

75-16

*Asistido*



CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA



INFORME CVC No. <sup>75-16</sup> ~~75-16~~  
CONTAMINACION DEL RIO CAUCA  
REGLAMENTACION Y CONTROL  
75-16

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CVC

DEPARTAMENTO DE AGUAS

INFORME CVC No. <sup>75-16</sup> ~~██████████~~

CONTAMINACION DEL RIO CAUCA

REGLEMENTACION Y CONTROL

75-16

NOTA: El presente Informe es el resultado de los estudios efectuados por el Departamento de Aguas de la CVC con la Asesoría de la Organización Mundial de la Salud, Entidad que a través de sus Técnicos ha recomendado los procedimientos de trabajo, evaluado los resultados y propuestos los controles necesarios para evitar el deterioro sanitario del río Cauca.

Cali, abril de 1975

## PREAMBULO

El Consejo Directivo, después de oír y analizar el planteamiento técnico sobre el estudio que el Departamento de Aguas con la asesoría de la Organización Mundial de la Salud realizó para controlar la contaminación del Río Cauca y de los principales cauces del Valle del Cauca, acogió la recomendación presentada por los Doctores Oscar Jaramillo Zuluaga y Juan Berón Caicedo, comisionados por el Consejo para estudiar detenidamente el Informe Técnico titulado "Contaminación del Río Cauca, Reglamentación y Control".

El Consejo resolvió adoptar en principio la Alternativa 1 y su Reglamentación, que se proponen en el mencionado documento, y dispuso que se analizara dicha Alternativa conjuntamente con las entidades regionales privadas y gubernamentales interesadas en la solución del problema.

Concluida la etapa de análisis conjunto, la CVC adoptará en firme las metas de calidad de agua y la reglamentación que se estime más conveniente.

INFORME CVC

75-16  
No. ~~74-17~~

CONTAMINACION DEL RIO CAUCA

REGLAMENTACION Y CONTROL

CONTENIDO

- I.- Introducción
- II- Trabajos efectuados en el campo de la contaminación
- III- Actividades desarrolladas por CVC.
- IV.- Modelo de simulación de calidad
- V.- Interacción con el modelo económico.
- VI.- Conclusiones
- VII- Recomendaciones.

ANEXOS:

- I.- Estudio hidrobiológico del río Cauca
- II- Descripción del modelo de simulación de calidad
- III- Regla de operación del embalse de Salvajina
- IV.- Proyecciones de cargas contaminantes para Cali, Yumbo y las principales industrias.  
Localización general de obras y esquemas de tratamiento.
- V.- Análisis del embalse de Timba
- VI- Gráficos de Oxígeno Disuelto.
- VII- Tablas y gráficos de costos
- VIII- Reglamento tentativo.

## I- INTRODUCCION

Desde hace unos pocos años el estudio del ambiente se ha tornado a la vez que en materia de inquietud y curiosidad, en tema de moda para la prensa, reuniones técnicas, científicas y también de preocupación de la mayoría de los gobiernos. Indiferente al principio, la población termina por reaccionar a causa de reportajes, artículos de prensa y trabajos más o menos sensacionalistas. Cada vez un mayor número de personas aprecian mejor el problema de la contaminación y como consecuencia de ello muestran interés en su solución.

De un momento a otro parece que todos coinciden en su importancia y los términos contaminación, ecología, conservacionismo y saneamiento ambiental, antes reservados al léxico de un número reducido de profesionales y técnicos, son ahora incorporados como términos comunes en la conversación diaria.

A causa de la contaminación, surge una verdad casi incontable: la calidad misma de la vida del hombre se encuentra en juego, o mejor dicho su existencia se halla afectada.

El ambiente está sufriendo en estos momentos un rápido proceso de deterioro y destrucción como consecuencia de:

- El aumento de la población que trae consigo una mayor cantidad de elementos contaminantes en todos los sectores.
- La concentración de la población que produce desechos en cantidades tales que exceden la capacidad de asimilación de la naturaleza y que por otra parte produce formas especiales de molestias, tales como ruidos y radiaciones.

- El proceso de industrialización o sea el aumento de la producción de bienes de consumo, como consecuencia de un desarrollo industrial que coloca en el mercado una mayor cantidad de productos, haciendo que la vida útil o conservación de los mismos se reduzca artificialmente.
- La aplicación de nuevas tecnologías y sus continuas modificaciones, sin estimar a largo plazo los efectos de las mismas.
- El uso abusivo de fertilizantes en el sector agropecuario - que crea muchos problemas de contaminación en aguas, suelos y alimentos.
- El no considerar la contaminación como un problema económico a pesar de que nuestro medio está desprovisto de una riqueza ilimitada.

En la lucha por la preservación del ambiente debemos comenzar a prepararnos y a evaluar los recursos disponibles. Debemos definir la política de lucha contra la contaminación, saber lo que constará y quien lo pagará. En general poner en movimiento los medios técnicos y financieros para su aplicación. Estos medios deben concordar con el desarrollo actual y futuro de nuestro país. La política de protección del medio deberá escogerla el hombre mismo, pues es él quien eligirá el tipo de ambiente que desea en los años venideros.

## II- TRABAJOS EFECTUADOS EN EL CAMPO DE LA CONTAMINACION

Colombia, que marcha aceleradamente en busca de su desarrollo industrial, muestra ya en sus grandes ciudades y en sectores rurales, evidentes pruebas de contaminación de los recursos hídri

cos y en general un proceso de deterioro en algunas áreas de su territorio, tal como sucede en la zona de jurisdicción de la CVC, especialmente en la cuenca del Alto Cauca, en los aspectos relativos a pesca, flora, fauna, bosques, suelos, aguas superficiales y subterráneas.

El río principal es el Cauca que en esta región tiene un desarrollo aproximado de 400 Kms. que atraviesa en un comienzo zonas anteriormente dedicadas a la explotación minera y continúa por importantes zonas de desarrollo urbano e industrial.

El interés por los problemas del entorno en el Valle del Cauca se remonta al año de 1964, época en la cual J.E. Donaldson y C. Dunn, profesores de la Universidad de Tulane efectuaron una tesis denominada " Investigación de desechos que contribuyen a la contaminación del río Cauca", la cual desarrollaron en asociación con la Universidad del Valle y con la colaboración de la CVC. En el año 1967 el profesor Armando Cubillos Z., de la Universidad del Valle, estudió en el tramo comprendido entre Navarro y el río Guachal, la calidad de las aguas del río Cauca. Los resultados de los análisis practicados a las muestras de agua recogidas en las diferentes estaciones en el río durante el año 1967, presentaron diferencias con los resultados consignados por Donaldson y Dunn (1964) que permitieron apreciar los efectos de la contaminación creciente en el río Cauca.

### III- ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR CVC

La CVC, en desempeño de sus funciones inició hace 5 años un programa general para controlar la contaminación de las aguas. En un comienzo, dicho programa se enfocó específicamente al estudio del deterioro de la calidad de las aguas con el objeto de esta-

blecer la reglamentación más adecuada para evitarla o al menos disminuirla.

El programa general planteado inicialmente comprendió:

- 1.- Reconocimiento del problema de contaminación por aspectos físicos.
- 2.- Evaluación de parámetros convencionales.
- 3.- Caracterización de las fuentes de contaminación.
- 4.- Establecimiento de normas y estándares.
- 5.- Estudio e implementación de programas de control para hacer cumplir las normas.

Los resultados de la investigación inicial efectuada por CVC, sobre contaminación del río Cauca, están consignados en el informe 71-8 de la Corporación y para completar los análisis físico-químicos desarrollados, se hizo un estudio hidrobiológico para visualizar cuales serían las alteraciones que sufriría el medio al construirse la presa de Salvajina y cual la solución más aconsejable. Las conclusiones y recomendaciones de este estudio se incluyen en el anexo No. 1.

Después de adelantar parte de los items mencionados, se llegó a la conclusión de que el problema de la contaminación de las aguas del río Cauca y de sus principales tributarios, no podía tratarse en forma independiente a otros usos de agua, especialmente si se tiene en cuenta que una de las soluciones consiste en el aumento de caudales en períodos secos y ello equivale a sacrificar agua para-

otros usos. Por lo tanto, se decidió involucrar el estudio en referencia dentro del planeamiento general de los recursos hídricos de la cuenca del alto Cauca que se inició en el año 1973 con la asesoría de la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Como el problema era complejo se utilizaron técnicas de Análisis de Sistemas para ejecutar en un comienzo un Modelo de Calidad y posteriormente un Modelo Económico que sirviera de guía en el estudio de las diferentes alternativas que se presentan para resolver problemas de este tipo.

Como el aumento de los vertimientos municipales e industriales a las corrientes receptoras trae como consecuencia un deterioro en su calidad, fué necesario:

- 1.- Hacer un diagnóstico ( muestreo ) en los principales rios para conocer la calidad actual de sus aguas.
- 2.- Hacer proyecciones en población y en cargas contaminantes para conocer la variación de la calidad en un período de tiempo propuesto. Estas proyecciones de calidad se efectuaron aplicando un Modelo de Simulación que se denominó "Simulación de Oxígeno Disuelto-Simox". Este Modelo utiliza como base la ecuación de Streeter y Phelps, incluyendo, si se desea, cargas de ribera y cargas bentaes.
- 3.- Plantear varias alternativas de políticas a seguir en cuanto a grado de calidad se refiere y en cada corriente superficial. En el caso del río Cauca, su trayecto se dividió en los siguientes tramos que se ajustan a los usos actuales y esperados de sus aguas:

<u>TRAMOS</u>	<u>USO</u>	<u>PARAMETROS BASICOS</u>
Salvajina-Rio Desbaratado.	Recreación Protección ecológica	Oxígeno Disuelto-Nitrógeno-Fósforo-Coliformes fecales.
Río Desbaratado-Bocatoma Acueducto Cali	Agua potable Abastecimiento Industrial	Coliformes fecales-Detergentes Fenoles-Tóxicos.
Bocatoma Acueducto Cali- Pto. Viejo	Protección estética- Abastecimiento Industrial Descargas de Aguas residuales.	pH- Sílice-Demanda Química de oxígeno. Oxígeno disuelto.
Pto. Viejo- La Virginia.	Riego-Recreación Protección Ecológica.	Sodio-Calcio-Magnesio Conductividad- Boro - Alcalinidad. Oxígeno disuelto- Nitrógeno-Fósforo-Coliformes fecales.

Los anteriores usos del agua fueron restricciones en el Modelo de Calidad antes anotado.

En general, los propósitos tradicionales del desarrollo de los recursos hidráulicos o sea; la navegación, control de inundaciones, generación hidroeléctrica, irrigación y consumo urbano e industrial, le dan énfasis a la cantidad del agua; los nuevos propósitos como la conservación de la fauna y la flora, recreación, control de la contaminación, etc. le dan énfasis a la calidad.

La complejidad de combinar los propósitos tradicionales y los nuevos, para satisfacer las diferentes necesidades con un recurso limitado de agua, ha sido reconocida por el hombre y se ha definido que la adecuada planeación de los recursos hidráulicos es la única herramienta para encontrarle soluciones a estos problemas.

#### IV- MODELO DE SIMULACION DE CALIDAD

El propósito general de este Modelo es el de calcular la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO) y la concentración mínima de oxígeno (OD) a lo largo de un río. El modelo tiene las siguientes características:

- 1.- Compara la concentración de Oxígeno en un punto dado con un mínimo permisible establecido y si está por debajo de este nivel, calcula el agua de dilución necesaria para que el nivel de oxígeno sea superior al mínimo establecido.

El usuario del modelo determina la localización de las fuentes de agua de dilución así como su cantidad y calidad.

- 2.- El modelo considera solo cargas contaminantes de tipo orgánico. El usuario puede simular plantas de tratamiento especificando el porcentaje de remoción.
- 3.- La simulación se hace aplicando repetidamente la ecuación de Streeter-Phelps.

En el anexo No. 2 se da una descripción más completa del funcionamiento del Modelo.

Desde un principio se fijaron tres alternativas correspondientes a tres estados de calidad del agua del río Cauca, cuyos análisis y consecuencias se presentan más adelante para que las Directivas de la Corporación, a la luz de los hechos y costos, adopte la más apropiada para la región.

V.- INTERACCION CON EL MODELO ECONOMICO

Como existían usos aparentemente competitivos del recurso hídrico, se buscó su optimización mediante la aplicación de un Modelo Económico, cuya función objetivo busca la maximización de beneficios netos, considerando los siguientes usos del agua.

Hidroeléctrico  
Irrigación  
Abastecimiento  
Dilución

Una de las restricciones del Modelo Económico fueron las curvas-límites de oxígeno disuelto adoptadas (mínimo 1 vez en 10 años) para cada una de las tres alternativas. Estos límites son:

Alternativa 1	-	0.5 Mg/litro
Alternativa 2	-	1.5 Mg/litro
Alternativa 3	-	3.0 Mg/litro

Del análisis de sensibilidad efectuado al Modelo Económico se pudo colegir que las áreas de riego pueden estudiarse independientemente e igual cosa puede hacerse con el Modelo de Calidad. Por lo tanto se decidió emplear los recursos humanos al Modelo de Calidad y posteriormente enfrentar el estudio de las áreas de riego en forma más detenida.

