demasiado grande. Por otra parte, escoger los valores con un período de retorno de cincuenta o más años sería un punto de vista bien pesimista, sólo válido para acondicionamientos de mayor amplitud.

En definitiva se ha seleccionado un valor "razonable" que corresponde al límite inferior del intervalo de confianza al 80% para el DCC 10 decenal seco. Es así que, bajo la condición de que no se hagan tomas río arriba, los caudales aprovechables en que se puede confiar, con el riesgo de fracasar un año en diez años, son los siguientes :

CUENCA DEL RIO MIRA :

Apaquí D.J. Minas	: 1,22 m ³ /s o sea 3,7 l/s/Km ²
Apaquí en gruta Rumichaca	: 1,35 m ³ /s o sea 2,7 l/s/Km ²
Tejar en Otavalo	: 0,27 m ³ /s o sea 5,2 l/s/Km ²
Jatunyacu A.J. Blanco	: 0,27 m ³ /s o sea 1,1 l/s/Km ²
Ambi D.J. Cariyacu	: 0,96 m ³ /s o sea 1,5 l/s/Km ²
Mira en FF.CC. Carchi	: 15,93 m ³ /s o sea 4,5 l/s/km ²

CUENCA DEL RIO CARCHI :

Grande A.J. Játiva	: 0,64 m ³ /s o sea 11,9 l/s/Km ²
Bobo en Pl. Elect. Tulcán	: 0,73 m ³ /s o sea 9,5 l/s/Km ²
Chico A.J. Carchi	: 0,4 m ³ /s o sea valor dudoso muy bajo, difícil de tomar en cuenta. Un valor aproximado de 0,25 m ³ /s que corresponde a 5-6 l/s/Km ² parece más probable.

VI.1.1.2 Módulos anuales

El caudal medio anual sirve para el cálculo de las reservas que podrían almacenarse en represas. El análisis estadístico que se presenta a continuación se refiere a las cuatro estaciones hidrométricas del grupo 1 que tienen cuencas hidrográficas importantes. Por lo tanto, un eventual represamiento correspondería a embalses de volúmenes superiores a 100 millones de m^3 , con regulación interanual, lo que requeriría de estudios muy detallados que salgan del marco del presente informe. Sin embargo, los resultados y el cálculo de los módulos específicos permiten estimar los valores en las pequeñas cuencas unitarias y ubicarlas en las clases de Q_s presentadas en el capítulo VI. 1.

El Cuadro N°18 proporciona los valores de los módulos anuales registrados y el Cuadro N°19 resume el estudio estadístico. En la óptica de construir grandes obras con embalses lo suficientemente importantes, en sitios cercanos a las estaciones hidrométricas, y teniendo en cuenta la irregularidad interanual y las pérdidas (que pueden estimarse aproximadamente en un 20% debidas a la evaporación e infiltración) será posible asegurar la distribución de un volumen de agua correspondiente al límite inferior del módulo de cenal seco con un intervalo de confianza al 95%.

Apaquí D.J. Minas :	$Q_s = 3,50 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = 110 \text{ millones de } m^3$
Apaquí en gruta		
Rumichaca :	$Q_s = 5,70 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = 180 \text{ millones de } m^3$
Ambi D.J. Cariyacu:	$Q_s = 1,94 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = 61 \text{ millones de } m^3$
Mira FF.CC. Carchi:	$Q_s = 23,5 \text{ m}^3/\text{s}$	$V = 740 \text{ millones de } m^3$

Como ya se ha dicho, las estimaciones anteriores no entran específicamente en el objeto del presente estudio y se dan a título indicativo, pero todos los resultados del Cuadro N°19 permiten evaluar el módulo específico y el volumen teóricamente almacenable en las cuencas unitarias. Estas evaluaciones están presentadas en el Cuadro N°15 en el que se indican los límites inferior y superior del escurrimiento anual probable, valores que no se prestan a un estudio estadístico y para los cuales se debe tomar el límite inferior.

Por ejemplo, en la cuenca unitaria 25-9 el volumen teóricamente almacenable es 23,4 millones de m^3 de los cuales es necesario restar las pérdidas natu-

rales : infiltración y evaporación, principalmente.

Las pérdidas por infiltración dependen de las condiciones geológicas locales. En término medio, se estiman en un 10%, por lo menos al principio, antes del depósito de las partículas finas.

Las pérdidas por evaporación dependen de las condiciones climáticas además del volumen y de la forma del embalse. Mediante el resultado de trabajos efectuados en el Brasil (7 y 8), modificados según el clima general de nuestra región de estudio, se ha podido estimar, para una pluviometría anual de 1000 mm y una evaporación en tanque clase A de 1400 mm, que las pérdidas serían las siguientes :

<u>VOLUMEN DEL EMBALSE</u> <u>EN MILLONES m³</u>	<u>PERDIDAS POR EVAPORACION</u> <u>EN %</u>
0,5	40
1	25
10	15
50	12

En el caso de la cuenca unitaria 25-9, las pérdidas totales pueden estimarse en un 25% y sería posible aprovechar 17,5 millones de m³, aproximadamente.

VI.1.2 Recurso en aguas subterráneas

Por la falta generalizada de datos y el débil aprovechamiento actual de aguas subterráneas, es imposible cuantificar el aporte que podría proporcionar este recurso.

Sin embargo, en base a la litología de las formaciones geológicas y en un inventario de los puntos de aguas existentes (pozos y manantiales) ha sido posible una localización geográfica de las zonas más aptas para una futura explotación.

Por otra parte, el análisis de las aguas bajas en algunas estaciones hidrométricas permite, aunque en forma imperfecta, estimar las reservas en aguas subterráneas.

A pesar de la imprecisión de esta información, parece indispensable presentarla porque podría servir de base para la implementación de una red de mediciones y para la ubicación aproximativa de zonas donde las aguas subterráneas serían un complemento natural del recurso hídrico superficial, tanto con fines de riego como también desde el punto de vista del abastecimiento humano a las poblaciones rurales.

CUADRO N°18

ESTACION	AÑO	MODULOS ANUALES - VALORES REGISTRADOS EN m ³ /s													
		1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977
Apaquí D.J. Minas		4,74	6,01	5,13	5,44	5,68	5,93	7,30	6,12	6,33	4,78	6,28	4,46	4,42	2,96
Apaquí en gruta Rumichaca		(7,46)	9,53	7,92	8,58	7,36	8,27	(10,30)	(8,99)	10,59	7,40	8,61	(7,15)	(7,11)	5,76
Ambi D.J. Cariyacu		2,90	4,02	3,75	5,50	4,65	6,43	4,23	6,21	3,25	1,51	4,59	8,91	4,57	-
Mira en FF. CC. Carchi		35,99	41,56	33,54	37,20	32,42	39,40	33,94	44,20	51,43	24,43	40,0	-	-	-

NOTA : Los valores entre paréntesis son calculados por correlación con Apaquí D.J. Minas - $r = 0,8738$ con nueve años.

$$Q_c = 1,109 Q + 2,2085$$

Después de una comprobación gráfica, se ha considerado válida una correlación lineal a pesar de tener leyes de distribución asimétricas. En efecto, la asimetría es poco acentuada y los valores abarcan tramos de curva que pueden asimilarse a rectas.

CUADRO N°19

MODULOS ANUALES

1.- VALORES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO

<u>ESTACION</u>	<u>SUPERFICIE</u> <u>Km²</u>	<u># DE AÑOS OB-</u> <u>SERVADOS</u>	<u>MEDIA</u>	<u>LEYES DE</u> <u>DISTRIBUCION</u>	<u>50 AÑOS</u> <u>SECOS</u>	<u>10 AÑOS</u> <u>SECOS</u>	<u>2 AÑOS</u>	<u>10 AÑOS</u> <u>HUMEDOS</u>	<u>50 AÑOS</u> <u>HUMEDOS</u>
Apaquí D.J. Minas	329	14	5,40	Galton	3,51	4,10	5,31	6,88	8,04
				Pearson III	3,38	4,05	5,34	6,89	7,95
Apaquí en G. Rumichaca	505	14	8,22	G	5,82	6,60	8,11	9,97	11,29
				P	5,65	6,55	8,16	9,95	11,12
Ambi D.J. Cariyacu	671	13	4,66	G	1,98	2,65	4,33	7,06	9,48
				P	1,74	2,56	4,43	7,04	9,02
Mira en FF.CC. Carchi	3512	11	36,83	G	24,12	28,08	36,12	46,47	54,10
				P	23,49	27,85	36,32	46,46	53,43

CUADRO N°19

MODULOS ANUALES

2.- VALORES PARA DIFERENTES INTERVALOS DE CONFIANZA, EN m³/s

<u>ESTACION</u>	<u>SUPERFICIE</u> KM ²	# DE AÑOS OB- SERVADOS	<u>MEDIA</u>	<u>50 AÑOS SECOS</u>		<u>10 AÑOS SECOS</u>		<u>2 AÑOS</u>	
				95%	80%	95%	80%	95%	80%
Apaquí D.J. Minas	329	14	5,40	2,85- 4,32	3,09-3,99	3,50- 4,81	3,72- 4,35	4,72- 5,97	4,94- 5,71
Apaquí en Gruta Rumichaca	505	14	8,22	4,81- 7,05	5,17- 6,55	5,70- 7,64	6,03- 7,22	7,28- 9,04	7,59- 8,67
Ambi D.J. Cariyacu	671	13	4,66	1,31- 2,97	1,53- 2,55	1,94- 3,63	2,20- 3,22	3,43- 5,46	3,75- 5,00
Mira en FF.CC Carchi	3512	11	36,83	19,11-30,44	20,90-27,84	23,50-33,55	25,16-31,33	31,66-41,22	33,30-39,20

VI.1.2.1 Localización de los acuíferos.-

El Mapa N°14 presenta en forma cualitativa, las zonas con diferentes posibilidades de encontrar acuíferos explotables. Se ha realizado en base a la permeabilidad de las formaciones superficiales y a la presencia efectiva de pozos y manantiales inventariados.

En definitiva, las formaciones que pueden contener acuíferos explotables son las siguientes :

- los aluviales importantes,
- la cangahua depositada en forma lacustre o periplinal
- la formación Chota que contiene secuencias de conglomerados, micro-conglomerados y areniscas.

Por el contrario es muy poco probable encontrar aguas subterráneas, sino en forma muy local, en todas las superficies cubiertas por las proyecciones volcánicas, piroclásticos y cangahua eólica.

De igual manera las formaciones ígneas, como la formación Macuchi, no son propicias para la conformación de acuíferos, pese a la posibilidad de encontrar algunos manantiales poco caudalosos en las zonas muy fracturadas.

VI.1.2.2 Cuantificación aproximada de las reservas subterráneas en algunas cuencas hidrográficas.-

La interpretación de las curvas de agotamiento, registradas en las estaciones hidrométricas explotables, permite tener un conocimiento de las reservas subterráneas almacenadas en el acuífero situado río arriba.

En efecto, se admite, en ausencia de toda alimentación (precipitaciones, principalmente), que la curva de agotamiento de un río representa al vaciado de las aguas subterráneas contenidas en su cuenca hidrográfica y - que el decrecimiento de los caudales en relación con el tiempo es exponencial.

$$Q_1 = Q_0 e^{-\alpha t}$$

Q_0 es el caudal inicial al momento t_0 , en m^3/s

Q_1 es el caudal final al momento t_1 , en m^3/s

t es el período $t_0 - t_1$, en días.

α es el coeficiente de almacenamiento, siendo $T = \frac{1}{\alpha}$ el tiempo característico para que el caudal inicial se reduzca en la proporción $\frac{1}{e} = 0,368$

Si t_0 y t_1 son el inicio y el final de la curva de agotamiento registrada durante el verano, es posible calcular el almacenamiento subterráneo W , o reserva subterránea comprendida entre los caudales Q_0 y Q_1 .

$$W = \frac{86.400 Q_0}{1 - \left(\frac{Q_1}{Q_0}\right)^{\frac{1}{T}}}, \text{ en } m^3$$

Siendo A la superficie de la cuenca, en Km^2 , la recarga natural que corresponde a W se calcula por :

$$\Delta R = \frac{W}{1000A}, \text{ en mm.}$$

El Cuadro N°20 resume los resultados obtenidos en las estaciones hidrométricas, durante los años con un agotamiento poco perturbado y las curvas se presentan en el Gráfico N°5, en escala semi-logarítmica.

