

**CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE LA SABANA
DE**

**BOGOTA Y DE LOS VALLES DE LIBATE Y
CHIQUINQUIRA**

C.A.R.



**ESTUDIO DE CONSERVACION Y
MANEJO**

**DEL LAGO DE TOTA Y SU
CUENCA**

RESUMEN GENERAL

Septiembre 1978

RESUMEN GENERAL

Este resumen corresponde a los Estudios de Conservación y Manejo del lago de Tota y su Cuenca, efectuados en desarrollo del contrato suscrito entre la Corporación Autónoma Regional de la Sabana de Bogotá y los Valles de Ubaté y Chiquinquirá (CAR) e Hidroestudios, Ingenieros Consultores Ltda., y financiados parcialmente por el Fondo Nacional de Proyectos de Desarrollo, FONADE. Estos estudios han cubierto los aspectos que se describen a continuación.

Inicialmente se recopiló y analizó la información disponible, se complementó con diferentes actividades que incluyeron levantamientos topográficos y batimétricos, encuestas agrícolas, sociológicas y turísticas, y muestreos y análisis de laboratorio para los trabajos agrológicos y ecológicos.

Con base en esta información se adelantaron estudios básicos sobre hidrología, geología y geomorfología, ecología, y sobre aspectos agrológicos, sociológicos, turísticos y legales, los cuales sirvieron de base para la formulación de políticas generales, referentes al manejo del lago y su cuenca.

Los estudios hidrológicos se enfocaron hacia la determinación del rendimiento de la cuenca del lago y del río Olarte, y la factibilidad de transvasar las aguas de las cuencas de los ríos Cusiana, Tota y Alto Upía, para aumentar la disponibilidad de agua en el lago. En esta manera, utilizando la información sobre precipitación, los niveles en el lago, los volúmenes de agua derivados por las obras existentes en el boquerón de Cuítiva, y los volúmenes vertidos al río Upía, se estimó un rendimiento promedio de la cuenca del lago de 1,180 l/seg. y un rendimiento promedio del río Olarte, en el sitio de derivación hacia el lago, de 820 l/seg. Mediante técnicas de simulación hidrológica de la operación del lago, se determinó el caudal realmente aprovechable, que es función de la regulación que pueda ofrecer el lago. Consideraciones de tipo ecológico e hidrológico indicaron la conveniencia de fijar un dembalse máximo en el lago de 2.0 m, con el nivel máximo normal de operación a la cota 3,015 m, pues la disponibilidad de agua se incrementa únicamente en un 3% al aumentar el nivel máximo del lago de la cota 3,015 a la cota 3,017 m, mientras que las implicaciones sociales y económicas son muy importantes. El resultado de esta simulación indicó que el caudal medio regulado, o sea el realmente aprovechable, es de 1,520 l/seg al desviar ha-

cia el lago de manera continua el río Olarte, lo cual se aprecia en la Figura 1.

Paralelamente se adelantaron estudios hidrológicos en las cuencas de los ríos Cusiana, Tota y Upía, y se estableció que la alternativa más atractiva de desviación, es la del río Cusiana. Los esquemas de desviación contemplaron tres alternativas, dos mediante túneles, con captación en la Horqueta y a la cota 3,045, y una mediante un canal, a media ladera a la cota 3,400, que captaría la hoya alta del río Cusiana. Estas alternativas de desviación captarían áreas de drenaje de 71.4, 48.4 y 21.8 Km², e incrementarían la disponibilidad de agua en el lago, de acuerdo con lo indicado en la Figura 2, en 580 l/seg, 1230 l/seg y 1540 l/seg, respectivamente. La alternativa de desviación del río Cusiana se debe seleccionar en el futuro, y se deben tener en cuenta los estudios de proyectos hidroeléctricos en este río, que actualmente adelanta el Instituto Colombiano de Energía Eléctrica, ICEL.

Simultáneamente a los estudios hidrológicos se llevó a cabo un estudio sobre el uso actual y las demandas futuras de agua, en una zona que cubre el área comprendida entre los municipios de Tunja, al Sur y Paz del Río, al Norte. Esta investigación mostró que, en la mayoría de los municipios, las deficiencias de agua son debidas a fallas en los sistemas de conducción y distribución, más que a insuficiencia de las fuentes mismas. En esta forma, y descartando aquellos municipios que no presentan problemas para el abastecimiento de agua, se hicieron proyecciones de demanda de agua para uso humano hasta el año 2030, las cuales se presentan en la Figura 3. Estos datos se complementaron con las demandas de agua para riego en los valles de Firavitoba y Sogamoso, y para uso industrial por parte de Acerías Paz del Río, y las curvas correspondientes se presentan en la Figura 4.

El Cuadro adjunto muestra con mayor grado de detalle las características hidrológicas naturales, la regulación que se logra con la operación del lago, y los consumos que se esperan en el futuro con los usuarios actuales, aumentando únicamente el suministro para consumo humano.