VI.- CONCLUSIONES

1.- Del resultado de los modelos aplicados (SIMOX en varias condiciones y períodos, así como el Económico) se encontró

que si bien la presa de Salvajina es conveniente para propósitos de producción de energía, control de crecientes y aumento de flujos mínimos, no es necesaria para propósitos de riego.

Existe suficiente agua superficial y subterránea disponible y adecuada para la expansión de irrigación a tierras agrícolas en los sistemas tributarios del río Cauca; esa expansión es además económicamente conveniente y aconsejable.

- 2.- Desde Diciembre a abril el valor de la energía es alrededor del 20% mayor. Teniendo en cuenta los promedios históricos de febrero, marzo y abril de los caudales que llegan a Salvajina, el excedente de los volúmenes en esos meses sobre lo necesario para operar continuamente una unidad hidroeléctrica es de 250 millones de metros cúbicos.

Si en vez de usar esos 250 millones de  $m^3$  para producir más energía se almacenan para control de contaminación se tendrá una pérdida aparente anual de US\$ 99.000 (ver anexo 3).

- 3.- Los estudios de control de crecientes han mostrado que debe mantenerse un nivel mínimo en el embalse de Salvajina durante los meses de Noviembre, Diciembre y Enero.
- 4.- Si se descargan durante los meses de Julio a Octubre los 250  $Mm^3$  antes mencionados, de tal modo que conjuntamente con el aporte de tributarios entre Salvajina y Juanchito produzcan un caudal constante en este último lugar, los modelos SIMOX demostraron que el efecto de este flujo de dilución es equivalente al aplazamiento en 5 años de la construcción de una planta de tratamiento de 95% de eficiencia

para 775.000 habitantes aproximadamente, en la zona de Cali Yumbo, así como de tratamientos primarios en industrias mayores de la zona.

Se hace notar que esto se produce para la situación real del río Cauca y dentro de ciertos alcances cualquiera sea la curva límite de oxígeno disuelto mínimo que se adopte.

El esquema general de conducciones para tratamiento, las características, localización y costos de las plantas están indicadas en el Anexo 4 de este informe.

- 5.- De análisis económico (Anexo 5) efectuados conjuntamente con estudios de efectos de cargas de demanda de oxígeno, se vió que el embalse eventual del río Timba no ofrece ventajas con respecto a la sustitución temporaria de plantas de tratamiento.
- 6.- El uso de los 250 Mm<sup>3</sup> propuestos para almacenar en el embalse de Salvajina representa un ahorro (por aplazamiento en la construcción de plantas de tratamiento) de US\$ 7.37 x10<sup>6</sup> (Alt. 1), US\$ 2,17 x 10<sup>6</sup> (Alt.2), US\$ 5,28 x10<sup>6</sup> (Alt.3).
- 7.- Si se distribuyen los costos de presa y embalse de Salvajina proporcionalmente a los beneficios netos de los usos que se relacionan con esa presa (energía eléctrica, control de crecientes y control de contaminación), resulta que los porcentajes correspondientes a este último uso (dilución) son de 10,4 ,3,3 y 7,7 para las 3 alternativas respectivamente (Anexo 3). Estos valores pueden sufrir modificaciones cuando los beneficios netos sean revisados en lo que corresponde a control de crecientes y energía eléctrica.
- 8.- La repetida aplicación de los modelos ha permitido confec -

cionar los cuadros de alternativas que se adjuntan. Cada alternativa ( que presenta la elección de una poligonal límite de oxígeno disuelto a lo largo del río Cauca) está mostrada en las figuras 1-29 del Anexo 6.

Los cuadros y gráficos del Anexo 7 muestran la diferencia en costos de capital y de operación-mantenimiento como consecuencia de la elección de cada alternativa.

- 9.- Se ha formulado un reglamento tentativo de control de contaminación de aguas en la cuenca del río Cauca. De este reglamento, que es consecuencia de todos los estudios realizados, se presentan tres ejemplares (Anexo 8) que corresponden cada uno a las alternativas anteriormente citadas.

El reglamento contiene 4 capítulos:

- I.- Consideraciones generales (que indica las líneas de acción de las entidades con competencia en la materia).
- II.- Metas de calidad de aguas (que establece la calidad de aguas que exigirá CVC, adaptadas a la situación del río Cauca y de acuerdo a los avances científicos hasta hoy).
- III.- Mecanismo de control (que presenta los plazos y procedimientos que aplicará CVC para alcanzar racional y adecuadamente las metas).
- IV.- Control de efluentes (que fija con precisión lo que debe realizar cada usuario, los alcances y

tipos de los tratamientos de aguas residuales y las fechas de cada realización).

## VII.- RECOMENDACIONES

- 1.- Se cree recomendable la adopción de la Alternativa I presentada, por las siguientes razones:
  - a.- Existirá una mejora razonable de la situación actual no obstante los crecimientos poblacionales e industriales previstos.
  - b.- La protección de ciertas especies se ha tomado en cuenta especialmente en época del año y en lugares que afectan su reproducción. No debe olvidarse que la curva o poligonal límite de oxígeno disuelto, se toma para las peores condiciones previstas con una periodicidad de una vez en 10 años y que se controlarán temperatura y toxicidad; todo ello hasta el año 2000 como mínimo.
  - c.- Las cargas económico-financieras que representan las alternativas II y III no compensan, a nuestro juicio, las mejoras que se lograrían en caso de su adopción.
  - d.- Los costos derivados de la adopción de la Alternativa I son razonables y se estiman del alcance de los involucrados en su pago.
- 2.- Las acciones técnicas y administrativas implicadas en la ejecución del Reglamento, representan un programa complejo para lo cual deberá integrarse un grupo de trabajo más am-

plio que el que constituye actualmente el Laboratorio de Aguas. Solamente así se podrá llevar a cabo lo que involucra el programa de modo que el control que se ejerza y las obras que se realicen sea ejemplo, no solo para Colombia sino para otras regiones de América Latina.

CON SALVAJINA (95M<sup>3</sup>/seg)

	CURVA 1	CURVA 2	CURVA 3
1980	No es necesario	1 U en Cali 1 P en Yumbo Primario Industria	5 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria
1985	No es necesario	4 U en Cali 1 P en Yumbo P en Industria	8 U en Cali 1 P Yumbo P Industria
1990	4 U Cali 1 P Yumbo P Industria	7 U Cali 1 E Yumbo P Industria	10 U en Cali 1 P Yumbo P Industria 2 UI en Yumbo
1995	7 U Cali 1 P Yumbo P Industria	11 U en Cali 1 P Yumbo P Industria	14 U en Cali 1 P Yumbo P Industria 4 UI en Yumbo
2000	11 U Cali 1 P Yumbo P Industria	16 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria	17 U en Cali 1 P Yumbo P Industria 4 UI en Yumbo

SIN SALVAJINA (45M<sup>3</sup>/seg)

	CURVA 1	CURVA 2	CURVA 3
	No es necesario	1 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria	6 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria
	3 U Cali 1 P Yumbo P Industria	5 U Cali 1 P Yumbo P Industria	7 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria 1 UI en Yumbo
	6 U Cali 1 P Yumbo P Industria	8 U Cali 1 P Yumbo P Industria	11 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria 2 UI en Yumbo
	9 U Cali 1 P Yumbo P Industria	13 U Cali 1 P Yumbo P Industria	14 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria 4 UI en Yumbo
	15 U Cali 1 P Yumbo P Industria	16 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria 1 UI en Yumbo	17 U en Cali 1 P en Yumbo P Industria 4 UI en Yumbo P. Poblaciones.

ANEXO I

ESTUDIO HIDROBIOLOGICO DEL RIO CAUCA

Conclusiones, Recomendaciones y Efectos

(Tomado del Informe presentado por el Dr.  
Aristides Almeida Rocha, Consultor de la OPS).

ANEXO No. 1

ESTUDIO HIDROBIOLOGICO DEL RIO CAUCA

CONCLUSIONES RECOMENDACIONES Y EFECTOS

(Resumen del informe presentado por el Dr. Aristides Almeida Rocha, Consultor de la OPS).

Conclusiones

- 1.- A través de los datos fisicoquímicos existentes y de los análisis efectuados en un muestreo piloto del 15 al 23 de noviembre de 1973, se evidenció la existencia de una fauna y flora acuáticas en el río Cauca, que necesitan ser mejor conocidas. Por lo tanto, es preciso el establecimiento de un programa permanente de muestreo hidrobiológico en paralelo al programa de análisis fisicoquímico y bacteriológico que ya se está desarrollando.
- 2.- En base al muestreo hidrobiológico piloto y a los datos fisicoquímicos existentes, se puede establecer un programa de muestreo permanente a lo largo del río Cauca.
- 3.- También en base a las observaciones de campo y al estudio de informes anteriores, se verificó la existencia de una zona polucionada (barrera de polución) que tiene real influencia sobre la ecología de los peces.
- 4.- Se verificó además, que el buchón eichornia (lechuguilla), tiene influencia para la ecología general por construir habitat de pequeños animales lo que se evidencia por la presencia

de aves como garzas y otras. Se observó también que al ser -- transportado por la corriente aguas abajo, se descomponen -- causando mal olor e influyendo así, en la calidad del agua.

- 5.- Con relación a las obras de la CVC para defensa e inundaciones, además de los diques existentes, merece destacarse el futuro embalse de Salvajina, cuya construcción alterará el régimen fluvial. Este hecho provocará la desaparición de muchas madre viejas y ciénagas, influyendo en la biología de los peces y en especial del bocachico".

#### Recomendaciones

- 1.- "Como consecuencia de las alteraciones constatadas en la ecología y, como medida de protección, cuando se sospeche el efecto causado por un determinado desecho industrial sobre la fauna acuática en general, se recomienda realizar pruebas de toxicidad a través de bioensayos, cuyos resultados son expresados en L.T.M. (límite de tolerancia media), esto es la concentración de sustancias o residuos que mata el 50% de los animales de prueba, en períodos de 24, 48 ó 92 horas. Estos ensayos y análisis de pesticidas y detergentes podrán ser hechos para conocer el grado de influencia de la barrera de contaminación existente entre el canal de Navarro y Mediacanoa.
- 2.- Para el control de vegetales superiores en pequeños embalses o en bahías de grandes embalses, se puede efectuar su arrastre con rastrillos tirados por tractor o con aplicación de herbicidas.

Para vegetales superiores, en especial el buchón "eichornia-crassipes" se puede efectuar la aplicación del 2-4 D (ácido-2-4 diclorofenoxiacético) que parece no afectar con intensi-

dad a los peces.

- 3.- Teniendo en cuenta la barrera de polución ya existente y la futura construcción del embalse de Salvajina que deberá alterar las condiciones hidrológicas en el río Cauca, se recomienda iniciar los estudios de marcación de peces que ya están programados, para conocimiento de la biología del bocachico.
- 4.- Concluidos esos estudios se recomienda verificar si es o no conveniente la introducción en la futura represa del "Prochilodus vimboides" que es un Prochilodontidas típico de lagunas.
- 5.- Se recomienda ensayar también técnicas de hipoficación, como ya fue recomendado en el anteproyecto del plan de desarrollo piscícola para el Valle del Cauca.
- 6.- Para que todo este inmenso programa pueda ser desarrollado, se recomienda el montaje por la CVC de un laboratorio de hidrobiología".  
(hasta aquí las Conclusiones y Recomendaciones de Almeida - Rocha).

Respecto a los efectos en la ictiofauna anota él:

"Los accidentes físicos como cascadas y rápidos, constituyen obstáculos naturales a migraciones de peces. A esas regiones de ambiente lótico suceden aguas estancadas y sitios de mayor profundidad donde el ambiente léntico facilita la existencia, en general de una variada fauna ictiológica. En épocas de invierno, con el aumento de la lluvia y consecuente desbordamiento del río, las especies de peces reofílicas nadan aguas arriba en busca de alimentos contenidos en la corriente. No pudiendo transponer esas barreras naturales, los peces que están en "subienda" pa -

ran en las aguas inmediatamente abajo de las corrientes, cascadas, etc.

Aunque para algunas especies el desove sea coincidente con la migración aguas arriba, de un modo general no se tiene comprobado la necesidad de que los peces de agua continental lleguen hasta las cabeceras de los ríos para desovar. Este fenómeno es característico de los peces anadromos y es típico de la familia salmonidas (salmón y trucha). Así es que la técnica de construcción de escaleras para la subida de peces, junto a las presas, dan efecto positivo sólo en regiones donde las especies que predominan sean salmonídeos como ocurre en Pensylvania, Estados Unidos. Como ejemplo, puede anotarse que en Sao Paulo, Brasil, se construyeron 32 escaleras y solo una (1) de 3.5 mts. de altura y 5 gradas, construida en 1942, están en funcionamiento.