CUADRO N°20

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE LAS CURVAS DE AGOTAMIENTO
Y RESERVAS CORRESPONDIENTES.-

<u>ESTACION</u>	<u>AREA</u>	<u>AÑO</u>	<u>Q m³/s</u>	<u>FECHA</u>	<u>Q m³/s</u>	<u>FECHA</u>	<u>α</u>	<u>T = $\frac{1}{\alpha}$</u> <u>en días</u>	<u>W</u> <u>Millones de m³</u>	<u>R</u> <u>mm</u>
Apaquí en G. Rumichaca	505	1966	5,6	23/9	2,7	29/10	$20,3 \cdot 10^{-3}$	49	24,1	48
Jatunyacu A.J. Blanco	247	1972	1,6	22/6	0,56	28/8	$15,7 \cdot 10^{-3}$	64	8,9	36
Ambi D.J. Cariyacu	671	1965	9,0	13/5	1,99	17/6	$43,1 \cdot 10^{-3}$	23	34,7	52
			1,99	17/6	1,30	27/7	$10,6 \cdot 10^{-3}$	94		
		1970	6,2	17/5	2,6	29/6	$20,2 \cdot 10^{-3}$	50	44,7	67
			2,6	29/6	1,3	23/8	$12,6 \cdot 10^{-3}$	79		
		1974	6,2	1/6	2,55	11/7	$22,2 \cdot 10^{-3}$	45	70,0	104
			2,55	2/7	1,88	12/9	$4,3 \cdot 10^{-3}$	208		
		1975	15,0	5/7	6,68	31/7	$31,1 \cdot 10^{-3}$	32	110,7	165
			6,68	31/7	4,6	13/9	$8,5 \cdot 10^{-3}$	118		
Bobo Pta. Elect. Tulcán	77	1975	2,8	10/8	1,2	29/10	$10,6 \cdot 10^{-3}$	94	23,0	298

VI.2 Recurso realmente disponible.--

Como se ha indicado, el recurso realmente disponible es el que queda una vez restadas las cantidades previstas para la realización de los proyectos en construcción o en estudios. Es así que el Mapa N°15 presenta :

- Las superficies cuyo recurso está ya totalmente utilizado por los proyectos.
- Las superficies cuyo recurso está parcialmente utilizado.
- Las cuencas sin recurso aprovechable.
- Las cuencas que podrían utilizarse para complementar el riego actual y previsto en la región, indicándose las clases de módulo y DCC 10 a las que pertenecen.

El Cuadro N°21 presenta el recurso neto disponible en cada una de las cuencas unitarias y para algunos conjuntos de las mismas cuando conforman un sistema hidrográfico más extenso. Cabe señalar que, por la poca precisión del sistema de cálculo, los valores han sido redondeados y ya se ha tomado en cuenta lo siguiente :

- Las pérdidas probables en la óptica de almacenamiento.
- Un caudal ecológico de un 10%, aproximadamente, en la óptica de captación directa en el río.

CUADRO N° 21

RECURSO HIDRICO REALMENTE DISPONIBLE

	<u>CONJUNTO DE CUENCAS</u>	<u>NUMERO DE CUENCA</u> <u>UNITARIA</u>	<u>VOLUMEN</u> <u>ALMACE-</u> <u>NABLE EN</u> <u>mill. m³</u>	<u>CAUDAL DE</u> <u>CAPTACION</u> <u>POSIBLE l/s</u>	<u>OBSERVACIONES</u>
RECURSO	Tahuando-Chorlavi D.J. Ambi	-	90	900	
TOTALMENTE		25-14	20	230	
		25-20	23	260	
		25-21	4	40	
		25-22	3	35	
DISPONIBLE		25-23	2	25	
		25-29	6	70	
	Ambuquí	25-25	4	80	
	Chalguayacu	25-26	2	40	
	La Chimba	25-31	7	100	
	Río Salado	25-9	18	200	Agua mala calidad (yeso)
	Río Chutín	25-34	80	850	
RECURSO	Apaquí A.J. Palacará	-	100	1100	Menos 100 l/s (PIQUIUCHO)
		25-49	28	200	
PARCIALMENTE		25-50	6	70	
		25-52	4	65	
		25-53	2	35	
		25-54	6	85	
		25-55	3	50	
DISPONIBLE		25-56	4	65	
		25-57	3	45	
		25-58	2	20	
		25-64	15	100	
		25-65	6	65	
		25-66	5	50	
		25-67	6	65	

VII. COMPARACION : OFERTA - DEMANDAALTERNATIVAS PARA LA INSTALACION DE UNA RED COMPLEMENTARIA DE RIEGO

En definitiva, el recurso hídrico disponible o, en otros términos, la oferta de agua, alcanza los valores siguientes :

- A la desembocadura de los sistemas hidrográficos (Tahuando, Chorlaví, Ambuquí, Chalguyacu, Chimba, Salado, Chutín y Apaquí), el caudal utilizable es de 3170 l/s.

El volumen de almacenamiento es de 299 millones de m³.

- En las cuencas unitarias que constituyen los sistemas anteriores, el caudal utilizable es : 2745 l/s.
- El volumen neto de almacenamiento : 256 millones de m³.

Como es natural, los valores obtenidos en los sistemas hidrográficos son los más elevados por el hecho que están alimentados a partir de cuencas cuya superficie es más amplia que la simple suma de las superficies de las cuencas unitarias, las que no toman en cuenta diferentes cuencas de área reducida. Sin embargo, y a pesar de tener valores mayores, la utilización del agua puede ser más difícil debido a la ubicación de los acondicionamientos que se encontrarán a una altura menor a la mayor parte de las zonas regables, impidiendo una distribución por gravedad. En lo posible, deberá utilizarse el recurso situado aguas arriba de las áreas para regarse, de aquí el uso preferencial de las aguas disponibles en las cuencas unitarias.

En todo caso, la selección del tipo de obra más apropiada (embalse o captación) requiere de muchos estudios detallados que salen del enfoque del presente informe. Por lo tanto, hubiera sido posible quedarse en la entrega de los Cuadros N°20 y 21 y ponerlos a consideración de las autoridades competentes para que hagan su propia elección entre las diferentes opciones para la implementación de una red complementaria de riego. Sin embargo se ha pensado que la simple presentación de los valores de la oferta y la demanda, a pesar de tener un interés indiscutible, no era lo suficientemente práctica y que este estudio debía ir más allá de los datos teóricos para presentar soluciones concretas, sean estas preliminares y parciales. Por esta razón

y sin querer interferir en la tarea y competencia del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INERHI), se hará a continuación proposiciones - para una posible implementación.

Estas, no tienen la pretensión de ser perfectas sino mas bien de dar algunas indicaciones, o presentar una primera visión general de lo que podría hacerse. Luego deberán ser objeto de un severo análisis crítico por parte del INERHI, con el fin de aportar las modificaciones adecuadas, en base a estudios detallados en los campos de la topografía, geología, socio-economía, rentabilidad y costo, entre otros. También será de la competencia del INERHI decidir si nuestro enfoque, o sea el uso del recurso hídrico para fines agrícolas, es el más apropiado. En efecto, podría aprovecharse en forma diferente, para el abastecimiento humano, por ejemplo.

En forma general, se puede hacer las siguientes constataciones :

- 1.- La oferta disponible es inferior a la demanda en agua de riego; por consiguiente, la totalidad de las áreas potencialmente regables no podrán ser irrigadas mediante los recursos locales (excepto a partir - de grandes acondicionamientos regionales con regulación interanual, es tudios que salen del marco del presente informe), y deberá hacerse una selección de las áreas que se regarán. Debido al desconocimiento com prensible de una parte de los parámetros que deben intervenir en esta elección (en particular el factor socio-económico) las áreas para re - garse han sido escogidas a base de una supuesta facilidad de suministro a las mismas, siendo los criterios principales la proximidad de la fuen te de abastecimiento y su altitud en relación con las superficies regables.
- 2.- Como consecuencia de su situación geográfica (alejamiento de las fuentes o impedimento debido a su altura relativa), algunas zonas no podrán ser abastecidas mediante el recurso aquí inventariado. El recurso subterrá neo podrá, a veces, suplir en parte las deficiencias hídricas, en el ca so de condiciones geológicas bastante propicias.

- 3.- La comparación entre nuestras evaluaciones de DCC 10 disponibles, y los caudales de utilización previstos por INERHI, demuestra que estos últimos son un poco sobrevalorados.

Al suponer la validez de nuestras estimaciones, parte del recurso disponible se dedicará a reforzar las cantidades de agua distribuidas en los proyectos cuyas obras deben ser consideradas como prioritarias. El mapa N°16 presenta :

- La situación geográfica de las áreas potencialmente regables que quedan fuera de los límites de los proyectos de INERHI y que necesitan de un aporte adicional (riego actual existente aunque insuficiente) o de un aporte total (sin riego actual).
- La ubicación de los diferentes acondicionamientos propuestos que podrían proporcionar parte o totalidad de los requerimientos.

Por otra parte las principales características de estas opciones de instalación constan en el Cuadro N°22 que indica la fuente de abastecimiento, el tipo de las obras recomendadas, las cantidades de agua a provechables y las zonas que podrían beneficiarse con esta implementación. En definitiva, 90% del recurso disponible está aprovechado, aproximadamente.

- 2355 l/s en la óptica de instalación de diecisiete obras de captación directa en los ríos, sin ninguna obra de almacenamiento.
- 1915 l/s mediante once captaciones y 47 millones de m³ almacenados en cinco reservorios, en la óptica de instalaciones mixtas.

VIII. INDICACIONES ACERCA DE LOS CULTIVOS A IMPLEMENTARSE EN LA REGION

Además de los resultados presentados en este trabajo, la racionalización de la utilización del agua requiere de la instalación de cultivos adaptados a las condiciones climáticas locales y a la calidad agronómica de los suelos.

El PRONAREG a través de sus Departamentos especializados se encuentra elaborando las cartas temáticas sobre las "Aptitudes Agrícolas", considerando los cultivos que deberían implementarse para obtener una mayor optimización de la producción. Estos mapas están por concluirse y se editarán próximamente a escala 1 : 200 000, para consulta de los interesados.

CUADRO N°22PROPOSICIONES PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA RED COMPLEMENTARIADE RIEGO.-

<u>UBICACION DE LAS ZONAS</u> <u>REGADAS</u>	<u>FUENTE DE ABASTECIMIENTO</u>	<u>ACONDICIONAMIENTO</u> <u>POSIBLE</u>	<u>RECURSO APROVECHABLE</u>
<u>Reforzamiento de los pro-</u> <u>yectos .-</u>			
Proyectos 4 y 5	Apaquí D.J. Palacara	C ₁	400 l/s
Proyecto 6	Chota	C ₂	100 l/s
Proyecto 7	Cuenca 27-49	P ₁ o C ₃	20 M m ³ o 150 l/s
	Cuenca 25-50	P ₂ o C ₄	6 M m ³ o 70 l/s
	Cuenca 25-54	P ₃ o C ₅	5 M m ³ o 70 l/s
	Cuenca 25-31	C ₆	80 l/s
Proyecto 8	No hay fuente cercana	-	-
Proyecto 9	Cuenca 25-25	C ₇	60 l/s
	Cuenca 25-26	C ₈	40 l/s
Proyecto 10	No hay fuente cercana	-	-
Proyecto 11	Cuenca 25-14	C ₉	100 l/s
<u>Fuera de los Proyectos</u>			
Otavalo, Cotacachi, Atun- taquí	Aguas subterráneas	-	Limitado
Angochagua	Aguas subterráneas	-	Limitado
La Esperanza-Ibarra	Tahuando	C ₁₀	150 l/s
	Cuenca 25-22	P ₄ o C ₁₁	3 M m ³ o 35 l/s
Al Este de Ibarra	No hay fuente cercana	-	-
Pablo Arenas	No hay fuente cercana	-	-
Al Este de Salinas	Río Chota	C ₁₂	150 l/s
Al Nor-Oeste de la Concepción	Cuenca 25-9	P ₅ o C ₁₃	13 M m ³ o 150 l/s
	Río Mira	C ₁₄	500 l/s
	Cuenca 25-34	C ₁₅	200 l/s
Entre Mira y Los Andes	No hay fuente disponible	-	-
Al Sur de San Gabriel	Cuenca 25-49	P ₁ o C ₃	20 M m ³ o 150 l/s
Al Este de La Paz	Cuenca 25-55	C ₁₆	50 l/s
	Cuenca 25-56	C ₁₇	50 l/s
Monte Olivo y Este Pimampiro	No hay fuente disponible	-	-
Al Sur de Pimampiro	Aguas subterráneas	-	Muy limitado

NOTA : C = captación
P = presa

IX. RESUMEN

El presente estudio ha tratado de cuantificar, en la mejor forma posible, los factores siguientes :

- El uso actual del agua con fines de riego.
- La demanda potencial del sector agrícola.
- La oferta disponible del recurso hídrico con su posible utilización (sugerencia de alternativas para la implementación de una red complementaria de riego).

Esta información proporciona las principales pautas y los primeros lineamientos en vista de una racionalización del aprovechamiento de las aguas y suelos con fines de regionalización agrícola, la que debe contribuir en forma decidida para cumplir con las metas del Plan Nacional de Desarrollo. Puede dar lugar a controversia por el hecho que fue necesario recurrir a algunas simplificaciones y emitir ciertas hipótesis, tal vez criticables aunque generalmente debidas a la escasez de datos básicos, pero estas hipótesis fueron siempre respaldadas por las realidades observadas en el campo.