La conclusión más importante del análisis de estos datos es la clara evidencia de que el lago de Tota no es una fuente con la cual se pueden resolver los problemas de abastecimiento de agua de las principales ciudades y desarrollos potenciales de Boyacá, pues solo puede absorber, aún con la desviación del río Cusiana, los aumen-

tos esperados en los próximos cincuenta años por los acueductos de las poblaciones que se sirven actualmente, es decir Sogamoso, Tota, Iza, Cuítiva y Nobsa. Esto indica que el lago debe manejarse con especial cuidado para utilizarlo eficientemente.

Los estudios geológicos comprendieron levantamientos generales y detallados en la zona, para detectar, principalmente, posibles filtraciones; estos estudios fueron complementados por el Instituto de Asuntos Nucleares, pero las investigaciones efectuadas no permitieron identificar el origen de las filtraciones. También se estudiaron los procesos geomorfológicos de la cuenca y su incidencia en la erosión. Adicionalmente se llevaron a cabo estudios de ingeniería geológica para determinar la factibilidad de construcción de las alternativas de desviación del río Cusiana al lago.

Los estudios ecológicos tuvieron por objeto hacer un diagnóstico de la situación de la cuenca y el lago. Se identificaron las zonas críticas de la cuenca que, debido a su avanzado estado de erosión, requieren programas de reforestación o protección de la vegetación natural, y se formularon recomendaciones para el óptimo manejo de la cuenca en diferentes zonas. Los estudios realizados en el lago y en sus afluentes indican que, con excepción de las quebradas Mugre y Blanca, las aguas son de buena calidad, aunque se encuentran zonas del lago, cerca de las orillas, en proceso de eutrofización bastante avanzado. Sin embargo, se espera que al desarrollar las medidas recomendadas, referentes al manejo de los insumos agrícolas, se pueda controlar el avance de este fenómeno. El análisis de los organismos del ecosistema acuático indica que el lago tiene una gran productividad vegetal, pero menos del 1% de esta productividad es consumida por la trucha, la cual, para sobrevivir, se alimenta de otros peces, inclusive de un número considerable de individuos de su misma especie.

Los estudios agrológicos permitieron dividir la cuenca en grupos de suelos para los cuales se han formulado recomendaciones concretas sobre el tipo de cultivos que deben sembrarse, la forma de siembra, las zonas donde se deben evitar las prácticas agrícolas y el impacto de la continuación de las tendencias actuales. Existe un marcado contraste entre el alto índice de utilización de fertilizantes, pesticidas y otros insumos agrícolas y la bajísima incidencia de técnicos, que orienten dichas prácticas. Esto ha llevado al uso irracional de estos insumos los cuales afectan las condiciones del medio ambiente, especialmente la calidad de las aguas.

Los estudios sociológicos indican una clara tendencia minifundista y el gran porcentaje de la población que depende del cultivo de la cebolla. La alta rentabilidad del cultivo hace que otras actividades no puedan competir en la región. La pesca de trucha no representa una actividad económica muy importante en la región, pero ha tenido efectos importantes en las relaciones sociales de la comunidad y particularmente, entre ésta y las instituciones oficiales. Las actividades artesanales están en franca decadencia, y la industria hotelera absorbe una baja proporción de la mano de obra de la región. El crecimiento de la población rural en Aquitania tiene pocas posibilidades de mantenerse en el futuro si prevalecen las condiciones actuales.

Los estudios turísticos muestran que el lago de Tota es un recurso bien diferenciado del resto de Boyacá. El desarrollo turístico del lago ha dependido principalmente de la pesca de la trucha, y como en la actualidad existen centros competitivos más cercanos a las grandes ciudades, el número de turistas pescadores ha disminuído. Por otra parte, el turismo itinerante, atraído por la gastronomía y el paisaje, ha venido aumentando, pero no pernocta allí por el clima y la calidad de los servicios turísticos. Es poco factible que la situación cambie en el futuro inmediato y el desarrollo turístico debe estar de acuerdo con esta circunstancia.

Los aspectos legales, basados en el estudio previamente contratado por la CAR, y en algunos estudios adicionales, permitieron analizar las fluctuaciones de los niveles del lago con relación a las demandas por inundación de tierras. Estos estudios sirvieron de base para la determinación de los niveles futuros de operación del lago y para demostrar, con el análisis detallado que se resume en las Figuras 5 y 6, que los niveles altos que se presentaron en 1962 y en 1976, y que ocasionaron demandas contra la Nación por parte de los ribereños, han sido excedidos varias veces, por causa de fenómenos meteorológicos naturales, que están fuera del control de la entidad que manejaba las obras de desviación del río Olarte hacia el lago.

Los estudios administrativos muestran la conveniencia de que la CAR sea la entidad que continúe a cargo de la Conservación y Manejo de la Cuenca y del lago de Tota. Por otra parte, es necesario que se adelante un programa de divulgación en la zona para que los habitantes conozcan los programas y contribuyan a su realización.