En Suecia la construcción de presas disminuyó el número de salmonídeos. Fueron entonces construidas estaciones de piscicultura con corrientes artificiales que producen hasta 2 millones de ejemplares al año, que son lanzados en los ríos. De un modo general las presas y embalses provocan alteraciones en los ambientes fluviales, produciendo inmediatamente después de su construcción (y por un período que se extiende de 1 a 15 años) los siguientes efectos en los peces:

- 1.- Alteraciones del ritmo migratorio
- 2.- Producción de fauna parasítica.

Como la mayor parte de los peces de los ríos dependen de la dinámica fluvial para su nutrición y fenómeno reproductivo (fecundación externa de los gametos) que en general ocurren cuando

el nivel del agua está en ascensión y nunca cuando está bajando, con la construcción de presas la interrelación de ese ambiente-- es alterada y por lo tanto el equilibrio ecológico.

Así, decenas de millares de peces que quedaron aguas arriba de la presa, podrán vivir algunos años y otros tantos vivirán río abajo. Estos peces se reproducirán en proporciones tan pequeñas que ninguna actividad industrial piscícola será efectiva. En general en esos ambientes empieza a reproducirse especies menores y de bajo valor económico no apreciable para pescado.

Otra consecuencia de los represamientos para la fauna ictiológica puede ser el surgimiento de una fauna y flora parasítica que podrá envolver no solo la vida animal sino también la actividad humana.

Habiendo la necesidad de importación de peces de otros sitios, - existe la posibilidad de introducir parásitos que pueden atacar la fauna autóctona existente.

En los ambientes represados aparecerán aves acuáticas aumentando la relación fauna-parasitosis.

Las medidas de protección de un embalse dependerán de las finalidades a las que se destine el agua almacenada.

En general esas finalidades son antagónicas desde el punto de vista de la calidad del agua deseable en cada caso. Así por ejemplo, un embalse destinado solo al desarrollo de la piscicultura en términos comerciales, debe ser rico en nutrientes que facilite el desarrollo del plancton que es el elemento básico de la nutrición del pez. Ese embalse puede ser también utilizado sin nin

gún perjuicio para navegación o práctica de deportes náuticos, -  
así como para la producción de energía hidroeléctrica.

Para abastecimiento de agua potable, puede presentar problemas -  
de sabores y olores. Estos hechos no implican una objeción tasa-  
tiva al desarrollo de una piscicultura equilibrada en embalses -  
utilizados para abastecimiento y no se podrá esperar un máximo -  
rendimiento pues la alta productividad está siempre condicionada  
a una elevada eutrificación, la cual es indeseable desde el pun-  
to de vista de la potabilidad".

ANEXO II

DESCRIPCION DEL MODELO DE SIMULACION DE CALIDAD

## ANEXO No. 2

### DESCRIPCION DEL MODELO DE SIMULACION DE CALIDAD

#### I- CARACTERISTICAS PRINCIPALES

1.- El modelo compara la concentración de oxígeno en un punto - dado con un mínimo permisible establecido y si está por debajo de este nivel calcula el agua de dilución necesaria para que el nivel de oxígeno sea superior al mínimo establecido.

El usuario del modelo establece la localización de las fuentes de agua de la dilución, así como sus características - (BBO, OD) y cantidad disponible.

2.- El modelo considera solamente cargas contaminantes de tipo orgánico. El usuario puede simular plantas de tratamientos - especificando el porcentaje de remoción.

3.- El modelo no es útil para simular calidad de agua en embalses o lagunas puesto que hasta el momento no existe un método preciso para predecir la concentración de oxígeno disuelto para estos casos.

#### II- ECUACION BASICA

La simulación se hace aplicando repetidamente la ecuación de Streeter Phelps, donde el déficit de oxígeno y la DBO varían - según:

$$D_t = \frac{K_1}{K_2 - K_1} L_a (e^{-K_1 t} - e^{-K_2 t}) + D_a e^{-K_2 t}$$

$$L_t = L_a e^{-K_1 t}$$

Da = Déficit inicial de oxígeno disuelto (mg/lt)

Dt = Déficit de oxígeno disuelto después de un tiempo t

t = Tiempo de viaje del agua (días)

La = DBO 20 días inicial (mg/lt)

Lt = DBO 20 días después de un tiempo t (mg/lt)

K1 = Constante de desoxigenación (1/día)

K2 = Constante de reaeración (1/día).

### III- CALCULO DE K2

Cuando la constante de reaeración debe ser calculada por el programa, se utiliza la ecuación de O'CONNOR para su determinación.

$$K_2 = \frac{3.938 V^{1/2}}{H^{3/2}} \quad \begin{array}{l} K_2 \text{ en} \\ \text{Base } e \\ \text{A } 20^\circ\text{C} \end{array}$$

donde V y H se obtienen de :

$$V = a Q^b$$

$$H = c Q^d$$

Q : Caudal del tramo (m<sup>3</sup>/seg)

V : Velocidad media del tramo (mt/seg)

H : Profundidad media del tramo (mt)

a,b,c,d : parámetros que se obtienen por regresión en base a los registros de aforo en cada tramo.

IV- CORRECCION DE K1 y K2 POR TEMPERATURA

$$K1, T = K1,20 \times 1.047^{(T-20)}$$

$$K2, T = K2,20 \times 1.0159^{(T-20)}$$

K1, T K2, T : Valores corregidos de K1 y K2

K1,20 K2,20: Valores de K1, y K2 a 20°C

T : Temperatura media del agua en la Sección (°C).

V.- CONVERSION DE DBO 5 DIAS A DBO 20 DIAS

Como la ecuación de Streeter Phelps utiliza los valores de DBO a los 20 días (DBO última primera etapa), y los datos del programa son de DBO a los 5 días, éstos deben transformarse a DBO 20 días, lo cual puede hacerse usando la siguiente expresión:

$$L_{20} = \frac{DBO_5}{1 - e^{-5K1}}$$

L 20 = Demanda bioquímica de oxígeno a los 20 días

DBO<sub>5</sub> = Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días

K1 = Constante de desoxigenación de la descarga, corregida por efectos de temperatura.

VI- CALCULO DEL OXIGENO DISUELTO DE SATURACION

$$C_s = (14.62 - 0.3896 T + 0.006969 T^2 - 0.00005897 T^3)$$

$$(1 - 0.0000229 e^{-5.167 T})$$

(Texas Water Development Board)

Cs = Concentración de saturación de oxígeno (mg/lt), se calcula para cada Sección).

T = Temperatura media del agua en la Sección (°C).

E = Elevación media de la Sección (mt).

VII. BALANCES DE OXIGENO DISUELTO Y DE DBO

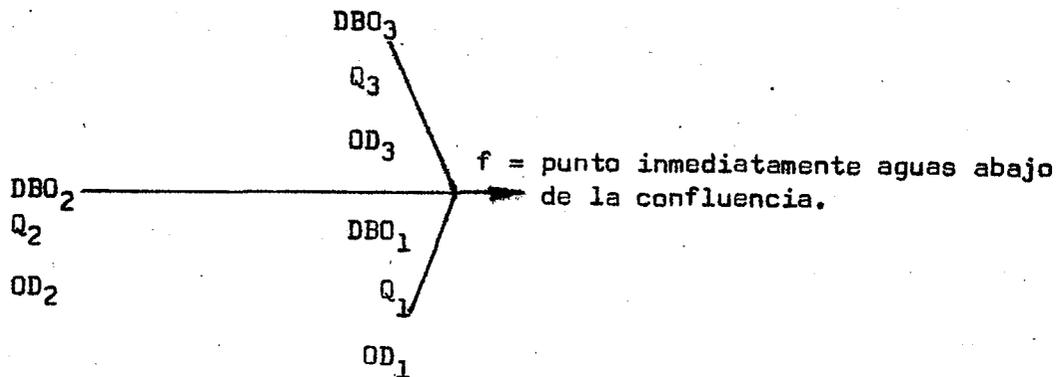
$$ODF = \frac{\sum_{i=1}^n ODi \quad Qi}{\sum_{i=1}^n Qi}$$

$$\sum_{i=1}^n Qi$$

$$DBOF = \frac{\sum_{i=1}^n DBOi}{\sum_{i=1}^n Qi}$$

$$\sum_{i=1}^n Qi$$

Estas fórmulas se aplican en el desarrollo del programa utilizando los valores de Qi, DBOi, ODi indicados, para las diferentes situaciones en que se deben hacer balances.



VIII-CALCULO DEL CAUDAL REQUERIDO PARA SATISFACER EL OXIGENO MINIMO PERMITIDO

Cuando el oxígeno disuelto toma valores por debajo del nivel mínimo permitido se calcula el caudal adicional requerido para satisfacer la condición de oxígeno establecida. Una buena aproximación para ello es:

$$Q_R = Q \left[ \frac{OD_1 - OD}{C_s - OD_1} \right] + 0.15 \left[ \frac{OD_1 - OD}{C_s - OD_1} \right]^2$$

Q = Caudal del tramo para el que se presenta el nivel OD

OD = Oxígeno disuelto real del tramo que no satisface el nivel mínimo.

OD<sub>1</sub> = Oxígeno disuelto mínimo permitido en el tramo

Q<sub>R</sub> = Caudal adicional requerido para satisfacer el valor OD<sub>1</sub>

C<sub>s</sub> = Concentración de saturación de oxígeno disuelto.

IX- DISTRIBUCION DEL CAUDAL REQUERIDO PARA DILUCION

El caudal disponible en cada una de las Secciones de cabecera que pueden aportar el tramo que requiere Q<sub>R</sub>, calculado en el numeral anterior será:

$$(Q_{F_i}) = (Q_{MAX})_i - (Q_c)_i$$

El total disponible QFT

$$QFT = \sum_i (Q_{F_i})$$

i = Sección posible

El programa reparte en forma proporcional a la disponibilidad de cada fuente:

$$(Q'c)_i = (Qc)_i + \frac{QR \times QF_i}{QFT}$$

- Q = Caudal del tramo en el que se presente el nivel OD
- QR = Caudal adicional requerido para satisfacer el nivel mínimo ODI.
- (QMAX)<sub>i</sub> = Caudal máximo disponible en la Sección i.
- (QC)<sub>i</sub> = Caudal en el tramo de cabecera de la Sección i, cuando se presenta el nivel OD.
- (QF)<sub>i</sub> = Caudal disponible en la Sección i.
- QFT = Caudal total disponible.
- (Q'C)<sub>i</sub> = Nuevo caudal en el tramo de cabecera de la Sección i.

#### X- FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

##### 1.- PROGRAMA PRINCIPAL

- 1.- Establece las condiciones de nivel mínimo de oxígeno y porcentajes de tratamiento de los desechos.
- 2.- Ajusta el coeficiente de desoxigenación por efectos de temperatura.
- 3.- Convierte a DBO 20 la DBO de las descargas y el flujo incremental, puesto que están dadas a 5 días.
- 4.- Lleva el control de desarrollo del modelo

2.- SUBROUTINA EJNUD

- 1.- Pasando en orden ascendente por todos los nudos controla la simulación de todas las Secciones señalando aquellas que han sido simuladas.

3.- SUBROUTINA BLNCE

- 1.- Calcula el flujo total aguas abajo de cada nudo sumando los flujos finales de las Secciones que convergen a dicho nudo.
- 2.- Calcula la DBO y el oxígeno disuelto inmediatamente aguas abajo de cada nudo por medio de un balance de masas.

4.- SUBROUTINA SOLSC

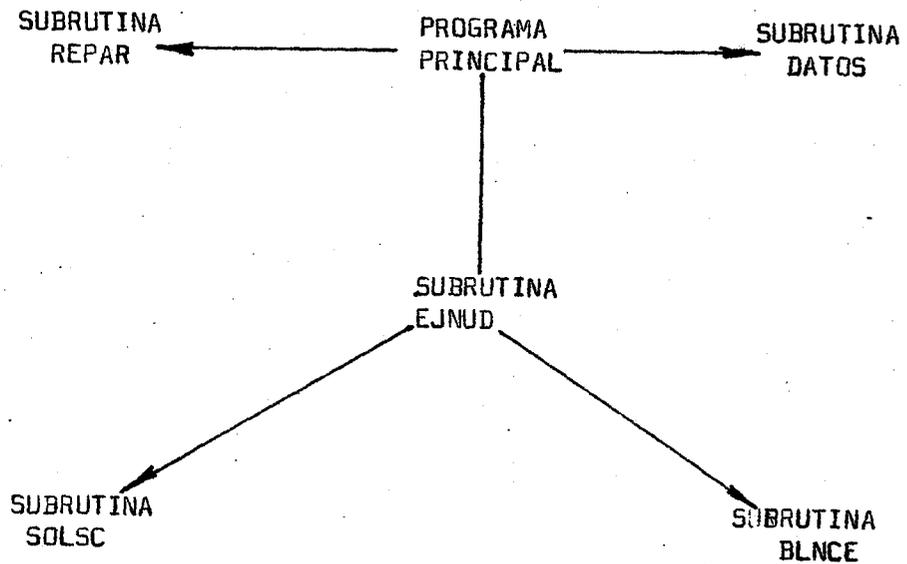
- 1.- Calcula el oxígeno disuelto de saturación para cada Sección,
- 2.- Establece las condiciones iniciales para cada tramo.
- 3.- Calcula la velocidad, profundidad media y el tiempo de tránsito para cada tramo.
- 4.- Calcula el coeficiente de reaeración según la especificación dada.
- 5.- Ajusta el coeficiente de reaeración por efectos de temperatura.
- 6.- Divide cada tramo en 10 subtramos.