Por lo tanto, el presente trabajo se expone a recibir críticas, las que serán bienvenidas y tomadas en consideración, con el fin de mejorar los estudios posteriores que se llevarán a cabo en otras provincias del Ecuador.

FIGURAS Y MAPAS

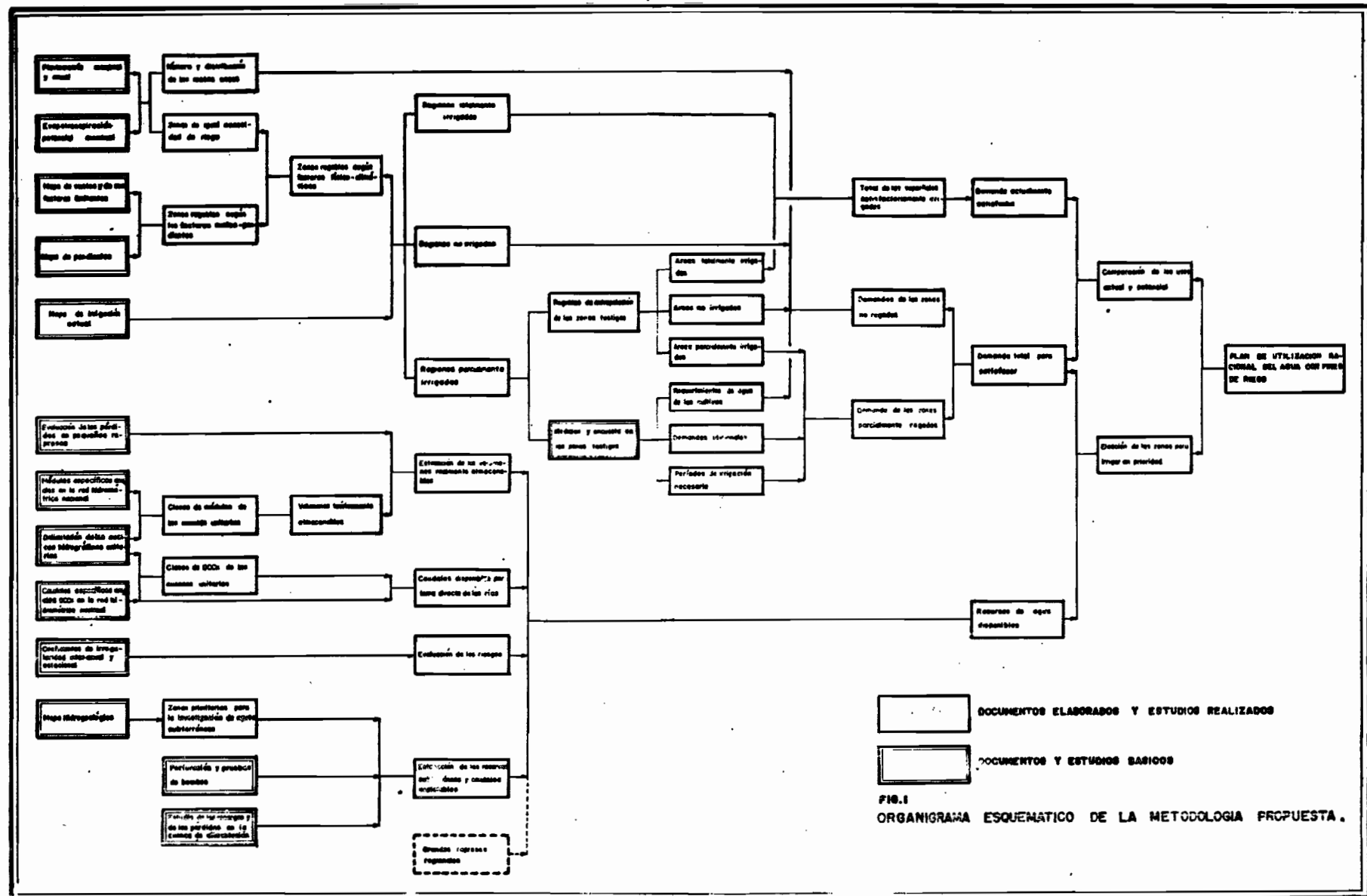


DIAGRAMA GAUSS-LOGARITMICO

O.R.S.T.A.M.