Con base en todos los estudios efectuados, se ha formulado un pro

grama de desarrollo a corto plazo, el cual incluye los siguientes aspectos:

A. Un Programa de Extensión Agrícola, para proporcionar asistencia técnica a la mayoría de los agricultores de la cuenca, especialmente a los de las zonas planas, con el objeto de racionalizar el uso de insumos agrícolas y mejorar, en general, las prácticas de cultivo.

B. - Un Programa de Reforestación general de toda la vertiente occidental de la cuenca y las penínsulas, en un área aproximada de 4,000 ha, para proteger estas zonas afectadas actualmente por la erosión. Este programa incluye la adquisición de los terrenos que deben ser reforestados, y la selección de las especies nativas más convenientes para reforestación en diferentes condiciones, tales como zonas con cárcavas, zonas secas expuestas a vientos y zonas con pendientes fuertes. Entre las especies propuestas se encuentran los Alisos, los Cerezos, el Arrayán, el Esmeraldo, el Mortiño, el Espino, las Acacias y los Pinos. El costo total de este programa ha sido estimado en \$88,000,000 y se ha considerado razonable llevarlo a cabo en un período de cinco años.

C. - Un Programa de Obras de Ingeniería que comprende la mejora de las obras existentes en el Desaguadero, en el río Olarte y en el boquerón de Cuítiva, las cuales son necesarias para el manejo del lago y un suministro de agua adecuado durante los próximos treinta años. Estas obras se deben adelantar en los dos próximos años, para contar a la mayor brevedad posible con un eficiente manejo del lago de Tota y lograr así un aprovechamiento óptimo de este recurso.

La estructura de desviación del río Olarte debe ser reformada, para que su operación se pueda realizar en forma manual, suprimiendo los flotadores y contrapesos, e instalando malacates y rejillas de captación. El costo de estas obras es de unos \$700,000.

Las obras de control en el Desaguadero deben ser ampliadas, para que permitan el paso de grandes crecientes en forma rápida, y evitar que el nivel del lago sobrepase la cota 3,015.65, bajo las condiciones hidrológicas más críticas. El costo de las obras requeridas asciende a \$10,000,000.

Debido a que la operación futura del lago prevé descensos ocasionales hasta la cota 3,013 m, las obras existentes en el boquerón

de Cúitiva deben ser complementadas para que no se presenten problemas de suministro. Las nuevas obras consisten en una estación de bombeo, desde el lago hasta el túnel existente, y tendrían un costo aproximado de \$5,000,000.

Adicionalmente se requieren una serie de paradores y embarcaderos turísticos con un costo estimado de \$3,000,000, y la continuación de la carretera de circunvalación, actualmente en construcción, para la cual se requiere una inversión adicional de \$20,000,000.

D.- Un Programa de Inversiones para llevar a cabo los desarrollos descritos anteriormente, en los plazos sugeridos, que se resume en la Figura 7. Los fondos para el Programa de Inversiones provendrían de la venta del agua a los diferentes usuarios, y de una serie de préstamos bancarios.

Es necesario revisar la estructura tarifaria actual, para obtener un precio promedio en 1979, de \$1 por metro cúbico de agua para consumos industrial y humano, tarifa que debería ser incrementada anualmente en un 10%.

Los préstamos bancarios ascenderían a \$75,000,000 y se han distribuido en la siguiente forma: un primer préstamo por \$35,000,000, destinado a cubrir el costo de las obras de infraestructura durante los dos primeros años, y un segundo por \$40,000,000, para el programa de reforestación.

El análisis financiero de entradas y desembolsos indica que a partir del año 1987, el remanente en caja permitiría considerar otras inversiones a mediano y largo plazo. A mediano plazo se ha considerado la compra de las obras de captación existentes, electrificación y otros servicios públicos, la pavimentación de la carretera de circunvalación, y la continuación de los programas de reforestación, incluyendo la compra de los terrenos que constituyen la parte alta de la cuenca del lago. Adicionalmente se deben adelantar los estudios de las alternativas de desviación del río Cusiana, incluyendo investigaciones geológicas subterráneas y análisis económicos detallados y comparativos con otras fuentes.

De acuerdo con los resultados de estos estudios, la CAR deberá adelantar los diseños definitivos, las licitaciones y la construcción de la alternativa de desviación recomendada, lo cual constituye el programa de inversiones a largo plazo. Este programa se debe comenzar oportunamente, para que las obras entren en funcionamiento en el año 2010 aproximadamente.