- 7.- Usando la ecuación de Streeter y Phelps calcula la DBO y el oxígeno disuelto al final de cada subtramo.
- 8.- Calcula el nivel mínimo (simulado de oxígeno de cada tramo y la distancia a que se presenta).
- 9.- Calcula la cantidad de flujo de dilución necesario para satisfacer el nivel mínimo (establecido) de oxígeno disuelto.

5.- SUBROUTINA REPAR

- 1.- Localiza las cabeceras con agua de dilución disponible y utilizable para solucionar el déficit de O.D.
- 2.- Distribuye el agua de dilución necesaria entre las cabeceras localizadas en el punto anterior, proporcionalmente al flujo disponible en dichas cabeceras.

6.- DIAGRAMA DE BLOQUES



El programa se divide en los siguientes bloques principales:

- a) PROGRAMA PRINCIPAL
- b) SUBROUTINA DATOS
- c) SUBROUTINA EJNUD
- d) SUBROUTINA BLNCE
- e) SUBROUTINA SOLSC
- f) SUBROUTINA REPAR

#### XI- AJUSTE DE PARAMETROS

El ajuste de los parámetros básicos del modelo (constantes de desoxigenación y reaeración) se obtuvo mediante simulación de las condiciones existentes en el río Cauca.

A pesar de que el ajuste de la curva de D.B.O es bastante precisa, las concentraciones de oxígeno disuelto en el río obtenidas por el modelo son mayores a las reales. Esto se explica por las descargas procedentes de diversas minas a lo largo del río y de la zona industrial de Yumbo, que ejercen una demanda química de oxígeno no considerada por el modelo.

#### XII- SIMULACION DE CONDICIONES FUTURAS

Con la proyección de las cargas contaminantes para diferentes años, con una política de calidad definida y diversos porcentajes de tratamiento, se determinaron las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del río Cauca y la cantidad de agua de dilución necesaria, datos que permiten obtener una combinación a costo mínimo de plantas de tratamiento y embalses destinados a dilución.

ANEXO III

REGLA DE OPERACION DEL EMBALSE DE SALVAJINA

REGLA DE OPERACION DEL EMBALSE DE SALVAJINA Y DISTRIBUCION

DE BENEFICIOS GENERADOS POR LA PRESA

- 1.- En Noviembre, Diciembre y Enero se debe mantener el nivel mínimo en el embalse por razones de control de crecientes.
- 2.- En Febrero, Marzo y Abril, el valor de la energía pico es alrededor de 20% mayor, por razones de intercambio del sistema interconectado nacional y la sustitución de importación de este sistema con Salvajina sería lo lógico. Entonces, bajo éste punto de vista se debería generar a capacidad total (90 MW<sup>2</sup> o sea <sup>233</sup> 360 m<sup>3</sup>/s) durante 6 horas al día.
- 3.- Con una unidad hidroeléctrica trabajando continuamente en Febrero, Marzo y Abril, se tiene:

✓  
 $116,5 \times 3600 \times 24 \times 90 = 910 \text{ Mm}^3$

El volumen total aportado por el río Cauca en los meses de Febrero, Marzo y Abril será:

$$(153.8 + 139.2 + 152.3) \times 3600 \times 24 \times 30 = 1159 \text{ Mm}^3$$

$$\text{La diferencia es de } 1159 - 910 = 249 \text{ Mm}^3$$

Este volumen sería el que, para valores promedios, se podría transferir a la temporada Julio-Noviembre (4 meses).

COSTO DEL VOLUMEN DE AGUA TRANSFERIDO

Si en vez de transferir los 249 Mm<sup>3</sup> a la temporada Julio-Noviembre

se utiliza para generar en los meses de Febrero, Marzo y Abril, se tiene:

Caudal necesario para las ~~14~~ turbinas restantes =  $233 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tiempo posible de generación =  $\frac{249 \times 10^6}{233 \times 2600} = 297$  horas.

Las ~~14~~ turbinas producen ~~100~~ MW por hora.

La diferencia de precio en los dos períodos es de \$ 50.000 el -- GWh.

Por lo tanto el costo de la transferencia de los  $249 \text{ Mm}^3$  es de:

$$C = 297 \times 0.18 \times 50000 = \$ 2.673.000.00$$

Si 1 dólar = 27 pesos tenemos:

$$C = \frac{2.673.000.00}{27} = \text{US } \$ 99.000 \text{ por año}$$

BENEFICIOS PRODUCIDOS POR LA TRANSFERENCIA DE LOS  $249 \text{ Mm}^3$  AL PERIODO JULIO-NOVIEMBRE.

Suponiendo la situación más crítica (desde el punto de vista de la dilución) en la cual toda el agua del río Cauca se utiliza para generación, se presentan dos alternativas.

- 1.- Generar el máximo posible y por lo tanto no reservar agua para fines de dilución.

En éste caso, en los meses Julio-Noviembre no se tiene agua disponible para dilución procedente del embalse de Salvajina.

Las configuraciones de tratamiento necesarias para cumplir-- los requerimientos de calidad tendrían los siguientes costos ( en 1975).

	<u>al 12%</u>	<u>al 10%</u>
Alternativa 1:	19.15 x 10 <sup>6</sup> US\$	23,08 x 10 <sup>6</sup>
Alternativa 2:	28.12 x 10 <sup>6</sup> US\$	
Alternativa 3:	49.53 x 10 <sup>6</sup> US\$	

2.- Generar con una sola turbina en los meses de Febrero, Marzo y Abril, almacenado así 250 Mm<sup>3</sup> para ser usados como agua de dilución en el período Julio-Noviembre.

Las configuraciones de tratamiento que resultan de tener disponible éste volumen de dilución tienen los siguientes costos (costo de la configuración de tratamiento + costo de agua de dilución):

Costo de agua de dilución = <sup>95,460</sup> US\$ 99000 por año 812,746  
847.886  
r=10%

= 739.530 en 20 años (valor presente en 1975, r = 12%)

Alternativa 1:	11.04 + 0.74 = 11.78 x 10 <sup>6</sup> US\$	( <u>al 10%</u> ) 14,00 + 0,81 = 14,81 x 10 <sup>6</sup>
Alternativa 2:	25.21 + 0.74 = 25.95 x 10 <sup>6</sup> US\$	
Alternativa 3:	43.51 + 0.74 = 44.25 x 10 <sup>6</sup> US\$	

( Ver anexo 7 )

DISTRIBUCION DE BENEFICIOS

Los beneficios generados durante la vida útil de la presa de Salvajina (50 años), calculados en el informe O.T.C. del Japón y calculados por el método de Beneficio Remanente son los siguientes:

Generación Hidroeléctrica	43.8 M US\$
Control de Crecientes	26.8 M US\$

Los beneficios y costos atribuidos a la Presa de Salvajina por -  
alivio de contaminación, durante un período de 20 años, fueron -  
calculados en el presente informe:

Alternativa 1:	$(19.15 - 11.78) \times 10^6 = 7.37 \times 10^6$ US\$	} 23,08 - 14,81 = 8,27
Alternativa 2:	$(28.12 - 25.95) \times 10^6 = 2.17 \times 10^6$ US\$	
Alternativa 3:	$(49.53 - 44.25) \times 10^6 = 5.28 \times 10^6$ US\$	

Estos beneficios expresados en anualidades dan los siguientes -  
valores:

Generación Hidroeléctrica	5.27 M US\$
MENOS: Costo de agua de dilución (Pérdidas en generación)	0.099
Total generación	5.17 M US\$
Control de crecientes	3.23 M US\$

Beneficios por dilución

Alternativa 1:	0.99 M US\$
Alternativa 2:	0.29 M US\$
Alternativa 3:	0.71 M US\$

Lo que expresado en forma de porcentajes da las siguientes dis-  
tribuciones de beneficios:

ALTERNATIVA 1

Generación Hidroeléctrica : 55.0 %

Control de crecientes : 34.6 %  
Beneficios por dilución : 10.4 %

ALTERNATIVA 2

Generación Hidroeléctrica: 59.5 %  
Control de crecientes : 37.2 %  
Beneficios por dilución : 3.3 %

ALTERNATIVA 3

Generación Hidroeléctrica: 56.8 %  
Control de crecientes : 35.5 %  
Beneficios por dilución : 7.7 %

Estos valores serán revisados y actualizados por el Departamento de Estudios Económicos de la CVC y se adoptarán en definitiva los que este Departamento señale.

ANEXO IV

PROYECCIONES DE CARGAS CONTAMINANTES PARA CALI,  
YUMBO Y LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS.

LOCALIZACION GENERAL DE OBRAS Y ESQUEMAS DE TRA-  
TAMIENTO.

(Tomado del Informe Técnico 142 presentado por -  
el Doctor Fabián Yáñez, Consultor de la OPS).

I.- CALCULOS PARA ESTIMACION DE CAUDALES, CARGAS DE DBD Y SOLIDOS  
PARA LA CIUDAD DE CALI

A.- Proyección de la población

Para este estudio se ha proyectado la población de la ciudad de Cali con un 4.5% de crecimiento anual, dato adoptado por el Departamento de Aguas de la CVC. A continuación se presenta una comparación de esta estimación con proyecciones del "Plan General de Desarrollo del Area Metropolitana de Cali", efectuado por Planeación Municipal:

<u>Año</u>	<u>Planeación Municipal</u>	<u>CVC</u>
1975	1'145.000	989.200
1980	1'526.700	1'239.400
1985	1'998.900	1'566.900
1990	2'510.700	1'942.000
1995	3'027.800	2'431.800
2000	3'565.903	3'146.000
2005	No estimado	3'815.000
2010	No estimado	4'791.000
2015	No estimado	5'983.900

En los datos anteriores la estimación de Planeación Municipal se hizo partiendo de la población estimada para 1969, con un índice de crecimiento constante de 5.5% de 1969 a 1985 y luego decreciente de 5.5% en 1985 a 3.13% en el año 2000. Los cálculos de la CVC utilizan un índice de crecimiento constante del 4.5% por año, obtenido en base a datos de los últimos censos. Las dos estimaciones correlacionan

hasta el año 2000.

En este estudio se adoptarán las estimaciones de CVC en una primera instancia, reconociéndose que en el futuro deberá estudiarse este aspecto con más detenimiento.

**B.- Estimación de aguas residuales domésticas de la ciudad de Cali.**

La contribución por cápita asumida es de 300 lb/hab/día/año. Se considera que el 85% del consumo de agua potable llega al alcantarillado. Se ha adoptado un porcentaje de servicio del 70% en 1975 con un incremento anual del 0.5%, lo cual establecería una meta del 90% de servicio de alcantarillado para el final del periodo considerado. El caudal de infiltración ha sido asumido en promedio en 1.1 l/km/seg para 1973 con 741 km de longitud de alcantarillado (dato de EMCALI); adicionalmente se ha asumido un incremento del caudal de infiltración en base al valor antes indicado con un aumento de longitud de alcantarillas de 1.1 m/hab.

La estimación de calidades de aguas residuales se encuentra tabulada en el cuadro 1.

**C.- Estimación de cargas de DBO y sólidos en suspensión para la ciudad de Cali.**

Se realizó una detallada revisión de datos de campo y de análisis de las diferentes descargas de la ciudad de Cali al río Cauca. En base a todos estos datos se ha considerado conveniente calcular las cargas de DBO y sólidos en suspensión empleando aportes per cápita domésticos de 50 y 60 gr por día respectivamente. El aporte per cápita de 37 industrias -

en su mayor parte alimenticias, dentro de la ciudad de Cali, - ha sido estimado en 25 gr/día y 10 gr/día para DBO y sólidos - en suspensión respectivamente. Estos últimos datos han sido ob- tenidos del informe "Investigación de Desechos Industriales- - Informe Final " de A. Cubillos.

En resumen las contribuciones per cápita son:

<u>USO</u>	<u>kg/hab/día</u>	
	<u>DBO</u>	<u>Sólidos</u>
Doméstico	0.050	0.060
Industrial	0.025	0.010
Total	0.075	0.070

La contribución de sólidos en suspensión per cápita refleja - las características de desechos industriales con sólidos solu- bles.

El cuadro 2 resume el cálculo de cargas de DBO y sólidos en - suspensión. Se ha asumido una concentración constante de DBO- de 300 mg/lt correspondiente a un aporte per cápita de 75 gr/ hab/día y una dotación de 300 lt/hab/ día con 85% de la dota- ción llegando a las alcantarillas. En forma similar, para só- lidos en suspensión se ha utilizado una concentración constan- te de 275 mg/lt correspondiente a aportes de 70 gr/hab/día y- el mismo criterio para el caudal.

Se realizó una verificación adicional separando valores de - cargas domésticas e industriales y el procedimiento adoptado- correlaciona con un cálculo asumiendo un crecimiento aritméti- co de producción de las industrias situadas dentro de Cali de 5 a 10% anual, lo cual es aceptable.