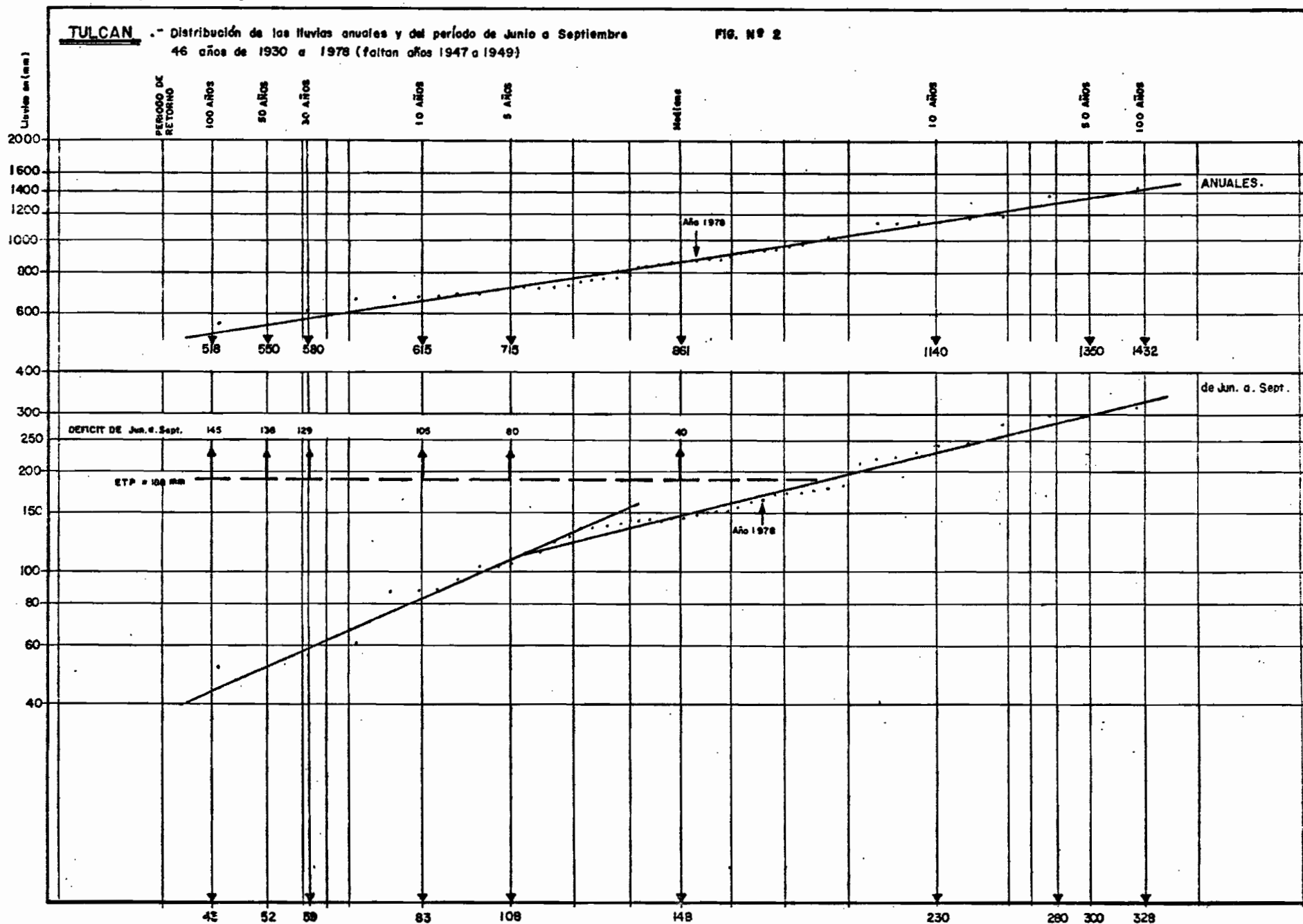


DIAGRAMA GAUSS-LOGARITMICO

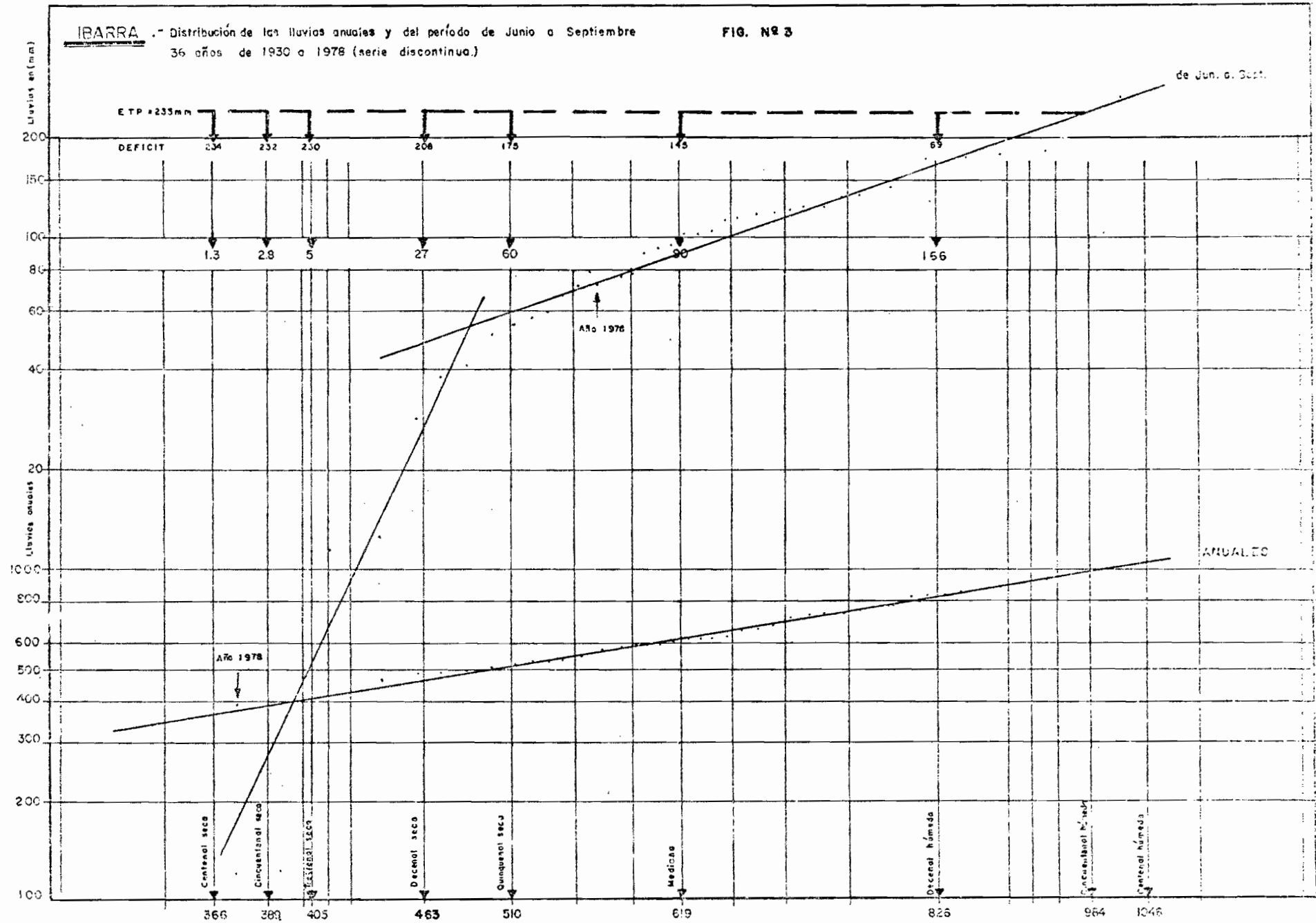
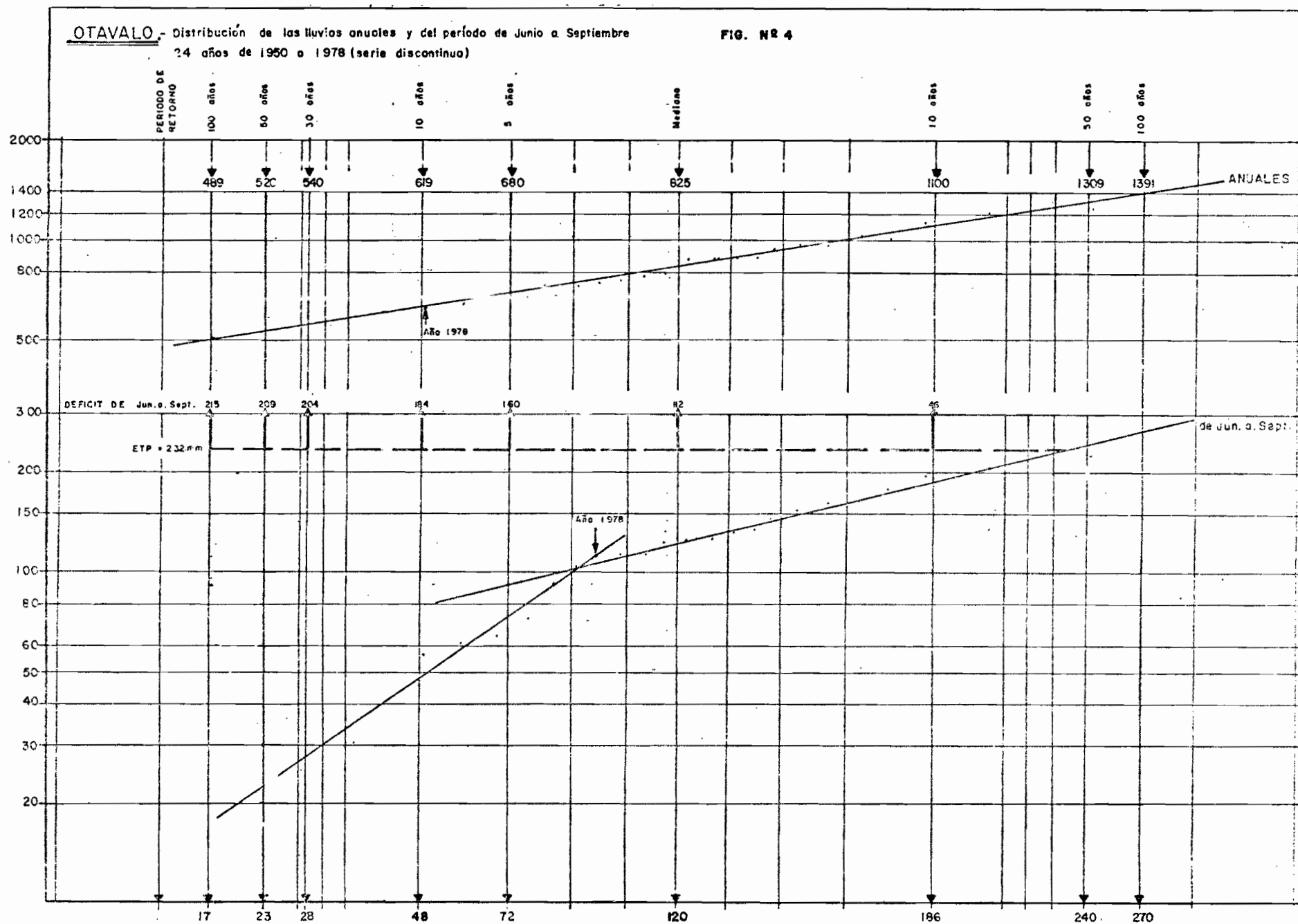
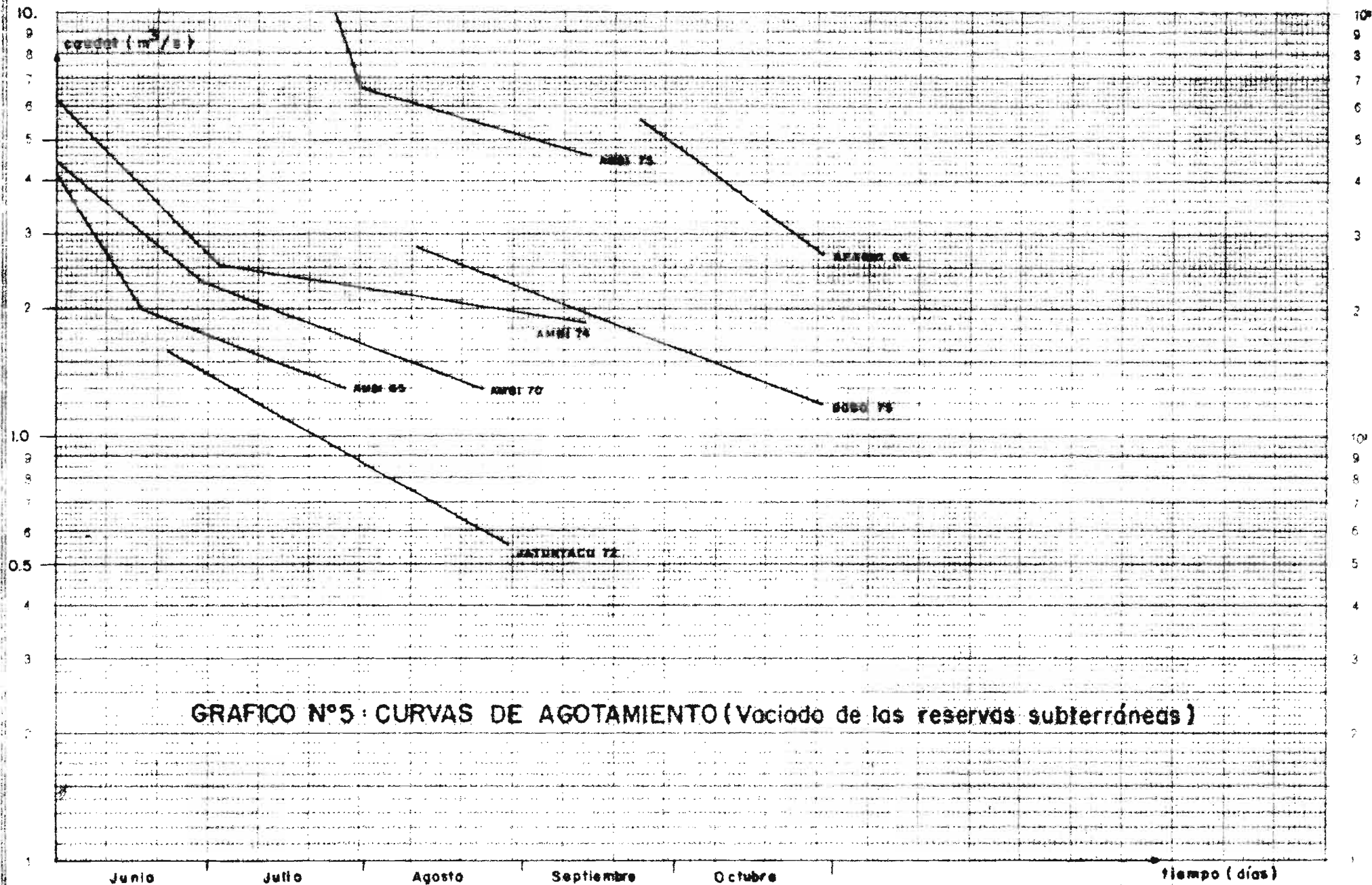