CUADRO DE DATOS SIGNIFICATIVOS

Datos Físicos de la Cuenca y el Lago

Area total de la cuenca	201	Km ²
Area del lago	60	Km ²
Area de las zonas planas	900	ha
Area de la cuenca del río Olarte	26	Km ²
Area del río Cusiana hasta la Horqueta	71.4	Km ²
Volumen total del lago (a la cota 3,015)	1,942	Mm ³
Profundidad media	30	m
Profundidad máxima	61	m
Perímetro del lago	47	Km
Nivel máximo registrado (1971)	3,015.65	m ^{1/}
Nivel mínimo registrado (1975)	3,013.79	m
Cota estructura de control en el Desaguadero	3,015.03	m
Fluctuación máxima histórica	1.86	m
Volumen correspondiente	120	Mm ³

Uso Actual de la Tierra

Ribera del lago con vegetación acuática	174	ha
Subzona plana con monocultivo de cebolla	863	ha
Subzona de ladera con cultivos varios	5,036	ha
Subzona escarpada con cultivos esporádicos	9,870	ha
Subzona severamente erosionada	757	ha

Datos Meteorológicos

Temperatura media mensual	10.8	°C
Temperatura máxima absoluta	22.8	°C
Temperatura mínima absoluta	-0.6	°C
Precipitación promedio anual - Aquitania	945	mm
- El Túnel	680	mm
Evaporación promedio anual - Aquitania	1,049	mm
- El Túnel	1,346	mm

^{1/} Los datos de niveles corresponden a cotas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Parámetros Hidrológicos Calculados

Precipitación anual promedio sobre la cuenca	902	mm
Evapotranspiración media anual en la cuenca	634	mm
Caudal medio, cuenca del lago	1,180	l/seg
Caudal medio, cuenca del río Olarte	820	l/seg
Caudal medio, cuenca del río Cusiana (Horqueta)	2,500	l/seg

Uso del Agua

Consumo actual (1976):

Riego en Cuítiva e Iza	290	l/seg
Acueductos: Sogamoso, Tota, Cuítiva, Iza, Nobsa	220	l/seg
Acerías Paz del Río	450	l/seg
Consumo, total	960	l/seg

Consumo futuro:

Sogamoso y poblaciones pequeñas más uso actual de riego y Acerías

1990	1,000	l/seg
2000	1,200	l/seg
2010	1,600	l/seg
2020	2,150	l/seg
2030	2,900	l/seg

Datos Correspondientes a la Operación del Lago

Nivel máximo normal de operación	3,015.03	m
Nivel máximo extraordinario (crecientes)	3,015.65	m
Nivel mínimo normal de operación	3,013.00	m
Desembalse para operación del lago	2.00	m
Volumen de embalse útil correspondiente	114	Mm ³
Caudales realmente aprovechables:		
Cuenca del lago	910	l/seg
Cuenca del lago más río Olarte	1,520	l/seg
Cuenca del lago más río Olarte más río Cusiana:		
Túnel en La Horqueta (1540)	3,060	l/seg
Túnel a la cota 3,045 (1230)	2,750	l/seg
Canal a la cota 3,400 (580)	2,100	l/seg
Duración de desembalses mayores de 1 m (Cuenca del lago más río Olarte)	3	%

Costo de Obras Programadas (millones de pesos)

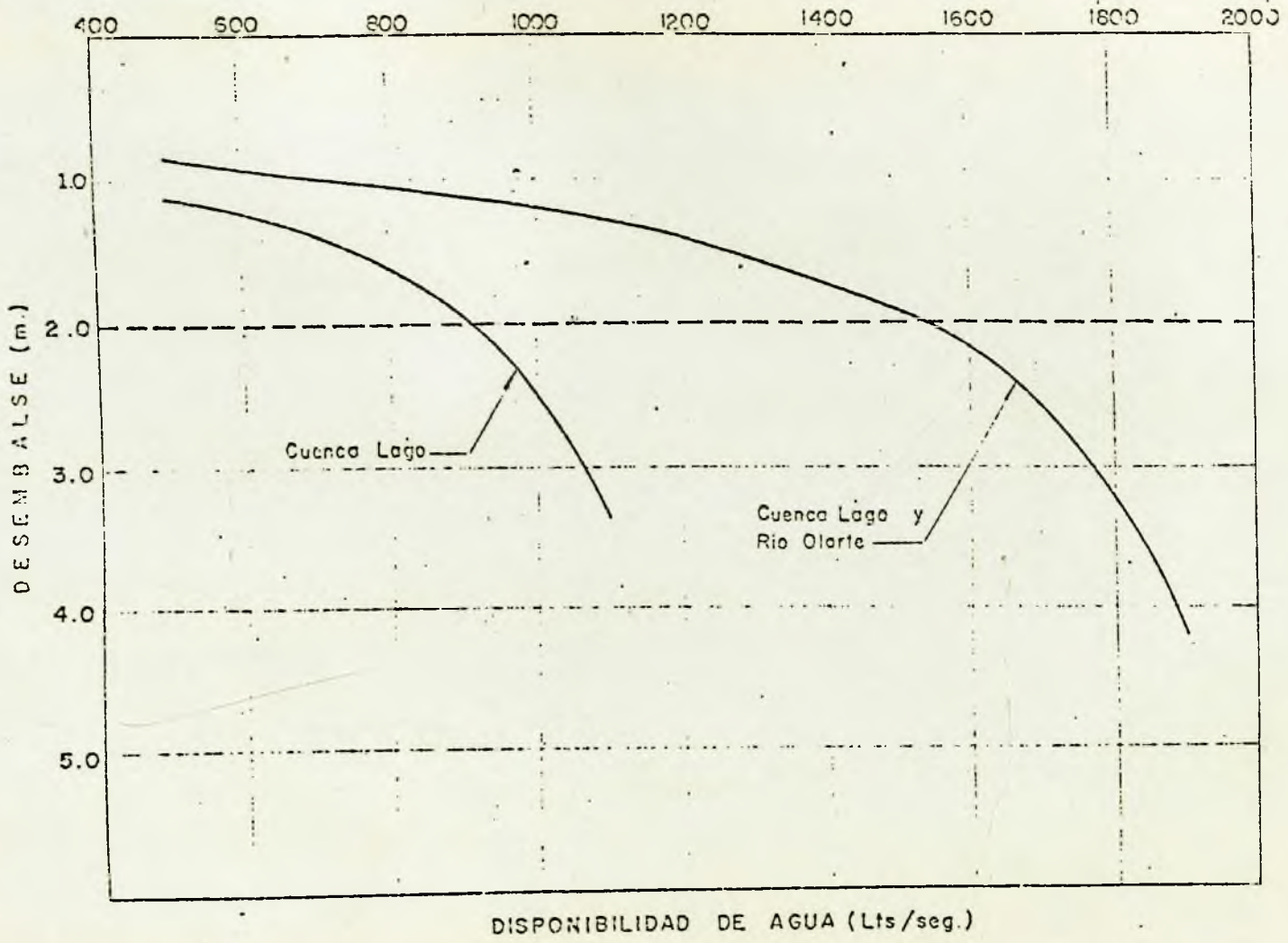
Corto plazo:

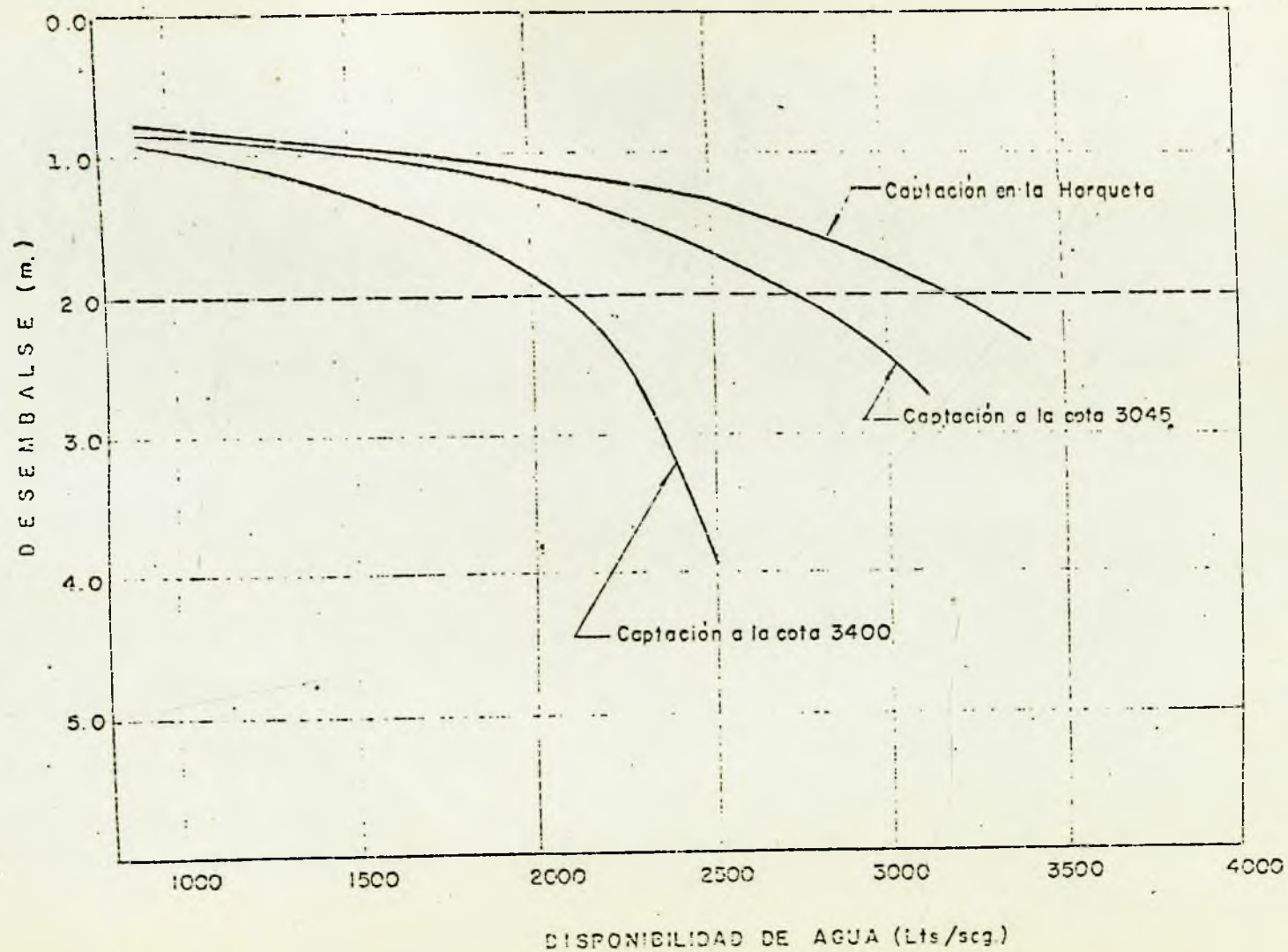
Adecuación obras de desviación del río Clarte	\$	0.7
Obras de control en el Desaguadero	\$	10
Obras de captación	\$	5
Continuación carretera circunvalación	\$	20
Muelles turísticos	\$	3
Reforestación	\$	88