Los valores antes indicados han sido aplicados al flujo doméstico únicamente. El cuadro 2 resume estos cálculos y se han calculado además las concentraciones diluidas, las cuales se mantienen con un pequeño aumento, lo cual es muy aceptable para ciudades del tamaño de Cali.

D.- Estimación de caudales y cargas para industrias de la zona de Yumbo.

Para las industrias papeleras se ha asumido un incremento de producción anual del 2% a partir de 1980. La contribución de caudales ha sido estimada con un aporte de  $170 \text{ m}^3/\text{ton}$ . Las cargas de DBO y sólidos en suspensión han sido calculadas con un aporte de  $60 \text{ kg/ton}$  y  $85 \text{ kg/ton}$  respectivamente.

Para las curtiembres se ha asumido también un incremento de producción del 2% anual. Los caudales se han estimado en  $80.5 \text{ lt/kg}$  de producto. Las cargas de DBO y sólidos han sido calculadas con un aporte de  $0.0883 \text{ kg/kg}$  de producto y  $0.25 \text{ kg/kg}$  de producto respectivamente.

Para la industria de Grasas no se han podido obtener datos de producción y las proyecciones de caudal y carga han sido efectuadas en base a mediciones realizadas por el Departamento de Aguas de la CVC. Los cálculos han sido basados en un caudal de  $56 \text{ lt/seg}$  y una carga de  $4.860 \text{ kg/día}$  para DBO y cero sólidos en suspensión. Estos valores han sido proyectados con un incremento del 2.7% por año correspondiente al aumento de producción. La carga inicial de DBO ha sido calculada con una concentración de  $1000 \text{ mg/lt}$ .

En el cuadro 3 se incluyen los cálculos para la población y caudales de Yumbo, con un índice de crecimiento del 7% hasta-

el año 1980 y decreciendo desde entonces 1% por año hasta el año 2015. Con ese criterio se llegaría a un índice de crecimiento del 3.5% en el año 2015, lo cual es razonable para una ciudad industrial como Yumbo. Los caudales se han calculado en base a una dotación de 200 lt/hab/día con un porcentaje de cobertura y porcentaje de agua potable que llegue al alcantarillado similares a los de Cali. En cuanto al caudal de infiltración se ha asumido en 20% lo cual es 5% menor que el de Cali. Este dato se asume en vista de que no se conocen datos sobre la posible área a cubrir.

También se presentan en dicho cuadro los valores de DBO y sólidos en suspensión calculados en base a aportes de 50 y 60 gr/hab/día respectivamente.

En el cuadro 4 se incluye un sumario de todos los caudales de la zona de Yumbo. En el cuadro 5 se incluyen las cargas de DBO y en el cuadro 6 las de sólidos en suspensión. Un sumario de cargas para los periodos claves se presenta en el cuadro 7.

#### E.- Resumen de bases de diseño

Los datos presentados anteriormente servirán para el dimensionamiento de las diferentes plantas de tratamiento y para la determinación de costos de energía. De las tabulaciones indicadas se han extraído los datos que servirán de bases de diseño considerando que las obras de control de polución se efectuarán tentativamente en dos periodos claves: de 1985 a 2000 y de 2000 a 2015. Estos se presentan en el cuadro 7.

## II.- LOCALIZACION DE COLECTORES Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

### A.-Componentes de la solución adoptada.

El esquema general de la solución adoptada se encuentra representado en la figura 1. Para la ciudad de Cali se ha considerado que se tratarán todas las aguas residuales en el sitio Cañaveralejo o en la confluencia de los ríos Cali y Cauca. Los desechos serán conducidos por el colector oriental sur y los colectores marginales del río Cali.

Para las industrias se considera que deberán tratar sus desechos con tratamiento primario en sitio y tratamiento secundario para los desechos combinados de las papeleras y la ciudad de Yumbo, en el sitio denominado Aranjuez.

NOTA: El esquema presentado es tentativo y está sujeto a las modificaciones necesarias en la planeación definitiva de las obras.

### B.-Tipos de tratamiento adoptados y sus rendimientos

#### 1.- Ciudad de Cali

Para el periodo 1985-2000 se ha seleccionado en principio tratamiento preliminar y desnatación (skimming) para el 100% del caudal y una unidad de aereación extendida de 12,500 kg DBO/día de capacidad con un rendimiento del 95% de remoción. Se empleará by-pass para el resto del caudal. Para el periodo 2000-2015 no se ha determinado todavía cuántas unidades de aereación extendida adicionales son necesarias.

2.- Ciudad de Yumbo

Se ha seleccionado una unidad de aereación extendida de - 1250 kg DBO/día para el primer periodo y con una eficiencia del 95% de remoción de DBO. Se ha determinado para el segundo periodo el tipo de tratamiento en combinación con las papeleras.

3.- Industrias

- a. Para Lloreda Grasas se ha seleccionado flotación.
- b. Para las industrias papeleras se ha seleccionado sedimentación primaria con un 20% de remoción de DBO y recuperación de pulpa por filtración al vacío.
- c. Para Curtiembres Titán se ha seleccionado mezclado de efluentes de ribera y curtido y sedimentación primaria con disposición de lodos por lagunado o filtros al vacío. La eficiencia de remoción adoptada es del 35%.

En la figura 2 se presenta un esquema general de una unidad de aereación extendida.

Cuadro 1

CALCULO DE CAUDALES TOTALES

CIUDAD DE CALI

<u>Año</u>	<u>Habitantes</u>	<u>lt hab/día</u>	<u>% conec- tado</u>	<u>Doméstico</u>	<u>Infiltr.</u>	<u>Total</u>	<u>2x CTS</u>
1973	904.000	300	70		.741		
1975	989.200	300	70	2.044	.834	2.878	
1980	1'239.400	310	72	2.721	1.110	3.831	
1985	1'550.400	320	75	3.660	1.452	5.112	10.224
6	1'622.700	322		3.865	1.532	5.397	
7	1'695.900	324	76	4.088	1.612	5.700	
8	1'775.500	326		4.339	1.700	6.039	
9	1'857.200	328	77	4.597	1.789	6.386	
1990	1'942.700	330		4.888	1.884	6.772	
1	2'032.100	332	78	5.153	1.982	7.135	
2	2'125.700	334		5.480	2.085	7.565	
3	2'223.500	336	79	5.787	2.192	7.979	
4	2'325.900	338		6.127	2.305	8.432	
5	2'431.800	340	80	6.507	2.422	8.929	
6	2'544.900	342		6.883	2.546	9.429	
7	2'662.000	344	81	7.272	2.675	9.947	
8	2'784.600	346		7.698	2.810	10.508	
9	2'912.700	348	82	8.161	2.950	11.111	
2000	3'046.800	350		8.634	3.098	11.732	22.744
1	3'187.000	352	83	9.115	3.252	12.367	
2	3'333.700	354		9.666	3.414	13.080	
3	3'487.100	356	84	10.257	3.582	13.839	
4	3'647.700	358		10.830	3.759	14.589	
5	3'815.500	360	85	11.475	3.943	15.418	
6	3'991.200	362		12.133	4.137	16.270	
7	4'174.800	362	86	12.835	4.339	17.174	
8	4'367.000	366		13.582	4.550	18.132	
9	4'568.000	368	87	14.375	4.771	19.146	
2010	4'778.300	370		15.219	5.003	20.222	
1	4'998.200	372	88	16.096	5.225	22.205	
2	5'228.300	374		17.013	5.498	22.511	
3	5'468.800	376	89	18.004	5.762	23.766	
4	5'720.600	378		19.013	6.039	25.052	
2015	5'983.900	380	90	20.110	6.239	26.439	52.878

CUADRO 2

DETERMINACION DE DBO Y SOLIDOS EN SUSPENSION

PARA LA CIUDAD DE CALI

Año	Caudal doméstico m <sup>3</sup> /seg	DBO		Sólidos en suspensión	
		kg/día	mg/lt	kg/día	mg/lt
1975	2.044	52.980	213	48.570	195
1980	2.721	70.530	213	64.650	195
1985	3.660	94.870	215	86.960	197
6	3.865	100.180			
7	4.088	105.960			
8	4.339	112.470			
9	4.597	119.150			
1990	4.888	126.700	216	116.140	198
1	5.135	133.100			
2	5.480	142.040			
3	5.787	150.000			
4	6.127	158.800			
1995	6.507	168.670	219	154.610	200
6	6.883	178.410			
7	7.272	188.490			
8	7.698	199.352			
9	8.161	211.530			
2000	8.634	223.790	221	212.340	202
1	9.115	236.260			
2	9.666	250.540			
3	10.257	265.861			
4	10.830	280.710			
2005	11.475	297.432	223	272.910	205
6	12.133	314.490			
7	12.835	332.670			
8	13.582	352.045			
9	14.375	372.600			
2010	15.219	394.480	226	362.550	207
1	16.096	417.210			
2	17.013	440.980			
3	18.004	466.670			
4	19.013	492.820			
2015	20.110	521.251	228	477.814	209

CUADRO 3

CAUDALES Y CARGAS PARA LA CIUDAD DE YUMBO

Año	Población	L/h/D	%	m <sup>3</sup> /seg		DBO		SS	
				Domés tico	Domést.+ Infilt.	a 250 kg/día	mg/lt mg/lt	a 300 kg/día	mg/lt mg/lt
1980	47.570	200	72	.079	.095	1.706	208	2.047	250
1985	62.716	210	75	.113	.136	2.440	208	2.929	250
6	66.862	212		.123	.148	2.657		3.188	
7	71.208	214	76	.133	.160	2.872		3.447	
8	75.758	216		.144	.173	3.110		3.732	
9	80.599	218	77	.156	.187	3.370		4.043	
1990	85.580	220		.169	.203	3.650	208	4.380	250
1	90.783	222	78	.182	.218	3.931		4.717	
2	96.202	224		.195	.234	4.212		5.054	
3	101.830	226	79	.209	.251	4.514		5.417	
4	107.695	228		.225	.270	4.860		5.832	
1995	113.741	230	80	.241	.289	5.205	208	6.247	250
6	119.974	232		.258	.310	5.572		6.687	
7	126.500	234	81	.277	.332	5.983		7.180	
8	133.255	236		.296	.355	6.394		7.672	
9	140.224	238	82	.316	.379	6.826		8.191	
2000	147.403	240		.337	.404	7.279	208	8.735	250
1	154.802	242	83	.359	.431	7.754		9.305	
2	162.418	244		.381	.457	8.230		9.875	
3	170.230	246	84	.407	.488	8.791		10.549	
4	178.230	248		.432	.518	9.331		11.197	
2005	186.429	250	85	.457	.562	9.871	208	11.845	250
6	194.790	252		.485	.582	10.476		12.571	
7	203.341	254	86	.513	.616	11.080		13.297	
8	212.044	256		.542	.650	11.707		14.049	
9	220.907	258	87	.572	.686	12.355		14.826	
2010	229.920	260		.605	.726	13.608	208	15.682	250
1	239.070	262	88	.628	.754	13.564		16.278	
2	248.322	264		.670	.804	14.472		17.366	
3	257.658	266	89	.705	.846	15.228		18.274	
4	267.088	268		.741	.889	16.006		19.207	
2015	276.596	280	90	.806	.967	17.410	208	20.891	250

CUADRO 4

CAUDALES PROMEDIO PARA DESECHOS DE LA ZONA DE YUMBO ( m<sup>3</sup>/seg)

<u>Año</u>	<u>Lloreda Grasas</u>	<u>Propel</u>	<u>Cartón</u>	<u>Titán</u>
1980	.056	.780	1.040	.101
1985	.064	.858	1.114	.111
6				
7				
8				
9				
1990	.071	0.936	1.248	.121
1				
2				
3				
4				
1995	.079	1.014	1.352	.131
6				
7				
8				
9				
2000	.086	1.092	1.456	.141
1				
2				
3				
4				
2005	.094	1.170	1.560	.151
6				
7				
8				
9				
2010	.101	1.248	1.664	.162
1				
2				
3				
4				
2015	.109	1.326	1.768	.172

CUADRO 5

CARGAS DE DBO EN ZONA DE YUMBO (kg DB)/dfa)

<u>Año</u>	<u>Lloreda Grasas</u>	<u>Propal</u>	<u>Cartón</u>	<u>Titán</u>
1980	2.360	23.800	31.800	958
1985	2.679	26.700	34.980	1.092
6	2.742	26.680	35.620	1.120
7	2.806	27.150	36.250	1.147
8	2.870	27.630	36.890	1.175
9	2.933	28.110	37.520	1.202
1990	2.997	28.580	38.160	1.230
1	3.060	29.060	38.790	1.257
2	3.124	29.540	39.430	1.285
3	3.187	30.010	40.060	1.312
4	3.251	30.490	40.700	1.339
1995	3.314	30.960	41.340	1.367
6	3.378	31.440	41.970	1.394
7	3.441	31.910	42.600	1.422
8	3.505	32.390	43.240	1.449
9	3.568	32.860	43.875	1.477
2000	3.632	33.340	44.520	1.504
1	3.695	33.815	45.140	1.532
2	3.759	34.290	45.780	1.559
3	3.822	34.765	46.410	1.587
4	3.886	35.240	47.050	1.614
2005	3.949	35.710	47.700	1.642
6	4.013	36.190	48.320	1.670
7	4.076	36.660	48.950	1.697
8	4.140	37.140	49.590	1.725
9	4.203	36.610	50.220	1.752
2010	4.267	38.090	50.880	1.779
1	4.330	38.565	51.490	1.807
2	4.394	39.040	52.130	1.834
3	4.457	39.510	52.760	1.862
4	4.521	39.990	53.400	1.889
2015	4.584	40.490	54.060	1.917