DIAGRAMA GAUSS-LOGARITMICO

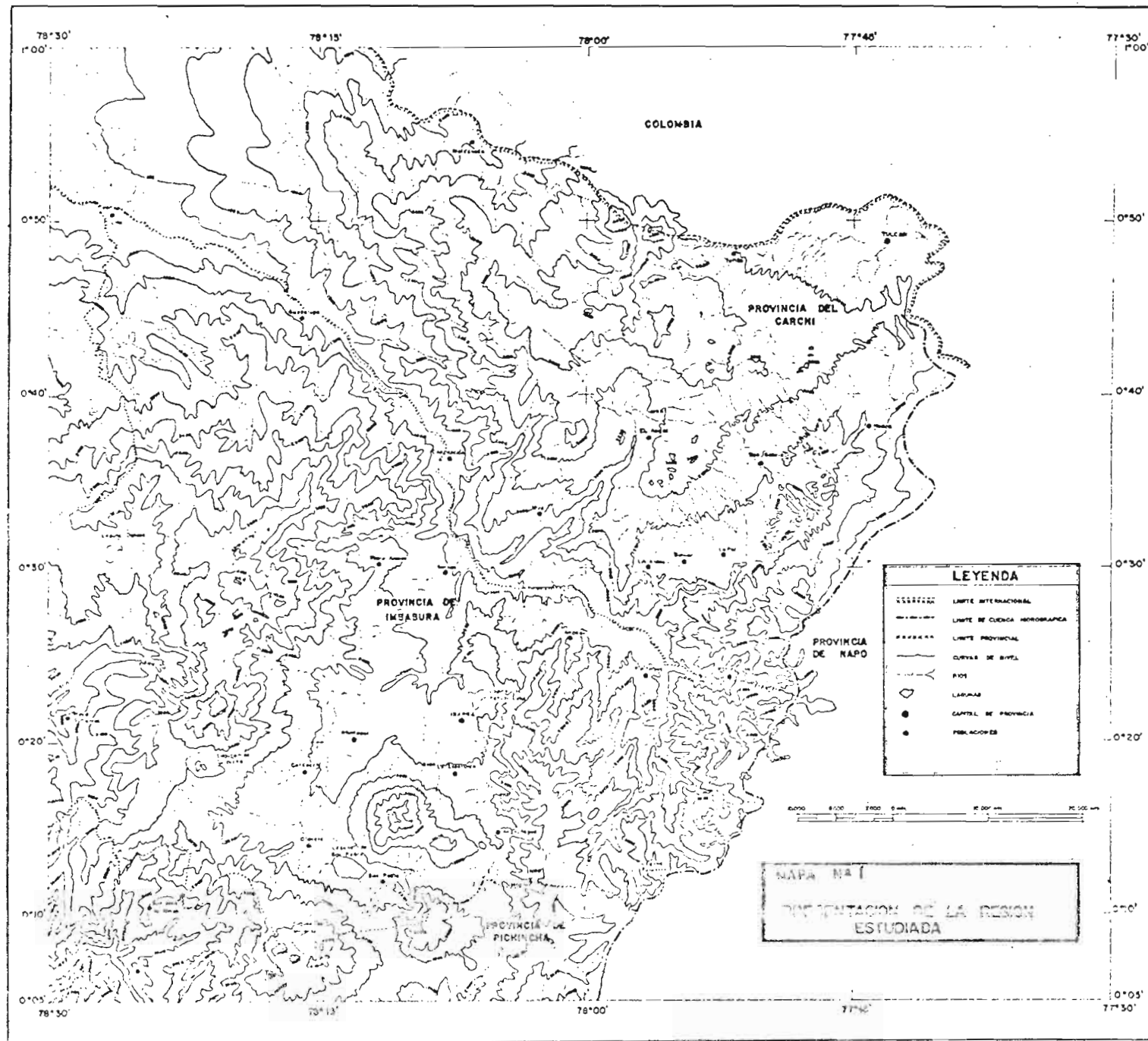




PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

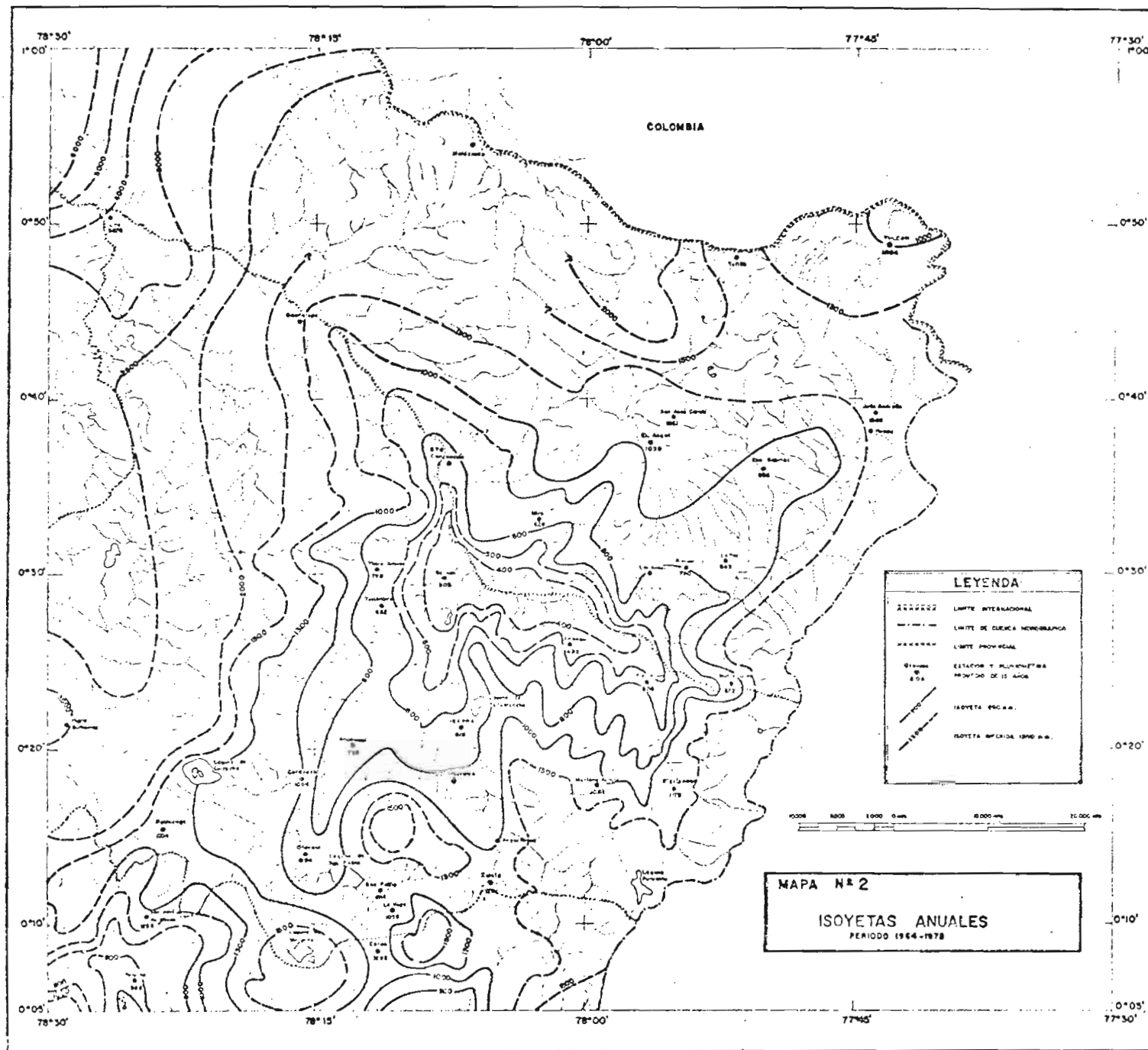
ORSTOM

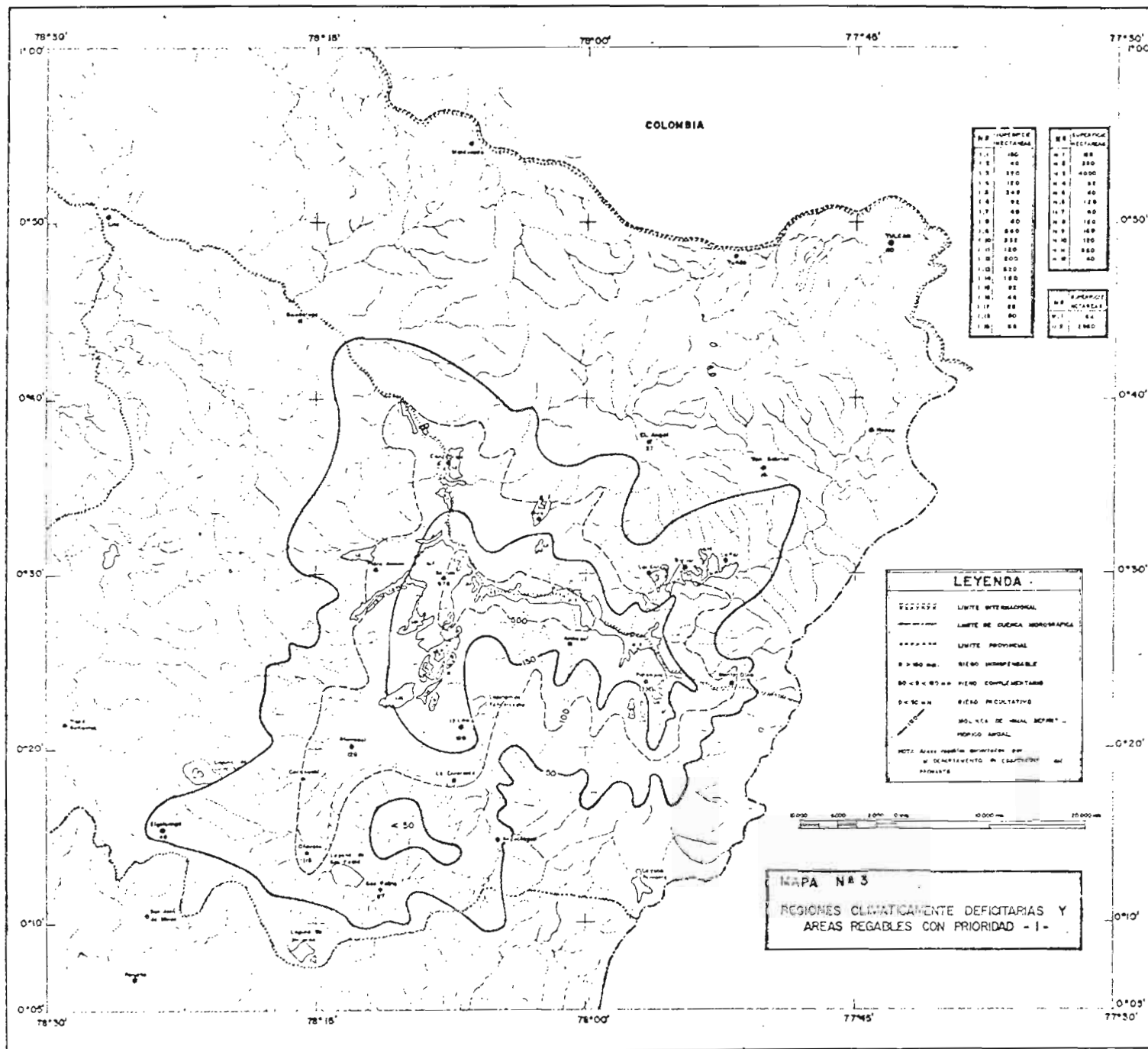


PROVAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

ORSTOM

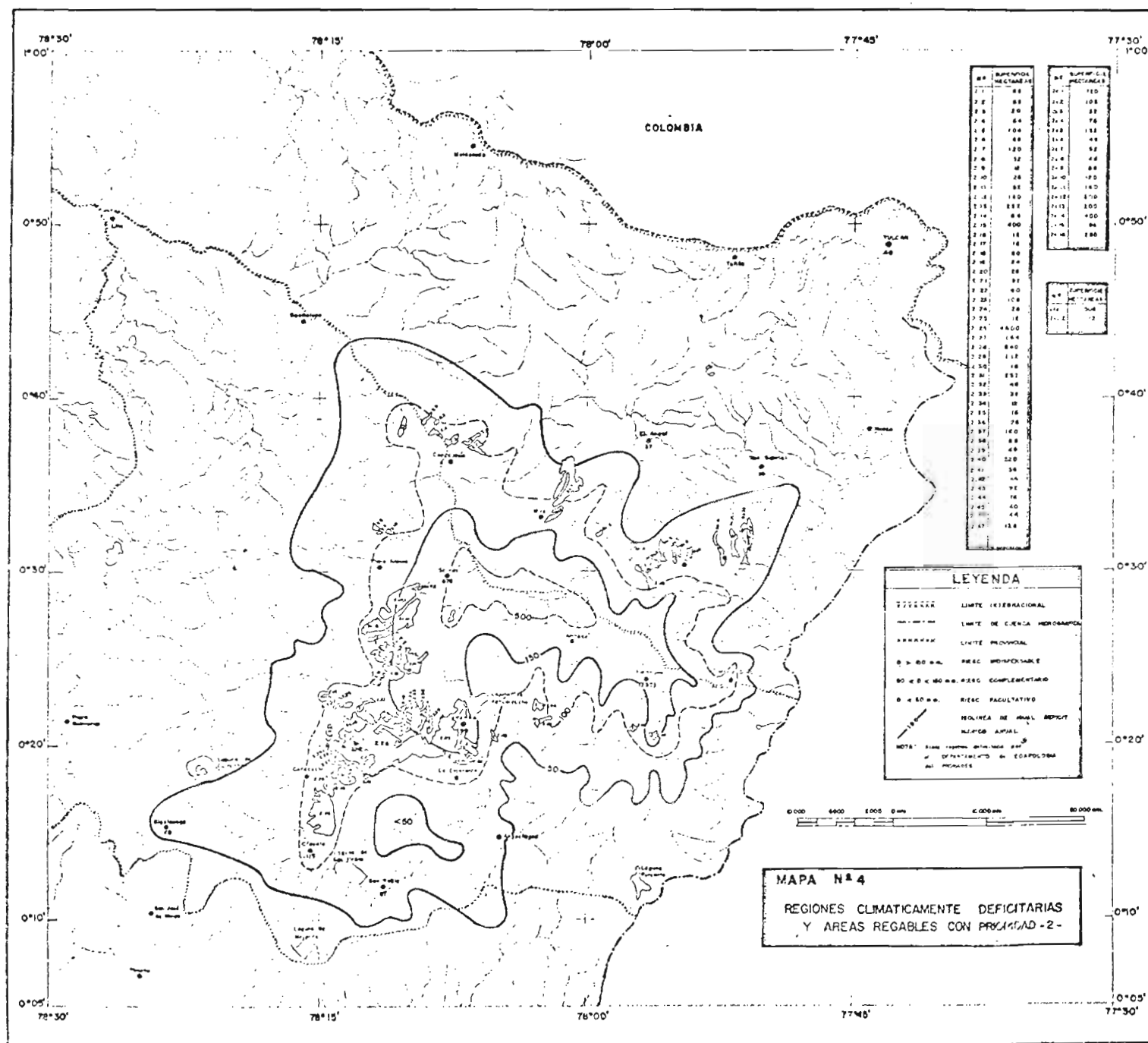




PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