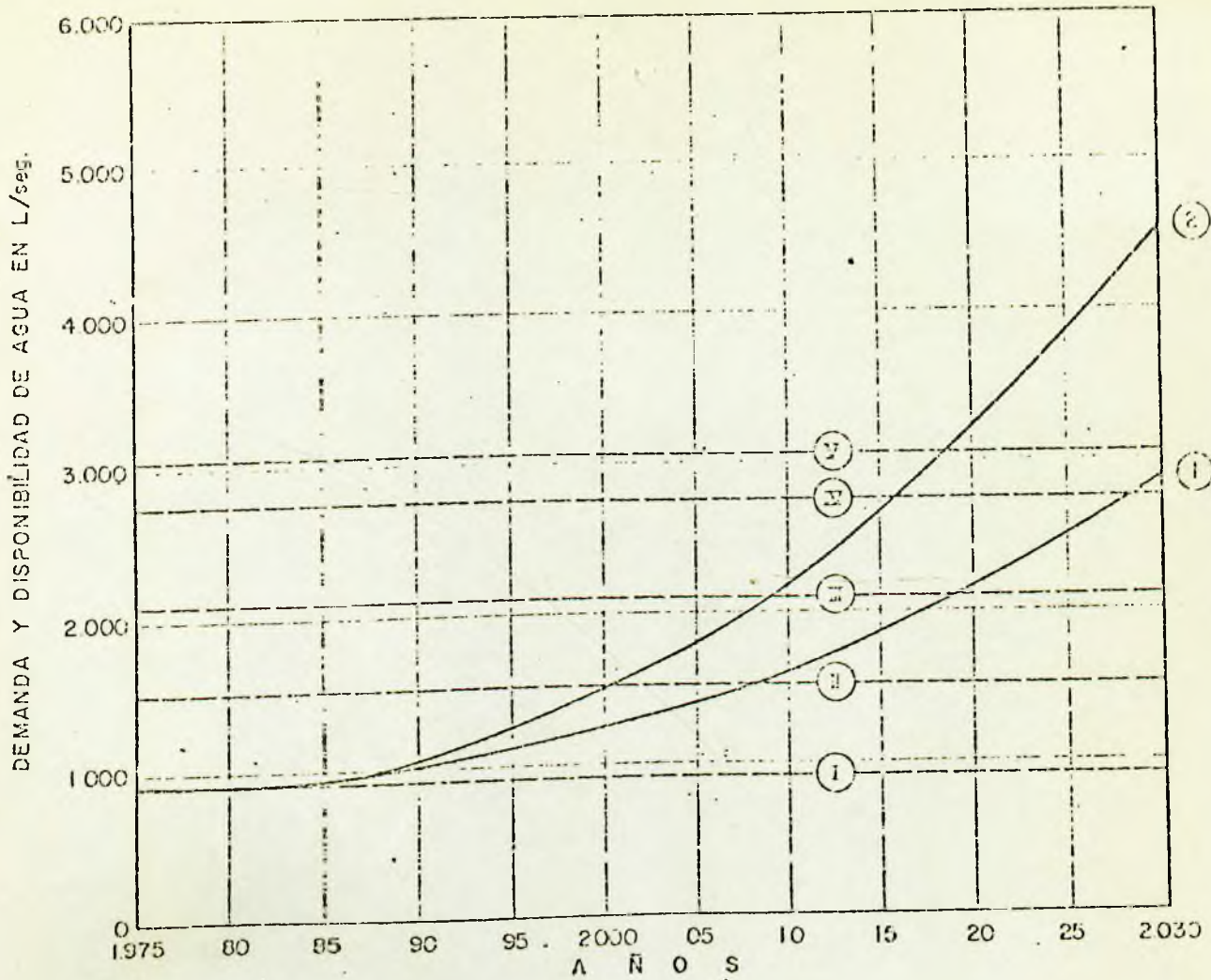
Largo plazo:

Desviación río Cusiana

Alternativa del túnel en la Horqueta	\$1,026
Alternativa de Túnel a la cota 3,045	\$ 593
Alternativa de canal a la cota 3,400	\$ 57