CUADRO 6

CARGAS DE SOLIDOS EN SUSPENSION EN LA ZONA DE YUMBO (kg ss/día)

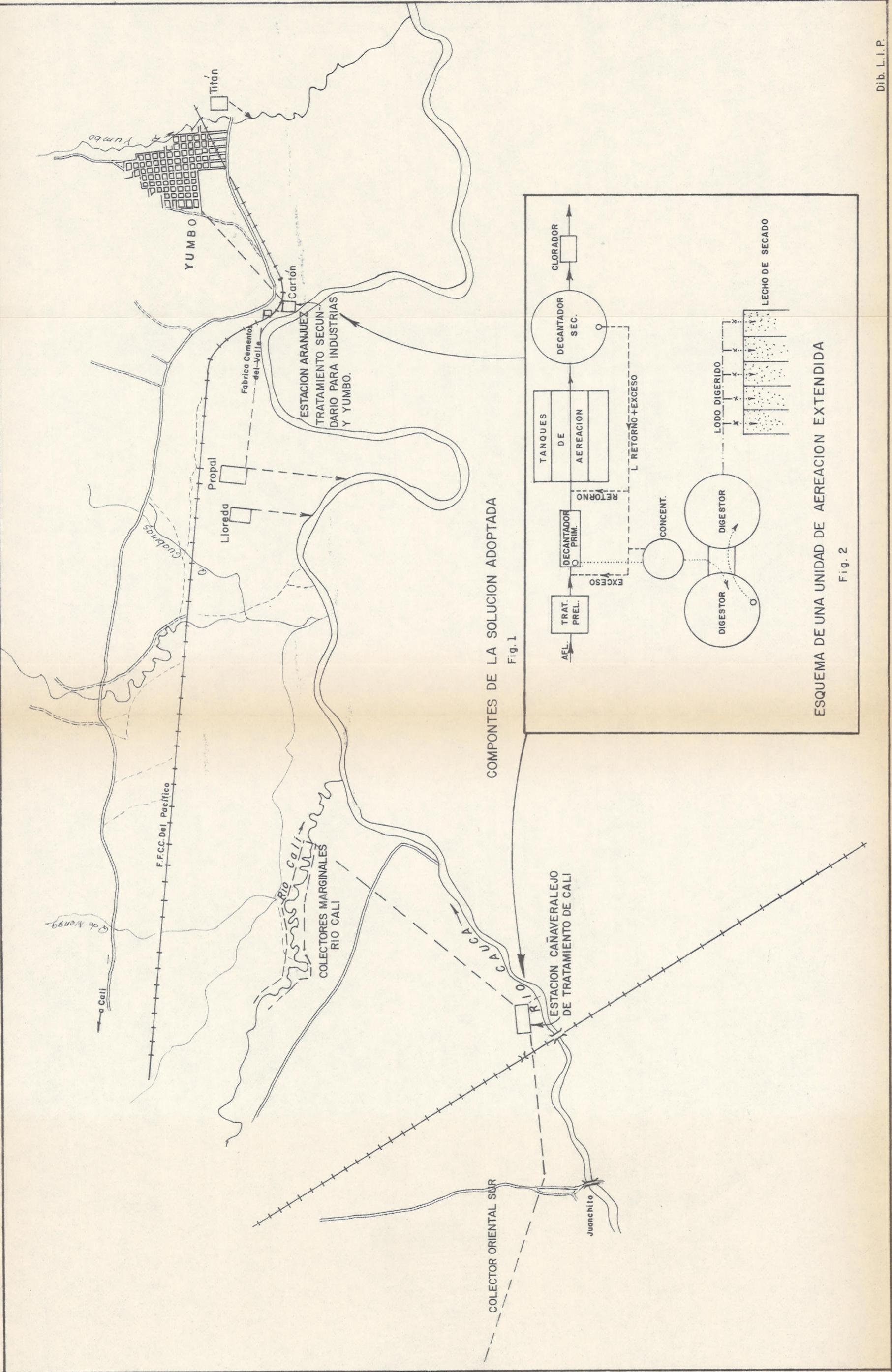
<u>Año</u>	<u>Lloreda Grasas</u>	<u>Propal</u>	<u>Cartón</u>	<u>Titán</u>
1980		33.700	45.000	2.720
1985		37.070	49.500	2.990
6				
7				
8				
9				
1990		40.440	54.000	3.260
1				
2				
3				
4				
1995		43.810	58.500	3.540
6				
7				
8				
9				
2000		47.180	63.000	3.810
1				
2				
3				
4				
2005		50.550	67.500	4.080
6				
7				
8				
9				
2010		53.920	72.000	4.350
1				
2				
3				
4				
2015		57.290	76.500	4.620

Contiene solo disueltos

CUADRO 7

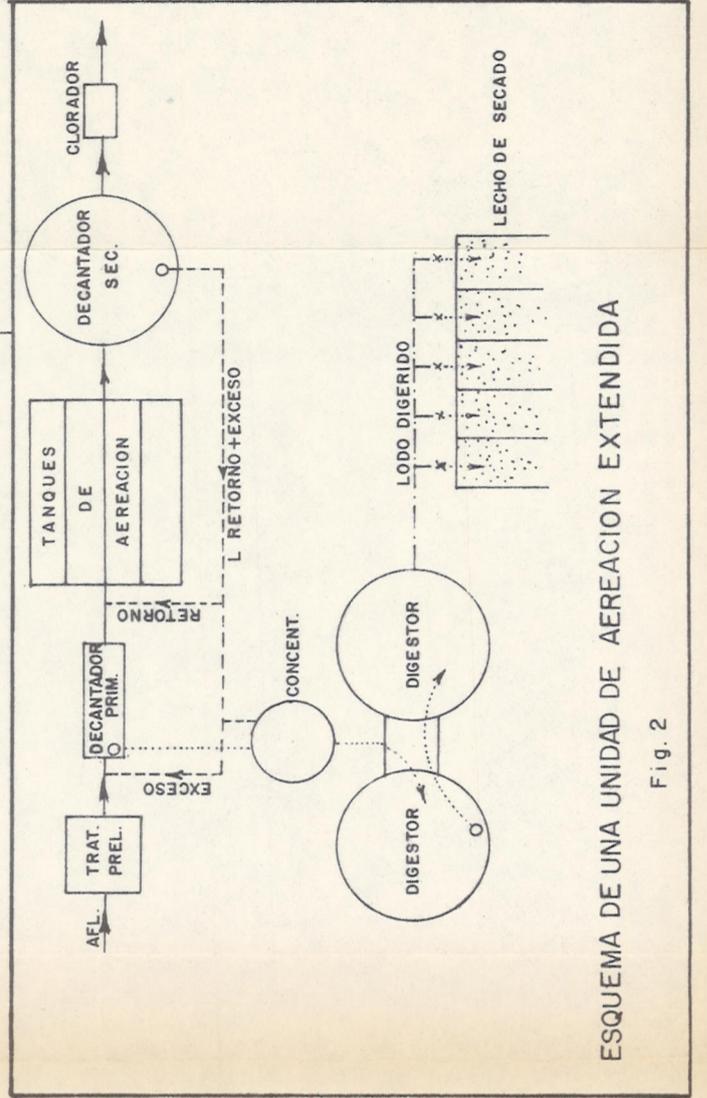
RESUMEN DE BASES DE DISEÑO

<u>Descripción</u>	<u>Caudal</u> <u>m<sup>3</sup>/seg</u>	<u>DBO</u>		<u>Sólidos en suspensión</u>	
		<u>mg/lt</u>	<u>kg/día</u>	<u>mg/lt</u>	<u>kg/día</u>
1. CALI					
a) Año 2000	11.732	221	223.790	202	212.340
b) Año 2015	26.439	228	521.250	209	477.814
2. YUMBO					
a) Año 2000	0.414	208	7.279	250	8.735
b) Año 2015	0.962	208	17.410	250	20.891
3. LLOREDA GRASAS					
a) Año 2000	0.086	-	3.632	-	0
b) Año 2015	0.109	-	4.584	-	0
4. PROPAL					
a) Año 2000	1.092	-	33.340	-	47.180
b) Año 2015	1.326	-	40.480	-	57.290
5. CARTON DE COLOMBIA					
a) Año 2000	1.456	-	44.520	-	63.000
b) Año 2015	1.768	-	54.060	-	76.500
6. CURTIEMBRES TITAN					
a) Año 2000	.141	-	1.504	-	3.810
b) Año 2015	.172	-	1.714	-	4.620



COMPONENTES DE LA SOLUCION ADOPTADA

Fig. 1



ESQUEMA DE UNA UNIDAD DE AERACION EXTENDIDA

Fig. 2

ANEXO V

ANALISIS DEL EMBALSE DE TIMBA

## ANALISIS DEL EMBALSE DE TIMBA

La finalidad principal de la construcción del embalse de Timba es la de proveer agua de dilución para el río Cauca en los meses de Julio, Agosto, Septiembre y Octubre.

Durante el resto del año se almacena agua en el embalse con miras a cumplir éste fin.

Considerando una presa de 75 mts de altura se obtiene un volumen de embalse de  $180 \text{ Mm}^3$  ( Informe sobre embalses 1974). Si repartimos éste volumen de agua entre los tres meses más críticos ( Julio, Agosto y Septiembre ) de tal modo que el caudal aguas abajo de la presa sea igual para dichos meses, se obtiene un caudal promedio mensual de  $30.85 \text{ mts}^3/\text{seg}$ . Es decir un incremento de  $22.65 \text{ m}^3/\text{seg}$  para el mes más crítico ( Agosto ).

## ANALISIS DE COSTOS

Debido al agua de dilución proveniente de Timba y bajo condiciones de carga iguales, se obtiene una disminución en la concentración de DBO en el río, igual a:

$$Q_c \times \text{DBO}_c = (Q_c + \Delta Q) \times \text{DBO}_c^*$$

$Q_c$  = Caudal en el río Cauca (sin Timba) =  $123.0 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

$\text{DBO}_c$  =  $\text{DBO}_5$  en mgr/ litro en el río Cauca (sin Timba)

$\Delta Q$  = Aumento de caudal debido al embalse de Timba =  $22.65 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

$\text{DBO}_c^*$  = Nueva concentración de DBO (mgr/litro) en el río Cauca debido al agua de dilución proveniente de Timba.

$$DBO_C^* = 0.84 DBO_C$$

Esto es equivalente a una reducción de 16% en la carga que lleva al río Cauca.

De ésta forma se obtiene una disminución en el número de unidades de tratamiento necesarias para cada una de las curvas límite como lo muestra la tabla siguiente:

	<u>CON SALVAJINA</u>			<u>SIN SALVAJINA</u>		
	<u>Curva</u> 1	<u>Curva</u> 2	<u>Curva</u> 3	<u>Curva</u> 1	<u>Curva</u> 2	<u>Curva</u> 3
1980	0	1	1	0	1	1
1985	0	1	1	1	1	1
1990	1	1	1	1	1	1
1995	2	2	2	2	2	2
2000	3	3	3	3	3	3

Calculando los costos de éstas alternativas (para 1975 y  $r = 12\%$  se obtiene el siguiente cuadro de valores: (beneficios).