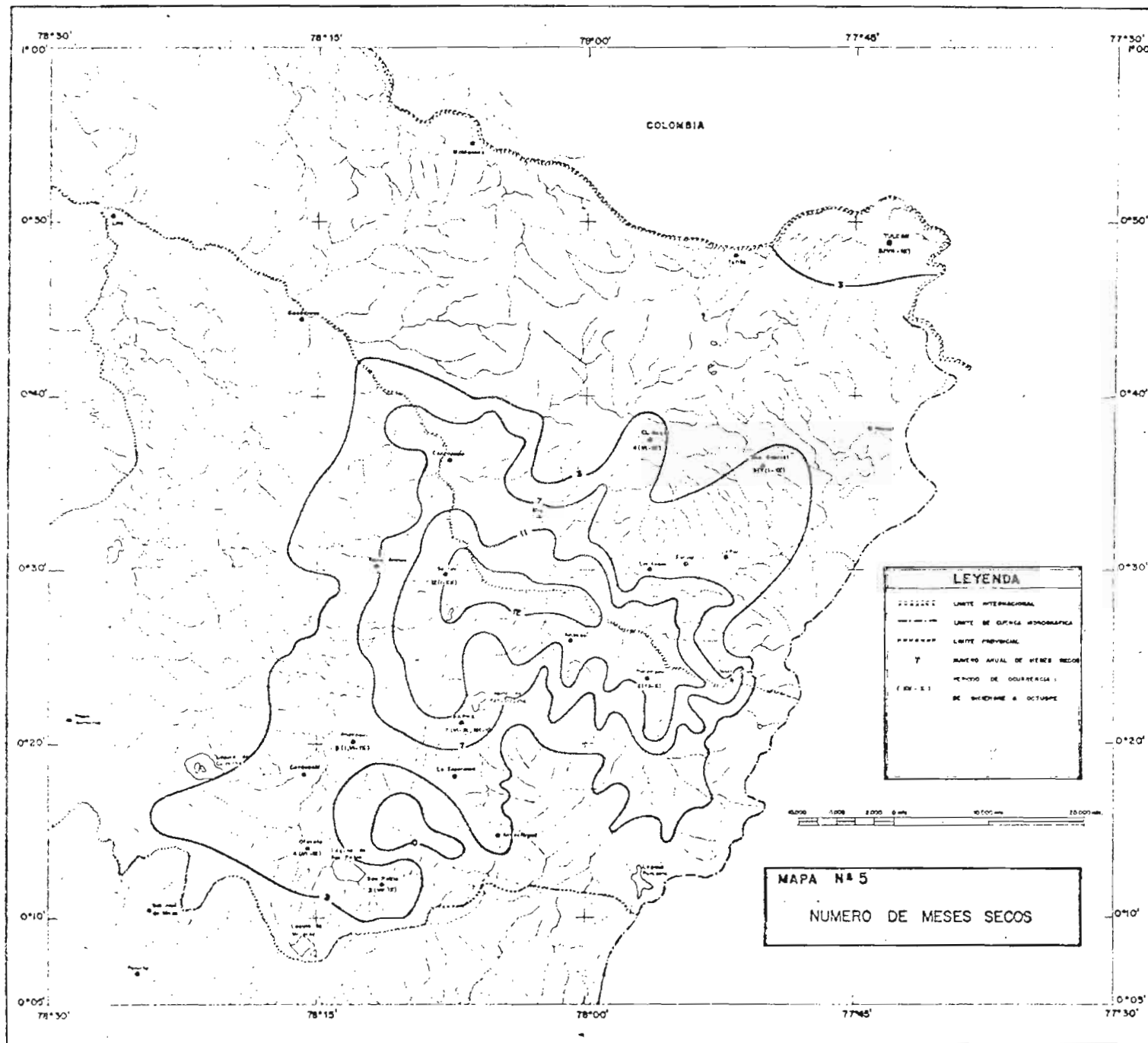
ORSTOM



PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

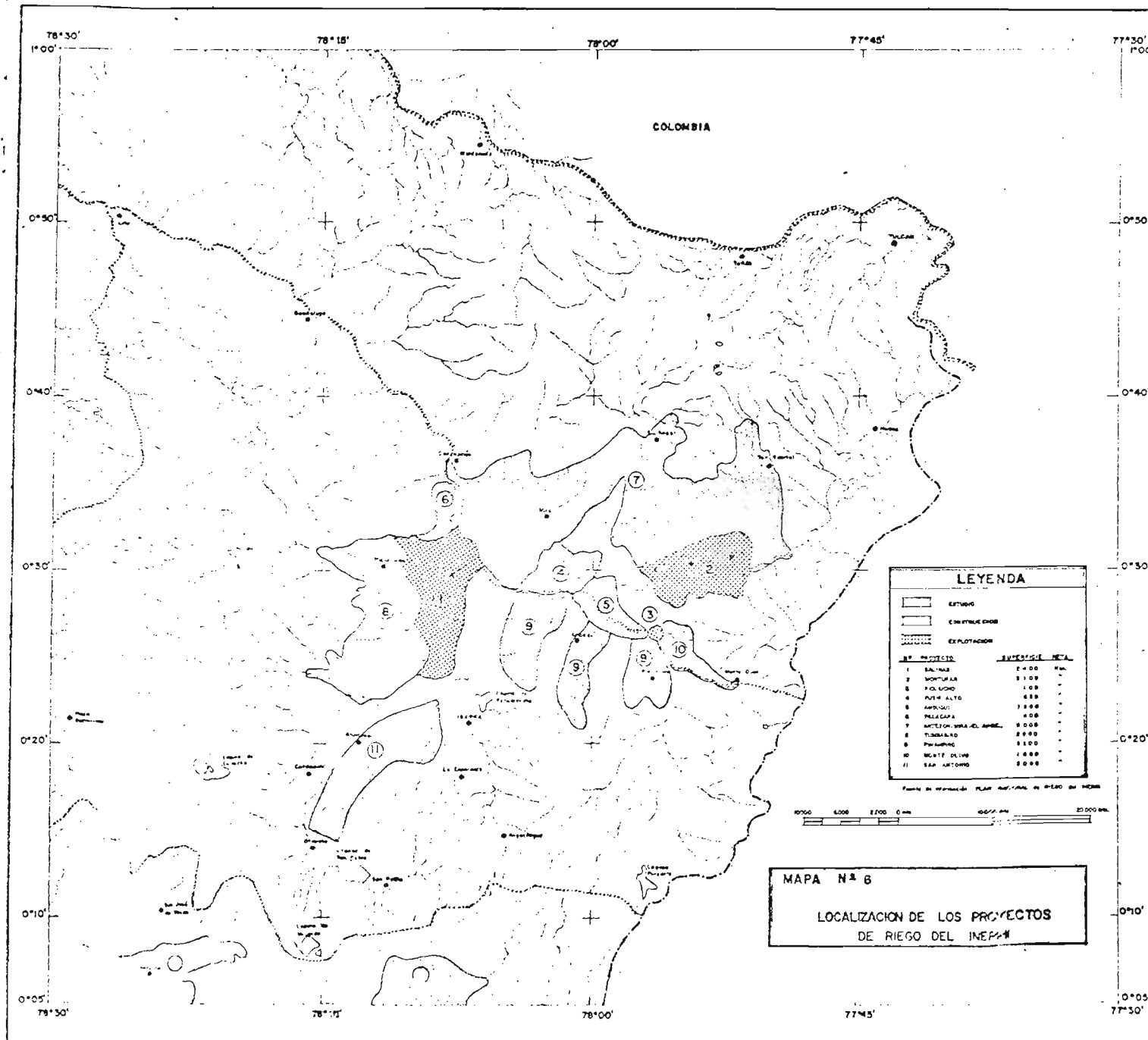
ORSTOM



PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

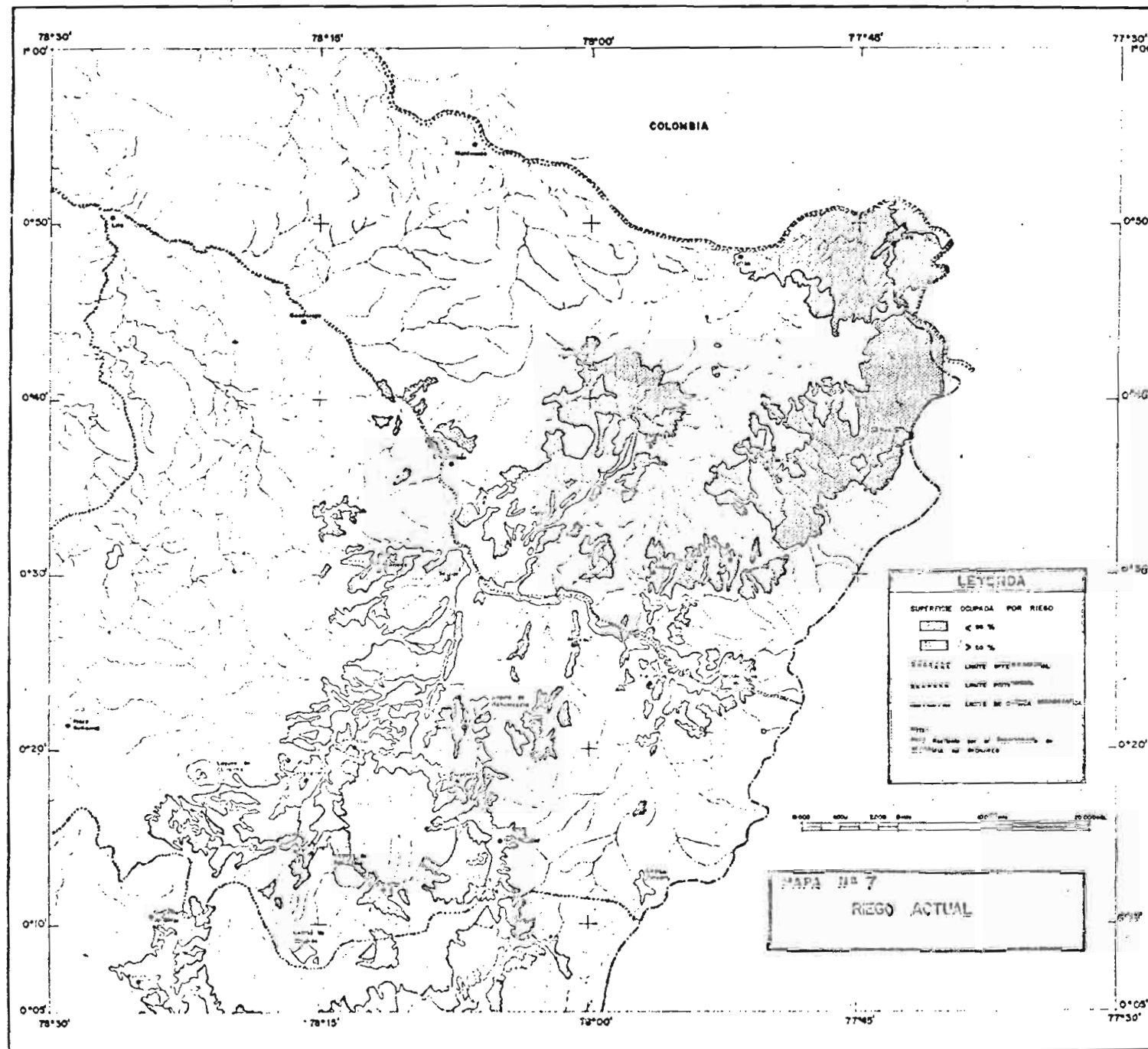
ORSTOM



PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

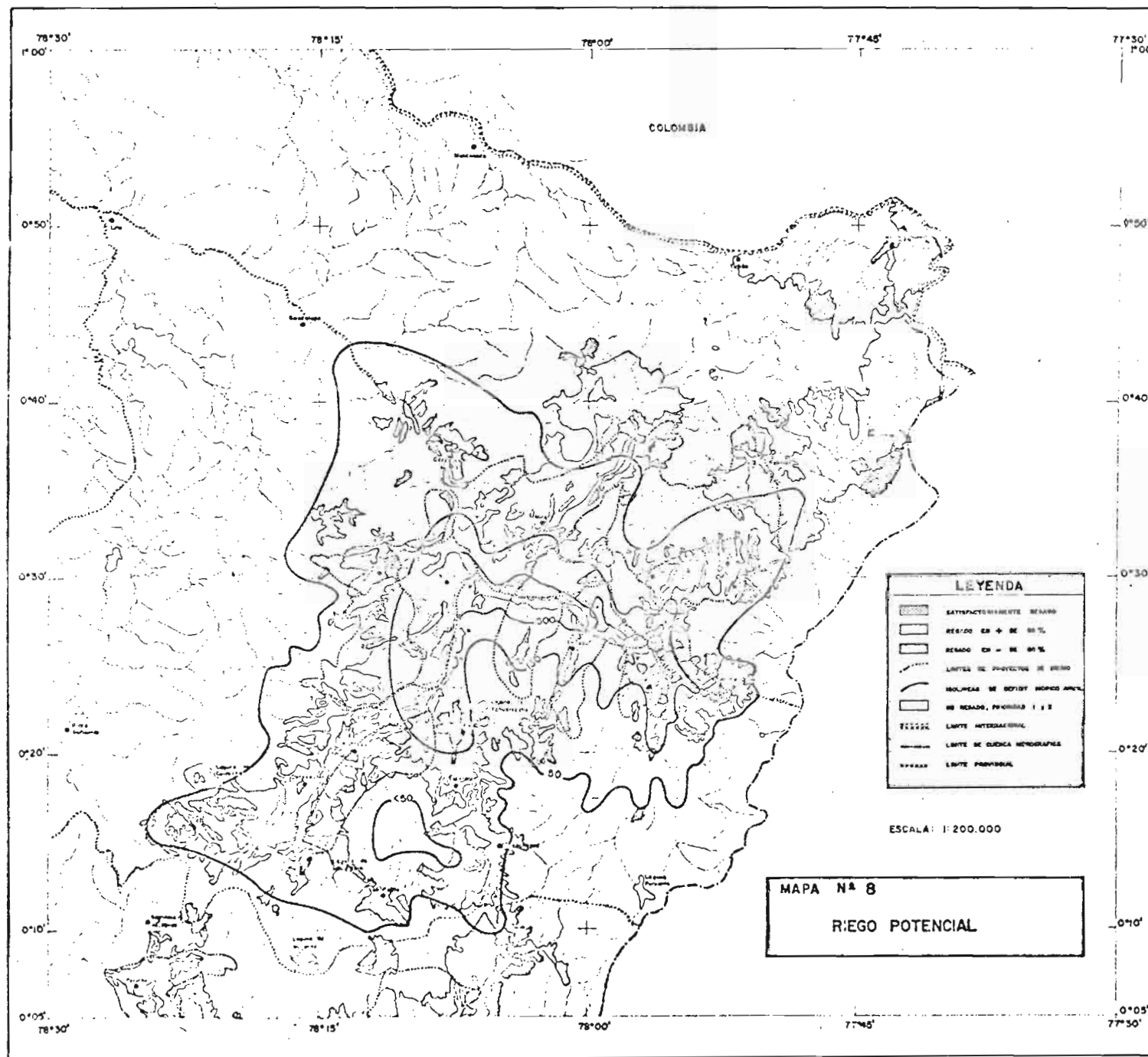
ORSTOM

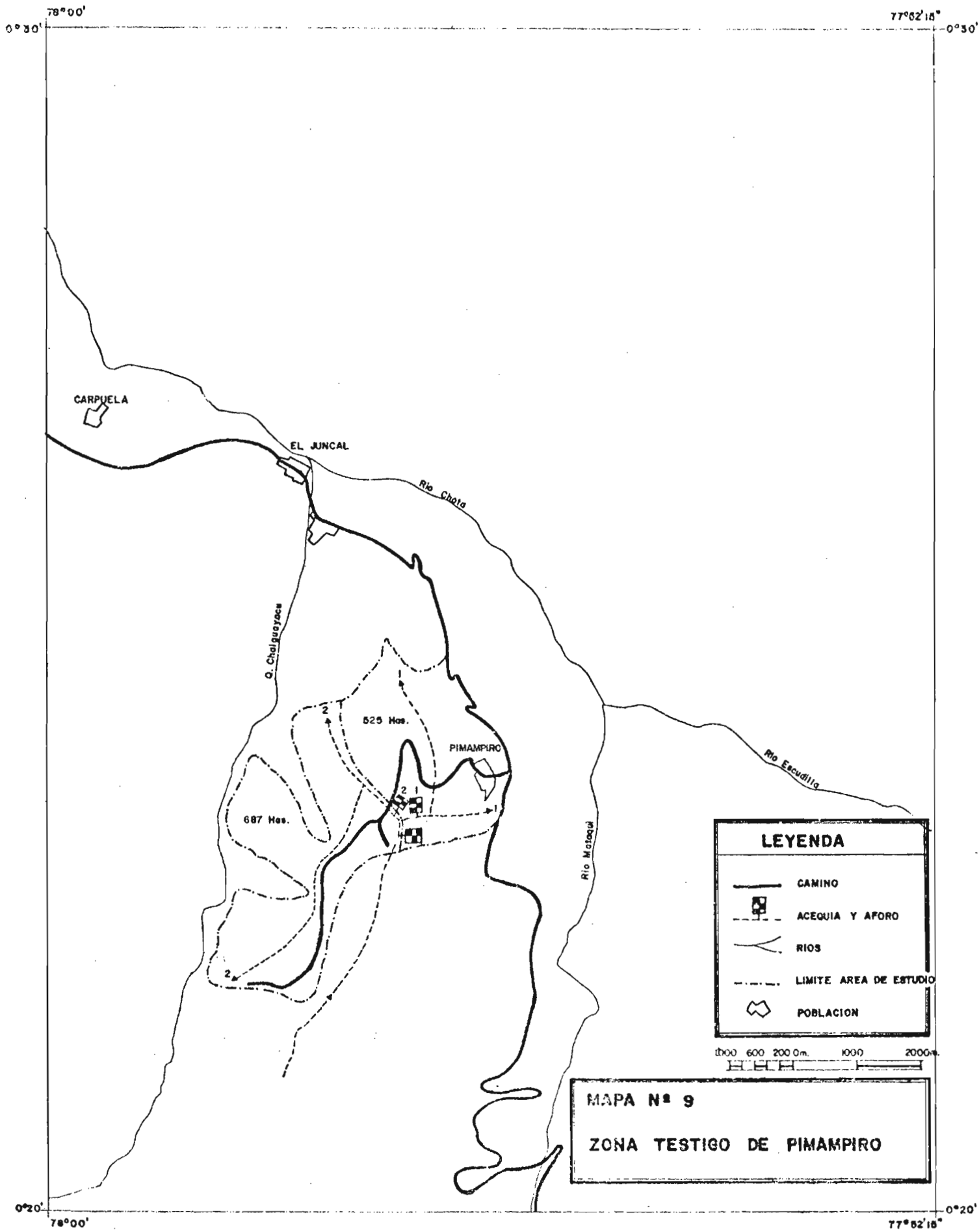


PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

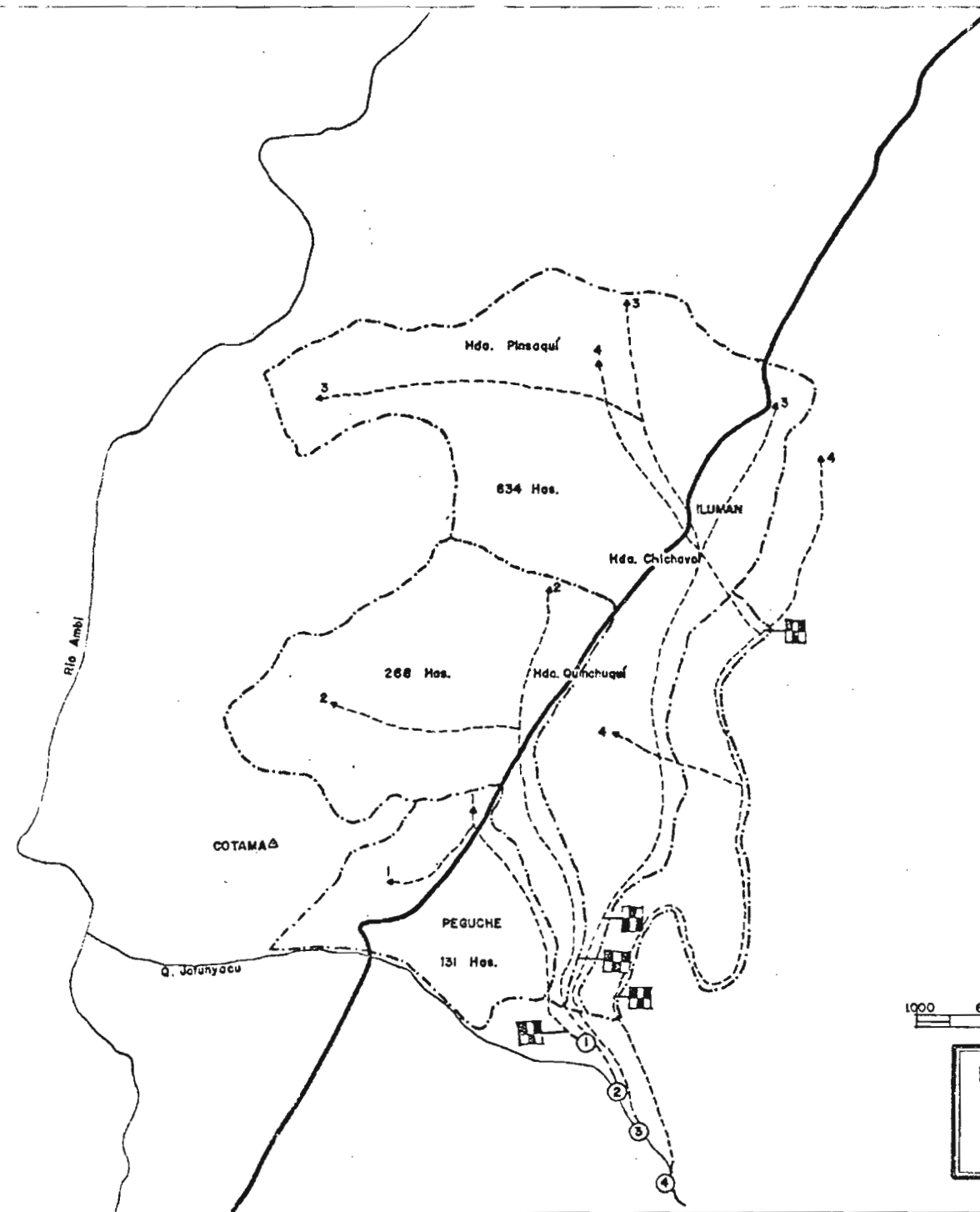
ORSTOM





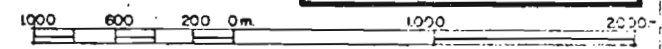
0°13'

0°10' 0°18'



LEYENDA

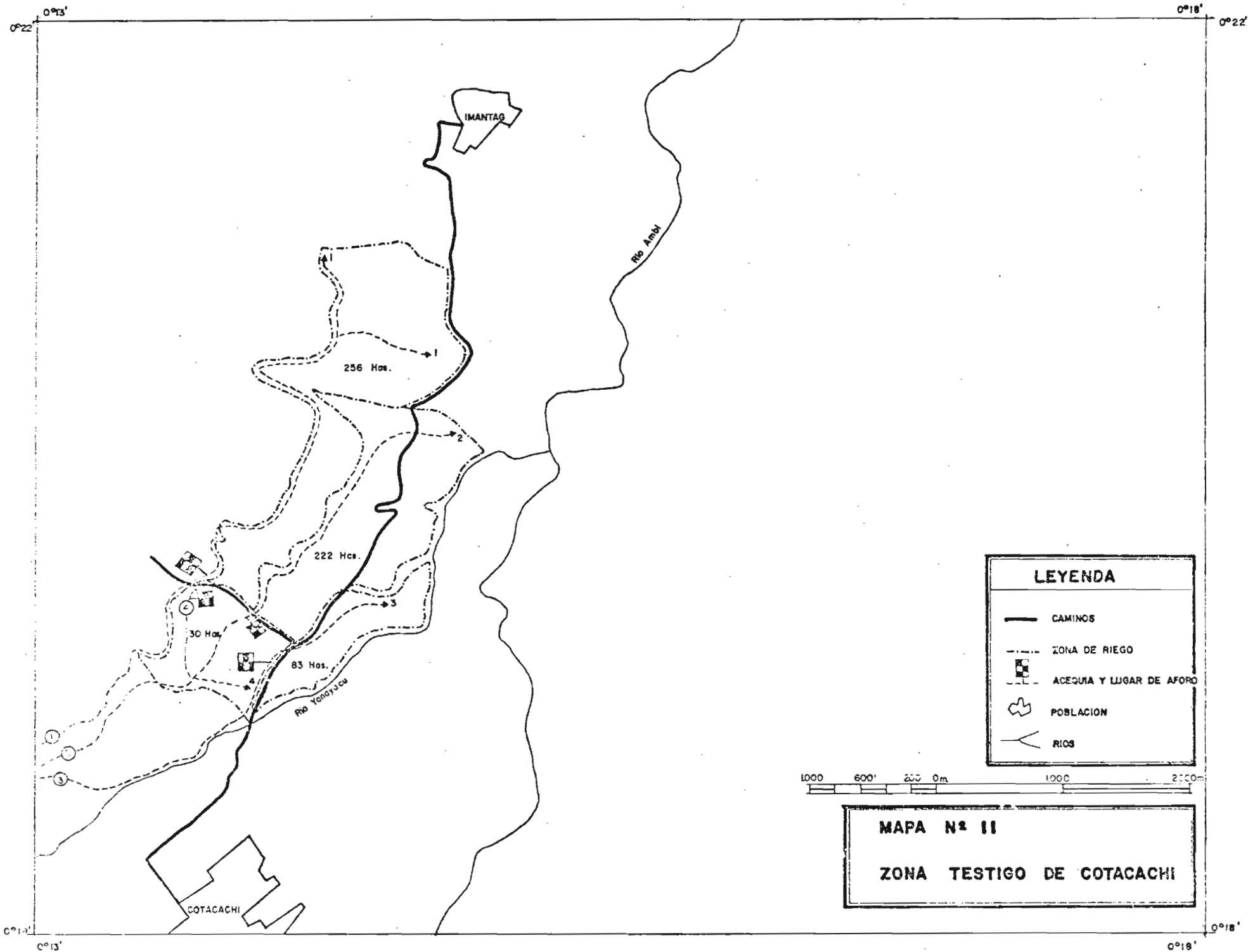
- CAMINOS
- ZONA DE RIEGO
- ACEQUIA Y LUGAR DE AFORO
- RIOS



MAPA N° 10
ZONA TESTIGO DE OTAVALO

0°14' 0°13'

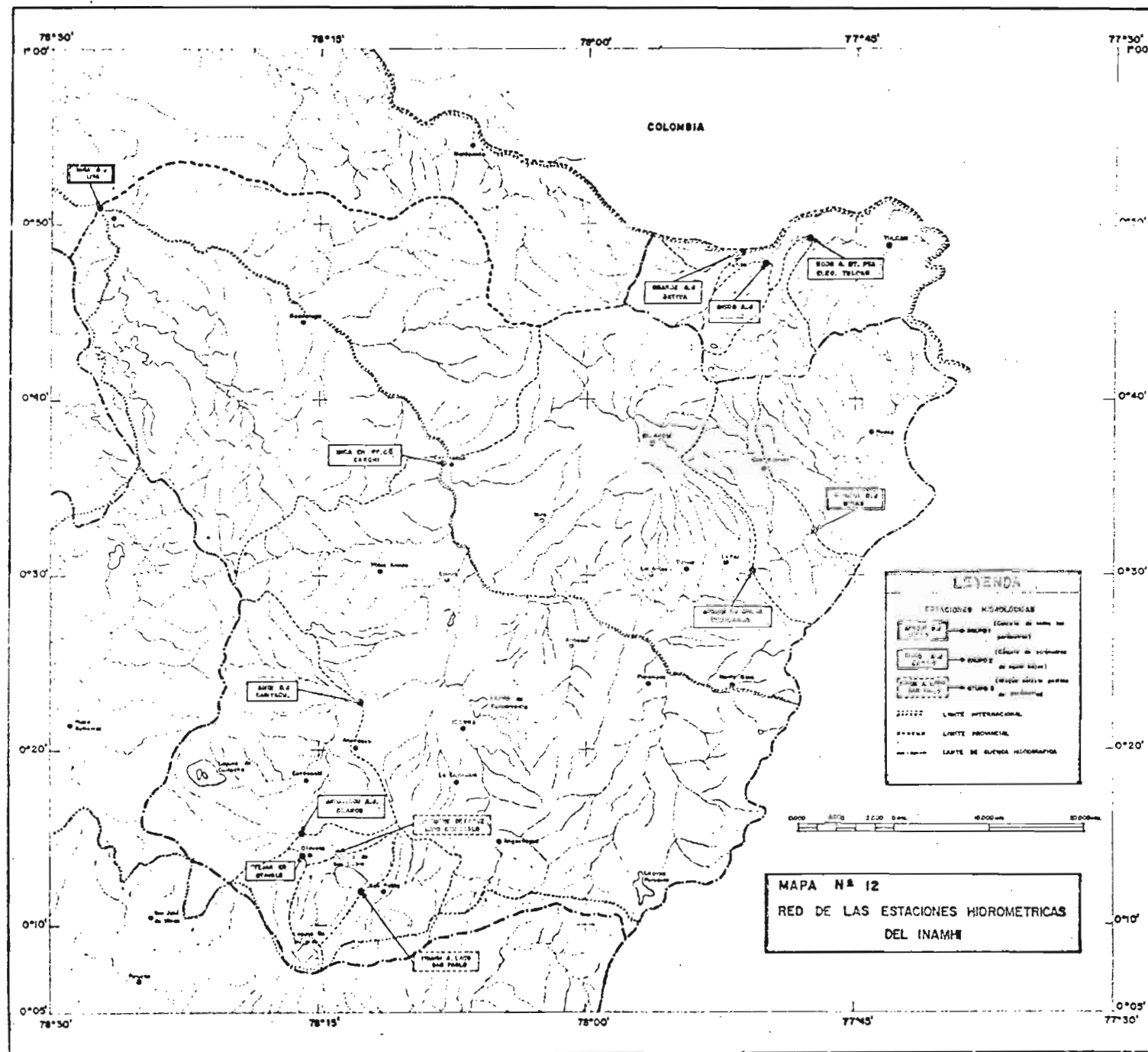
0°14' 0°18'



PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

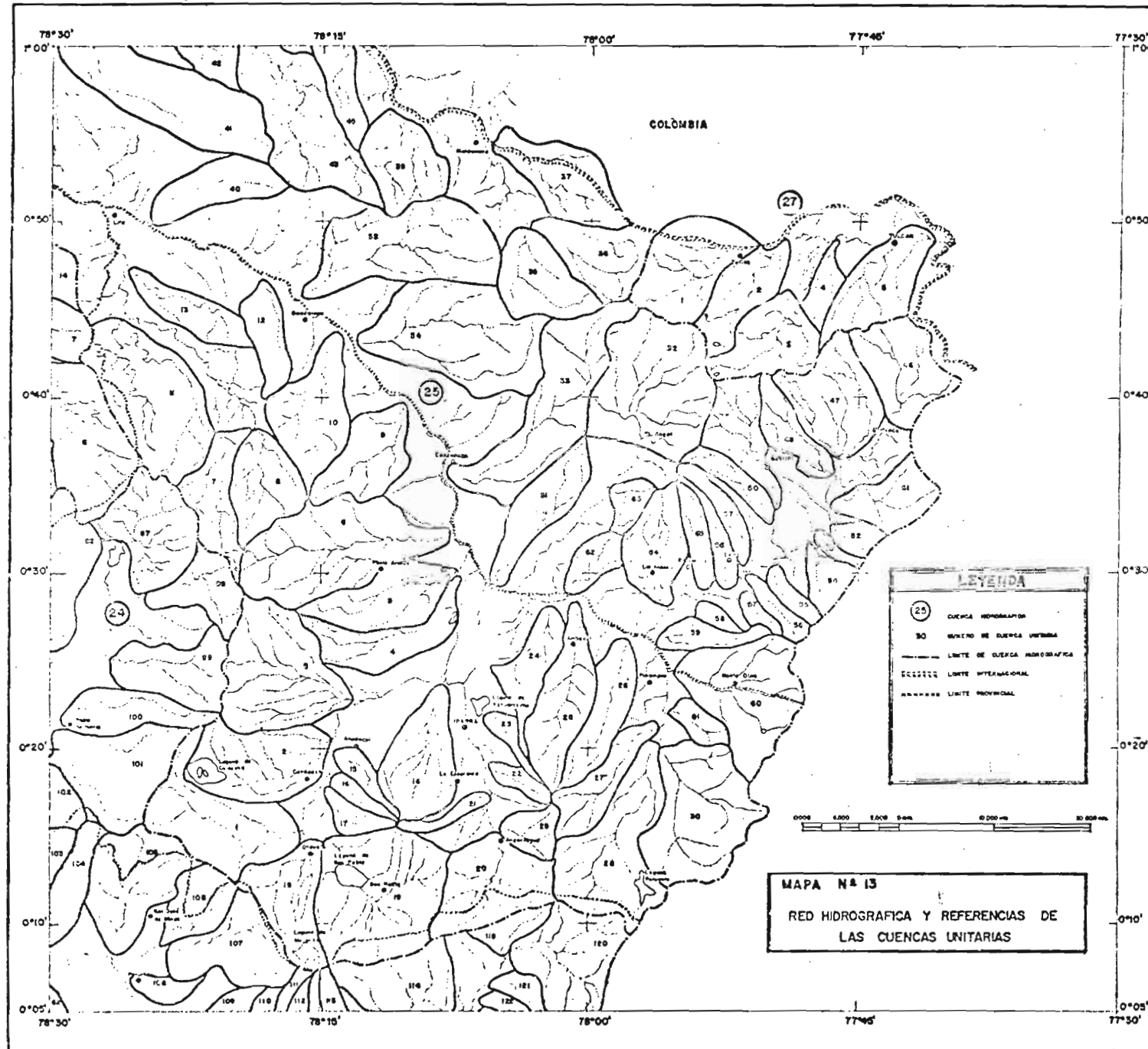
ORSTOM

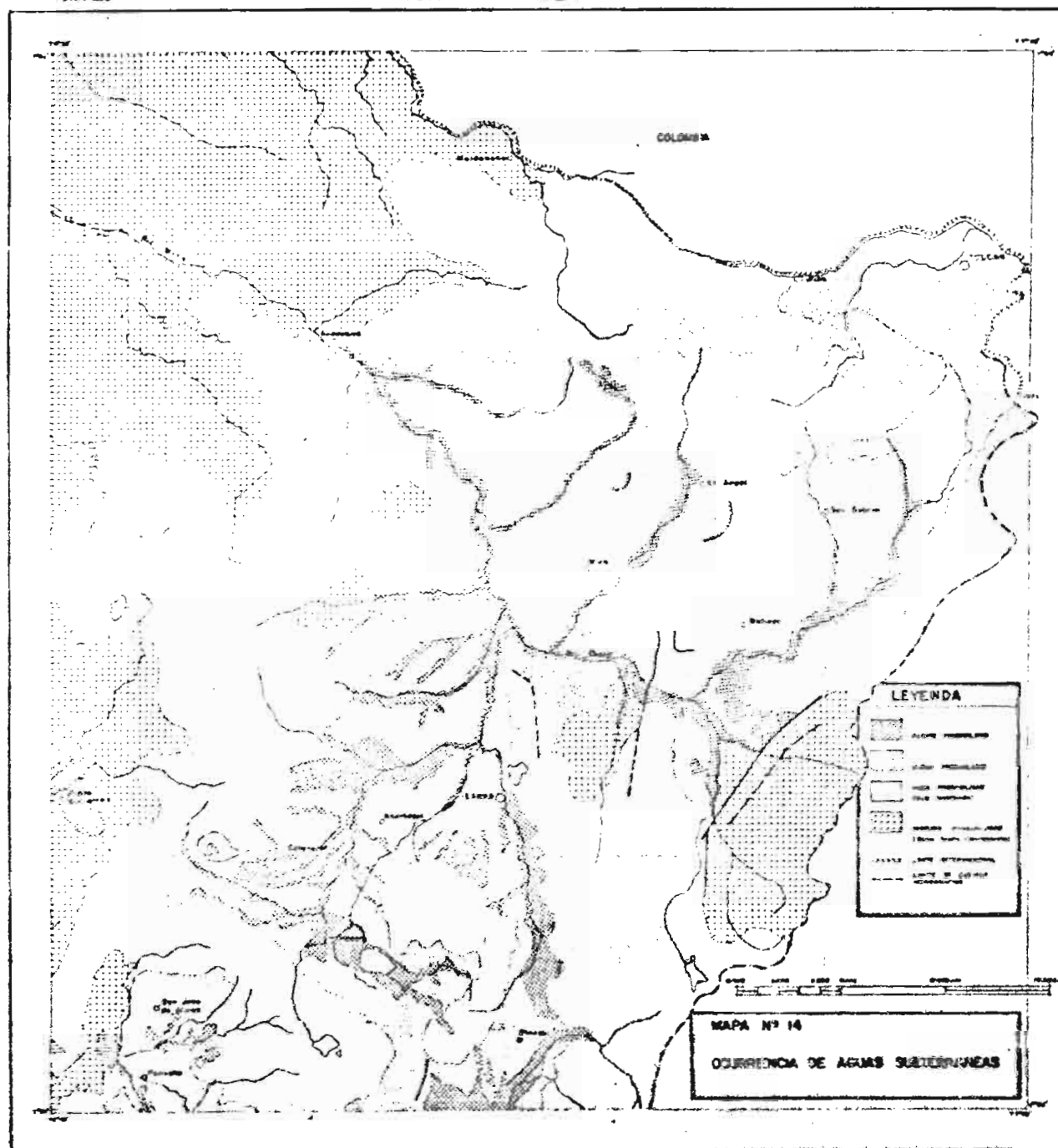


PRONAREG

RIEGO CARCHI → IMBABURA

ORSTOM

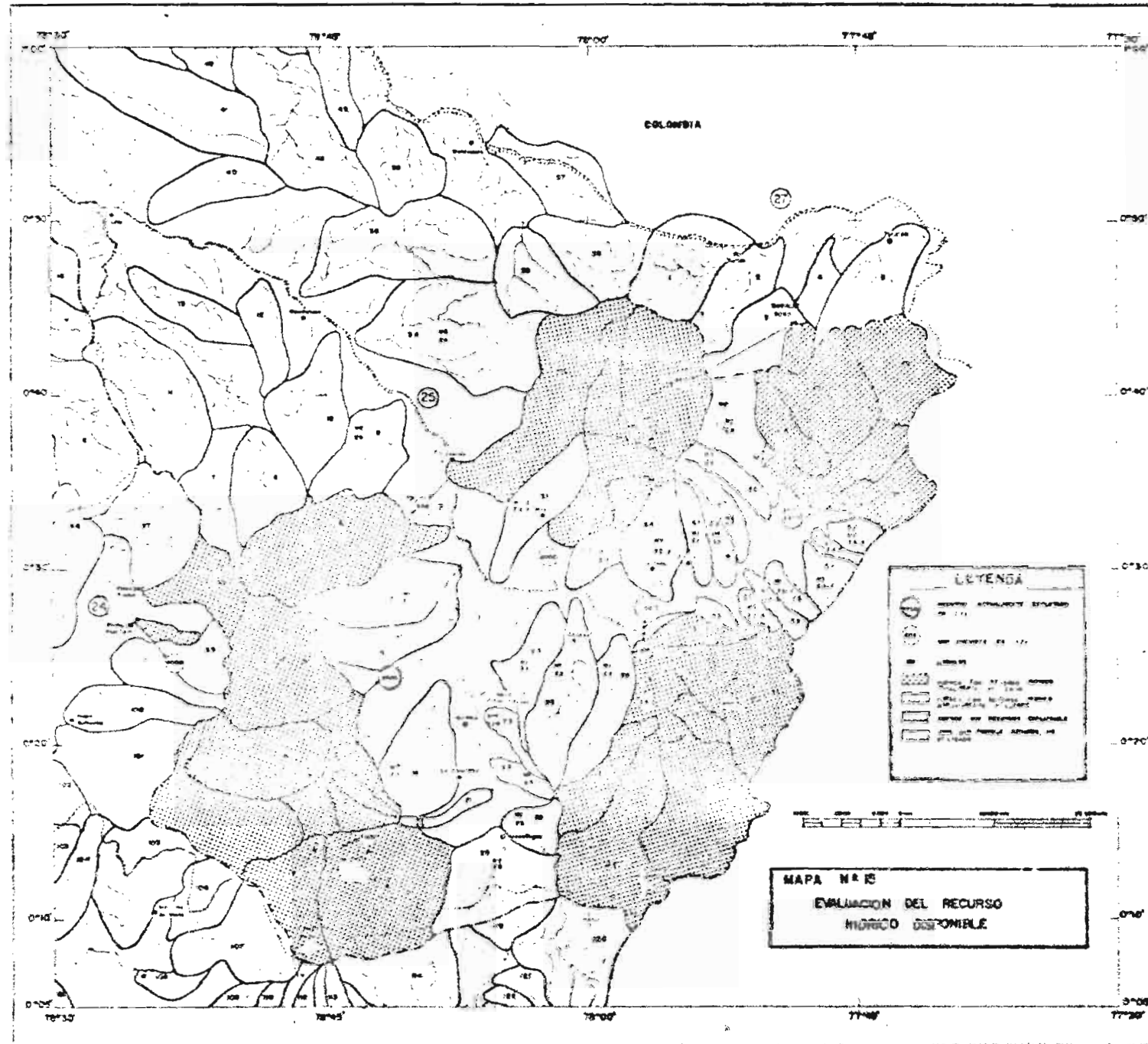




PRONAREG

RIEGO CARCHI - IMBABURA

ORSTOM



RIEGO CARCHI - IMBABURA

[illegible]