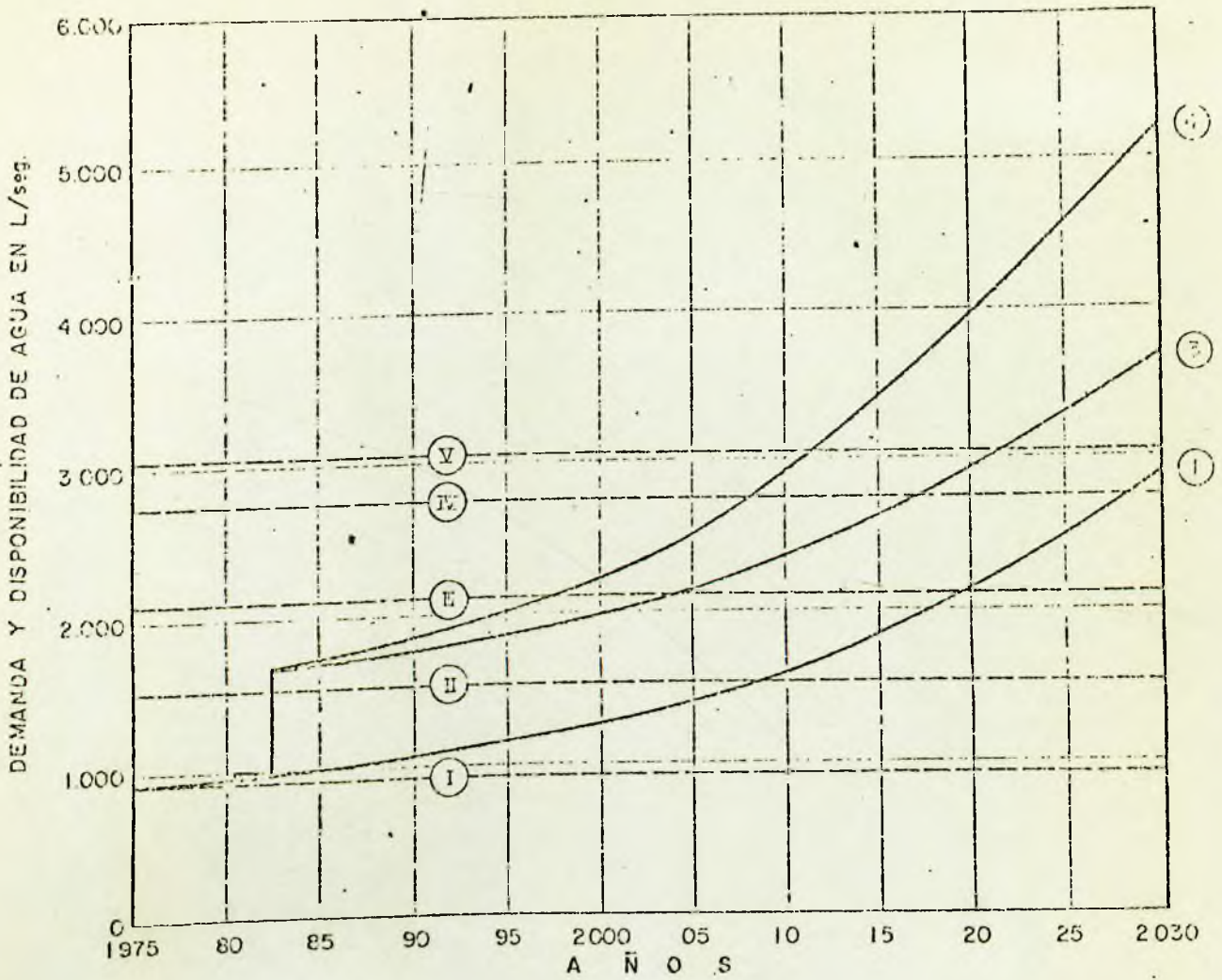
CONSUMO ACTUAL + USO HUMANO

DISPONIBILIDAD DE AGUA

DEMANDAS

- (I) De la cuenca del lago
- (II) Cuenca Lago + Río Olarte
- (III) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cuziana captado a la cota 3400
- (IV) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cuziana captado a la cota 3045
- (V) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cuziana captado en la Horqueta

- (1) Consumo actual + Sogamoso y poblaciones pequeñas
- (2) (1) + Paipa y Duitama (1.085) + Tunja (2.005)



CONSUMO, ACTUAL + USO HUMANO + INDUSTRIAS

DISPONIBILIDAD DE AGUA

DEMANDAS:

- (I) De la cuenca del lago
- (II) Cuenca Lago + Río Olarte
- (III) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cusiana captado a la cota 3400
- (IV) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cusiana captado a la cota 3045
- (V) Cuenca Lago + Río Olarte + Río Cusiana captado en la Horqueta

- (1) Consumo actual + Sogamoso y poblaciones pequeñas
- (3) (1) + Acerías (1932)
- (4) (3) + Poipo y Duitama (1985) + Tunja (2.005)