	<u>CON SALVAJINA</u>	<u>SIN SALVAJINA</u>
CURVA 1	1.420.000	2.100.000
CURVA 2	2.700.000	2.700.000
CURVA 3	2.700.000	2.700.000

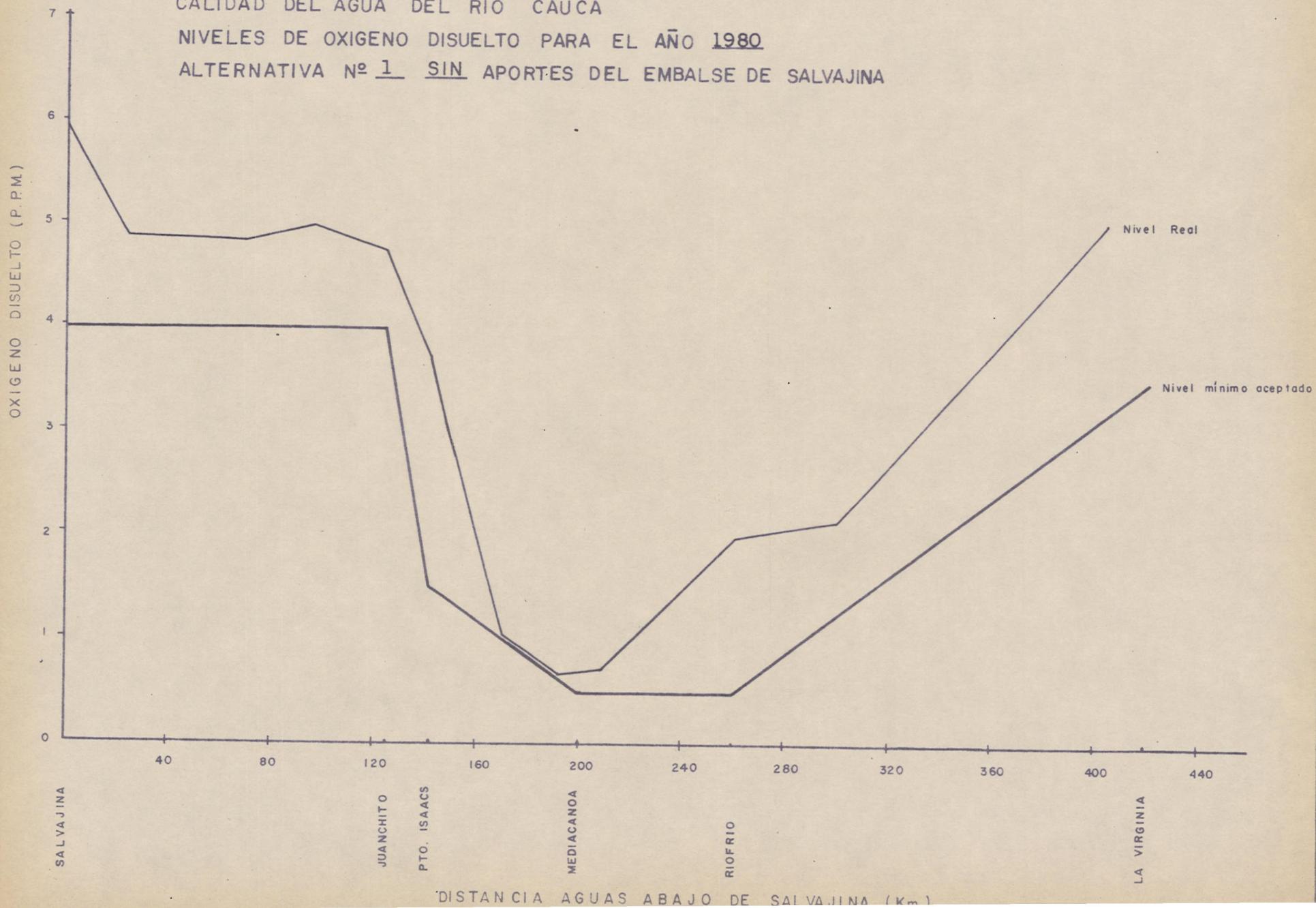
Costo de la presa de Timba : 5.050.000 US\$

Los valores consignados en el cuadro de valores anteriores, indican que la presa de Timba no es económicamente atractiva para fines de dilución.

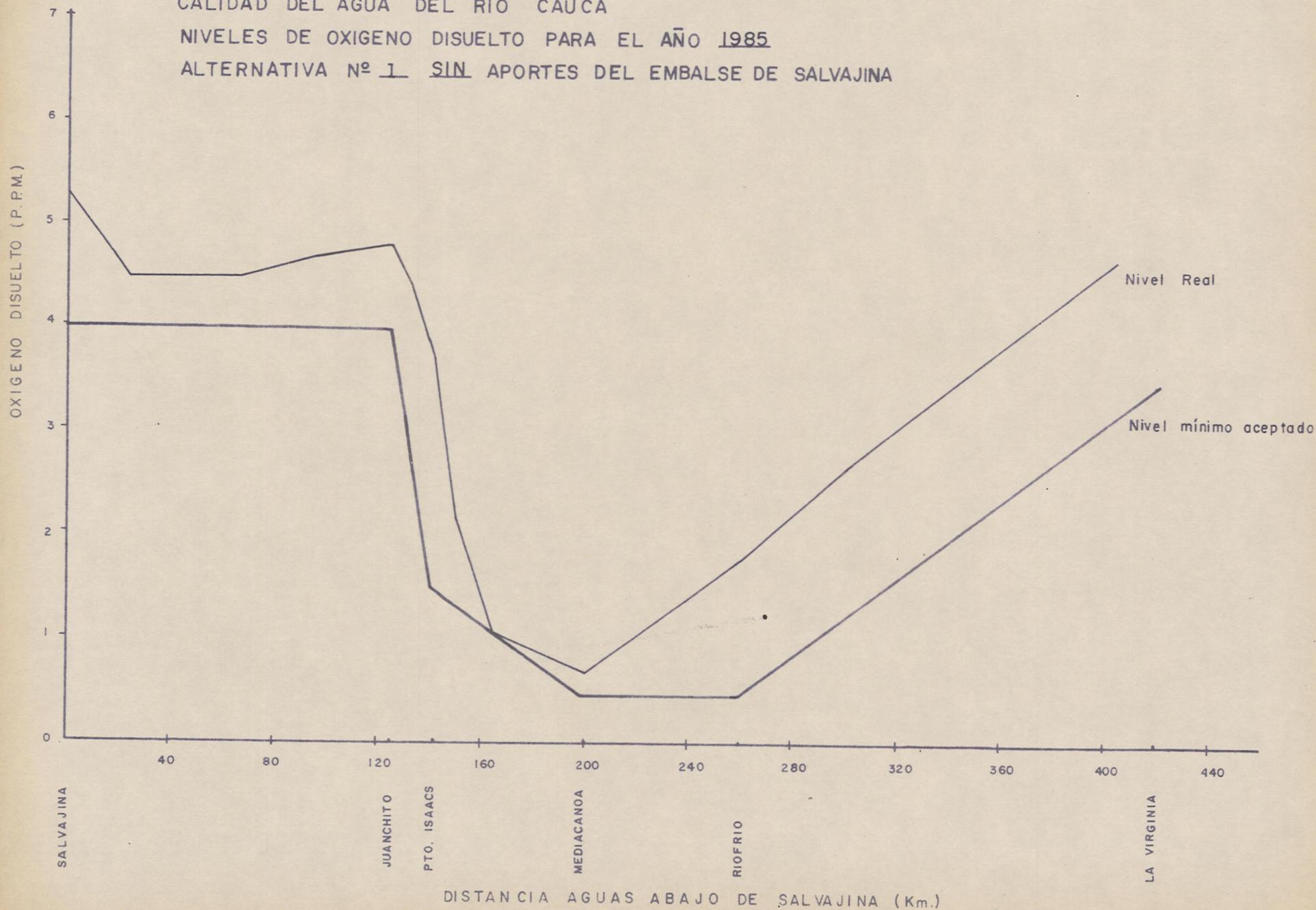
ANEXO VI

GRAFICOS DE OXIGENO DISUELTO

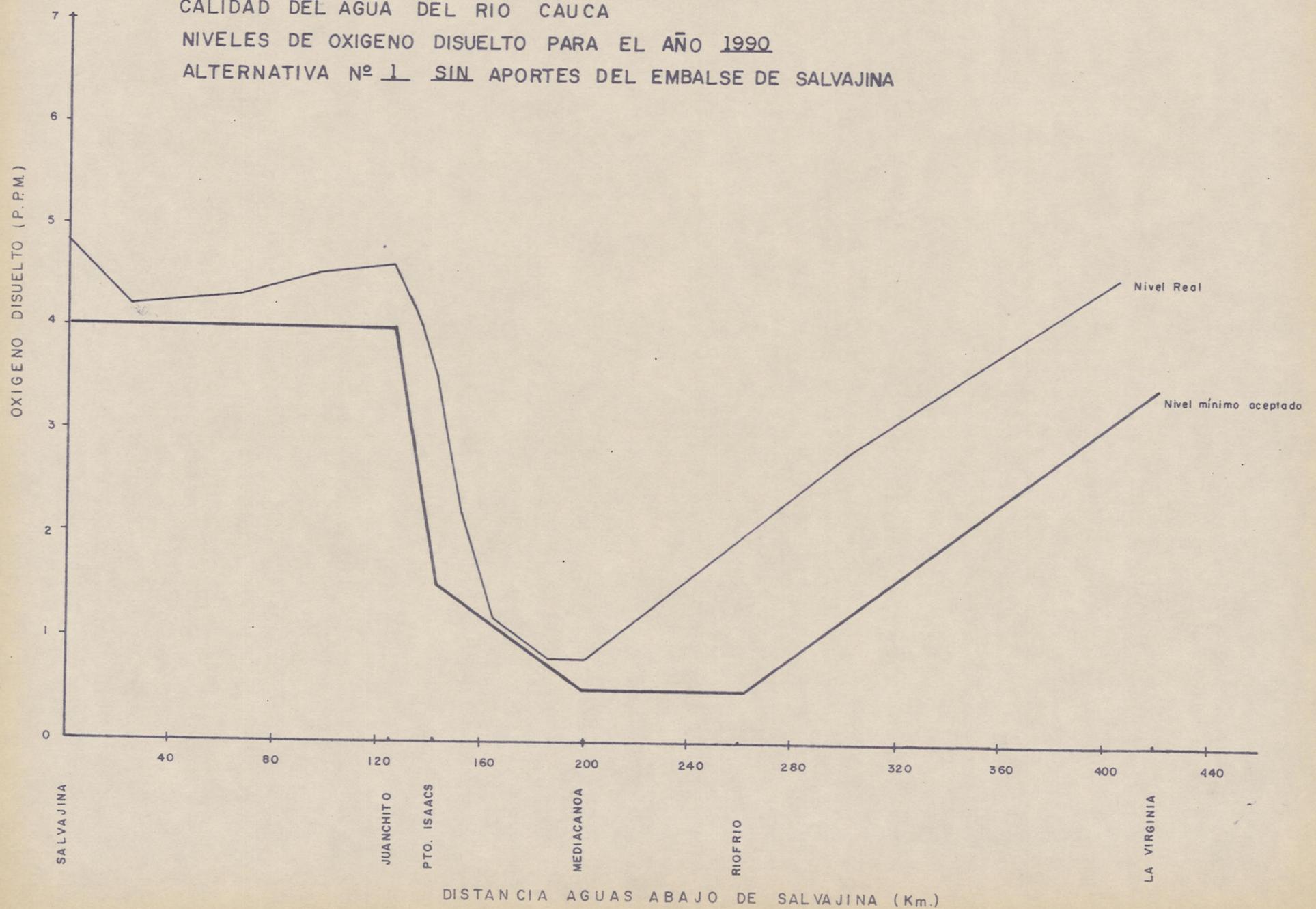
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1980  
ALTERNATIVA N° 1 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTTO PARA EL AÑO 1985  
ALTERNATIVA N° 1 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1990  
ALTERNATIVA N° 1 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1995  
ALTERNATIVA Nº 1 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