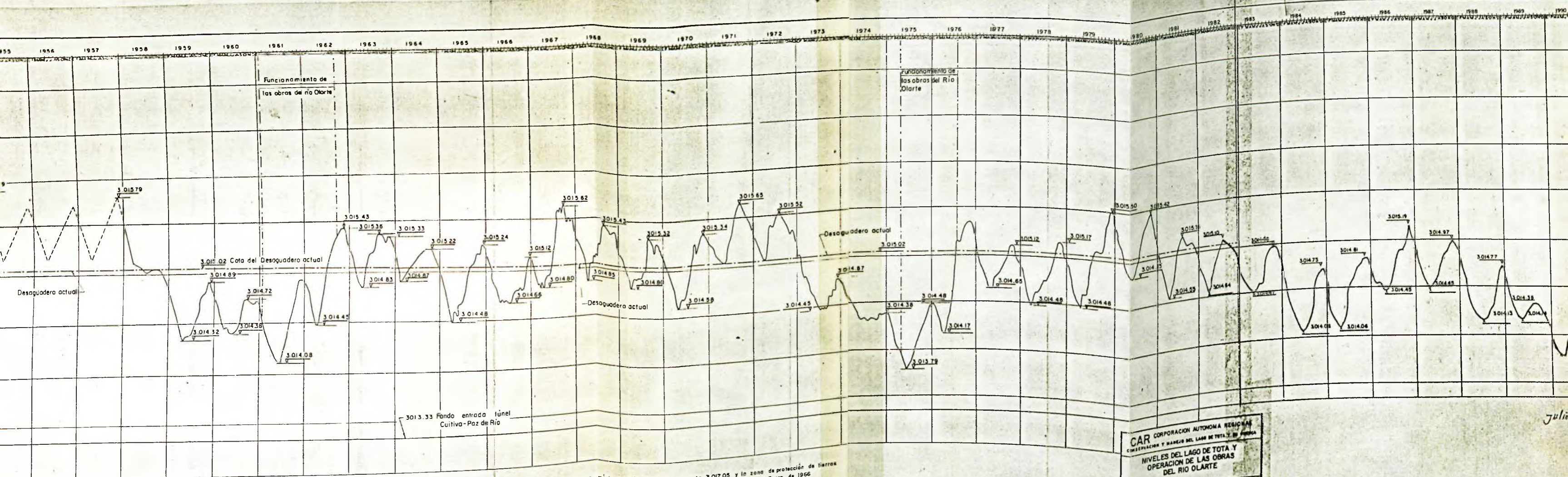
PROGRAMA DE ACTIVIDADES A CORTO PLAZO PARA EL MANEJO Y CONSERVACION DE LA CUENCA DEL LAGO

DESCRIPCION	TIEMPO (años)						TOTAL
	1	2	3	4	5	6	
A OBRAS DE CONVALESCENCIA							9.50
1. Limpieza	(1.40)						
2. Inspección		(1.20)	(1.40)	(1.80)			
3. Construcción							
B OBRAS EN LOS CUERPOS							0.71
1. Obras	(1.40)						
2. Inspección y compra		(0.40)					
3. Mantenimiento		(0.91)					
C OBRAS DE TOVA DE CULTIVA							5.05
1. Obras	(1.40)						
2. Inspección		(1.40)	(1.40)	(1.40)			
3. Construcción, obra civil y montaje							
D PROGRAMA DE REHABILITACION							15.16
1. Construcción de zonas recreativas	(1.40)						
2. Obras de saneamiento		(1.40)	(1.40)				
3. Construcción de		(1.40)	(1.40)	(1.40)	(1.40)	(1.40)	
E OBRAS DE RECONSTRUCCION							20.2
1. Obras	(1.40)	(1.40)					
F INVERSIONES TURISTICAS							2.0
1. Obras			(1.40)	(1.40)			
TOTAL	41.66	34.51	19.83	11.10	9.6	9.6	126.22

NOTA

Los números entre paréntesis muestran la inversión necesaria en millones de pesos constantes de 1970

CAR COMISIÓN EJECUTIVA REGIONAL CONSERVACION Y MANEJO DEL LAGO DE TICA Y LA JIRA		
PROGRAMA DE INVERSIONES A CORTO PLAZO		
ELABORADO:	FECHA:	INDICE INICIAL
PROYECTADO:	FECHA:	
REVISADO:	FECHA:	



...corresponde a las cotas del IGAC.
 ...comienzan a partir de los planos 2042-2, 2042-3 y 2042-5 de aceras Paz del Río S.A.
 ...obras, operada por el HIMAT, comienza a operar en 1968

4- Según la ley 84 de 1968, el nivel de aguas máximas está limitada por la cota 3017.05 y la zona de protección de tierras por la 3019.05, que están localizadas respectivamente a 2 m. y 4 m. por encima del nivel mínimo de Enero de 1966

CAR CORPORACION AUTONOMA REGIONAL
 CONSERVACION Y MANEJO DEL LAGO DE TETA Y DE SUS OBRAS

NIVELES DEL LAGO DE TETA Y OPERACION DE LAS OBRAS DEL RIO OLARTE

Fecha:	Cantidad:	N.º:

Julio