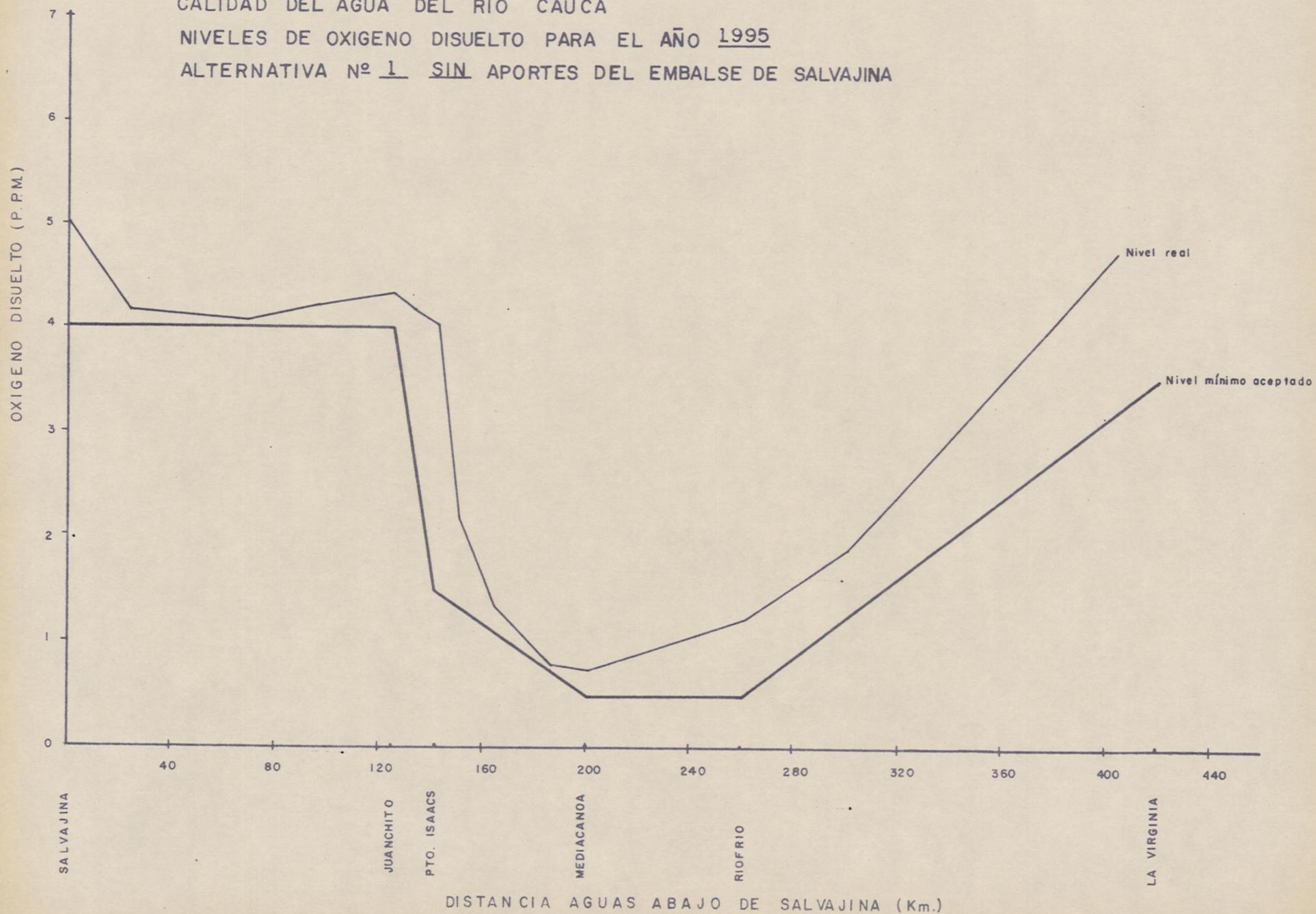
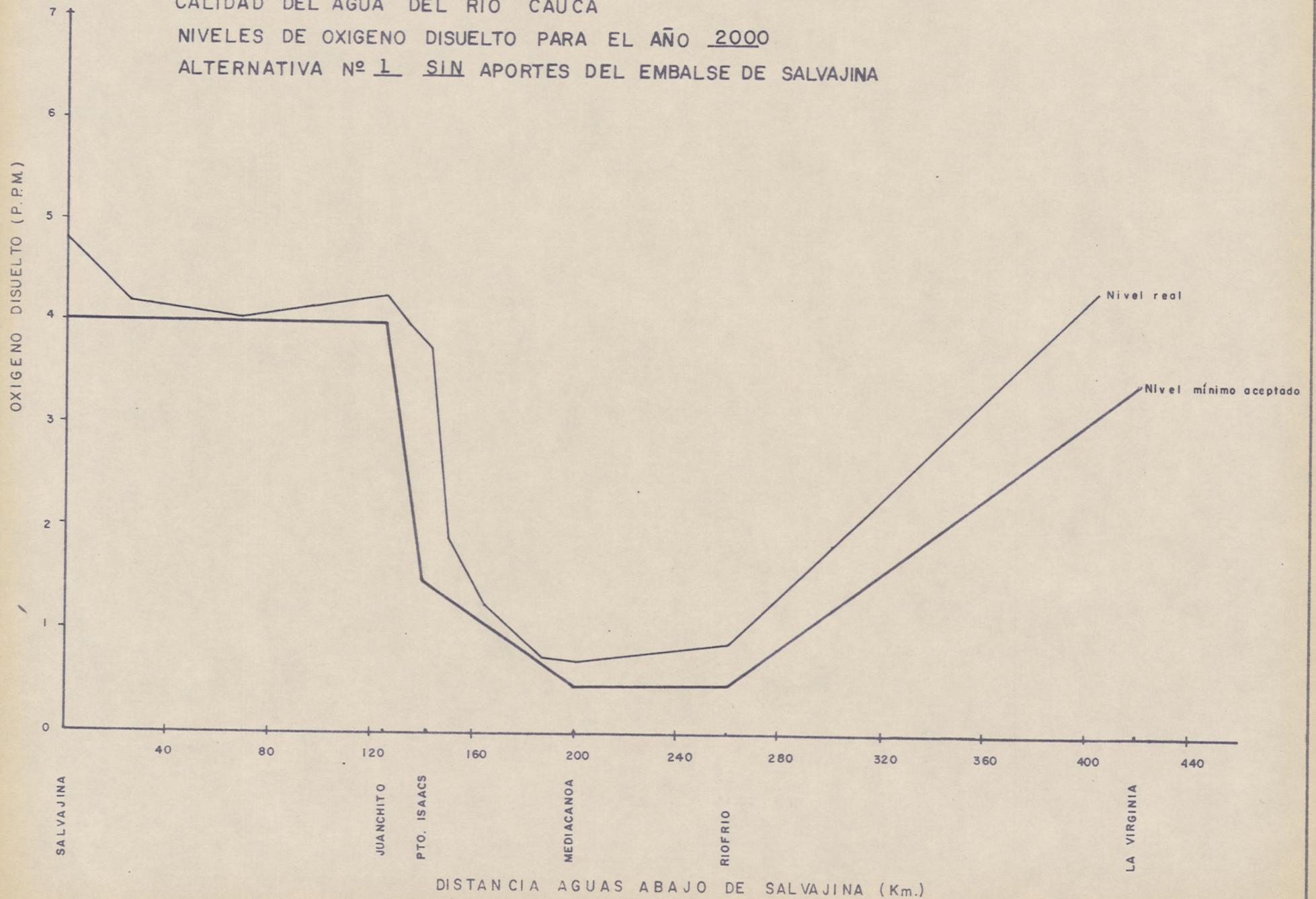
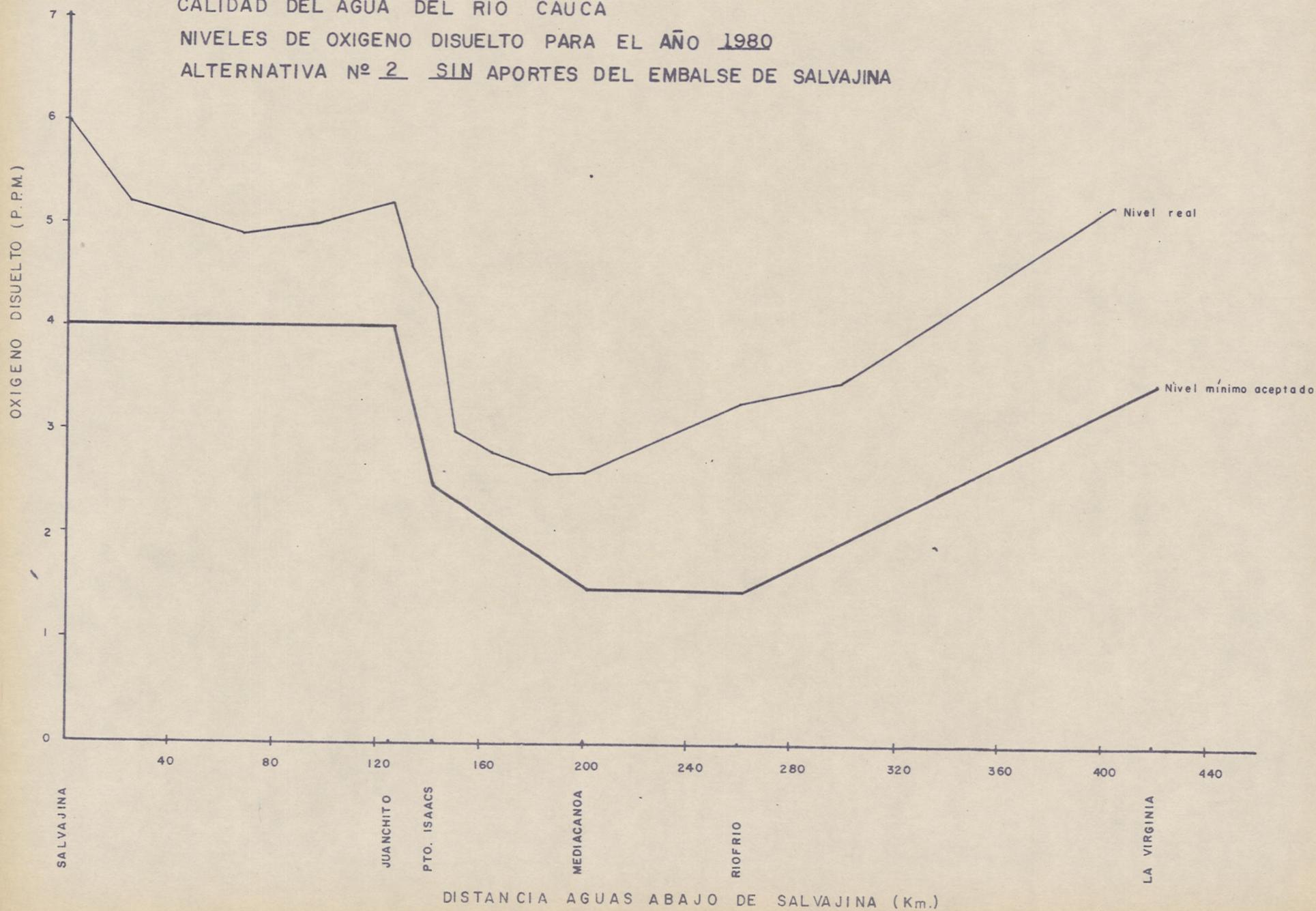


FIGURA 4

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2000  
ALTERNATIVA Nº 1 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1980  
ALTERNATIVA N° 2 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
 NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1985  
 ALTERNATIVA Nº 2 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

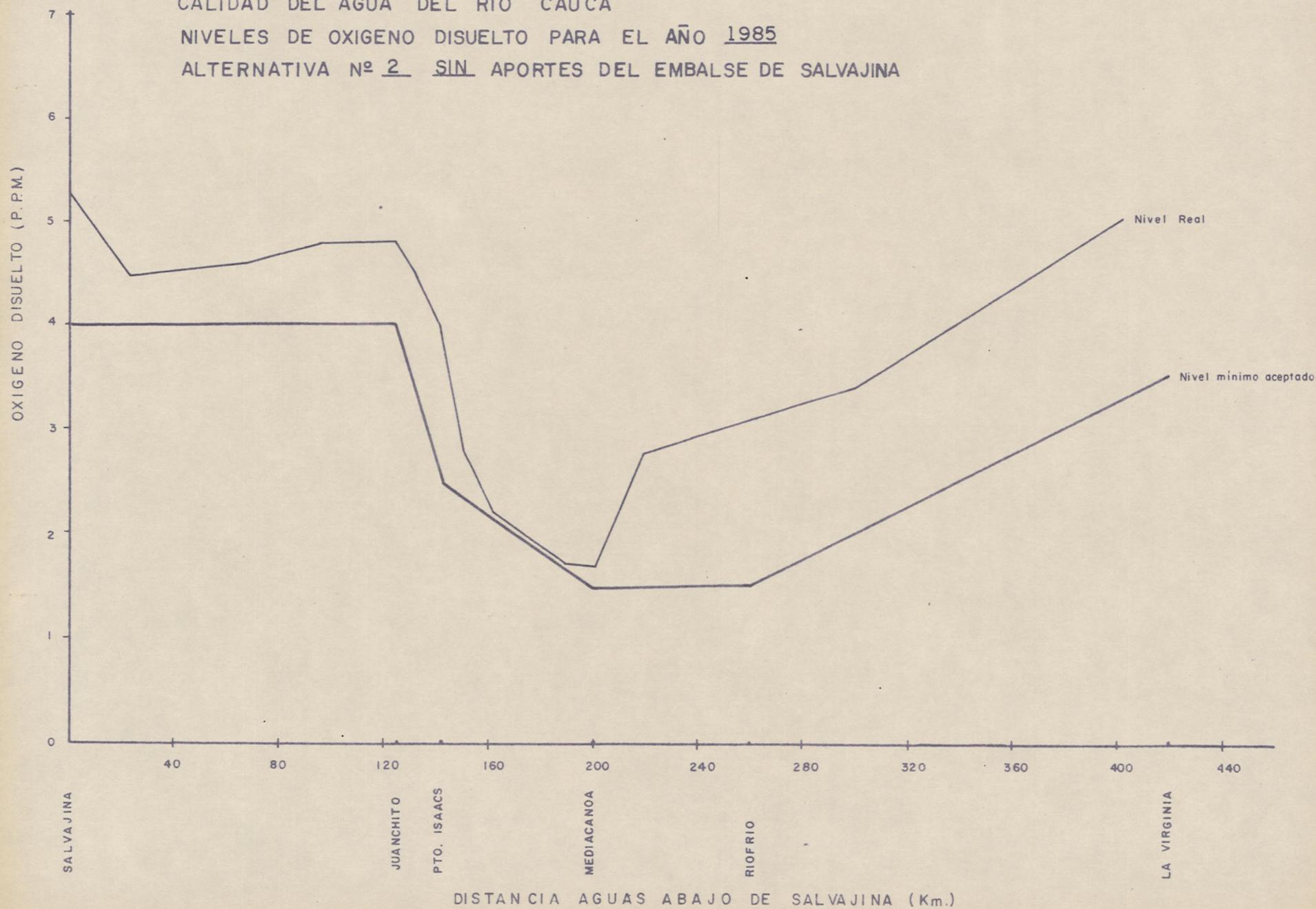


FIGURA 7

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1990  
ALTERNATIVA Nº 2, SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

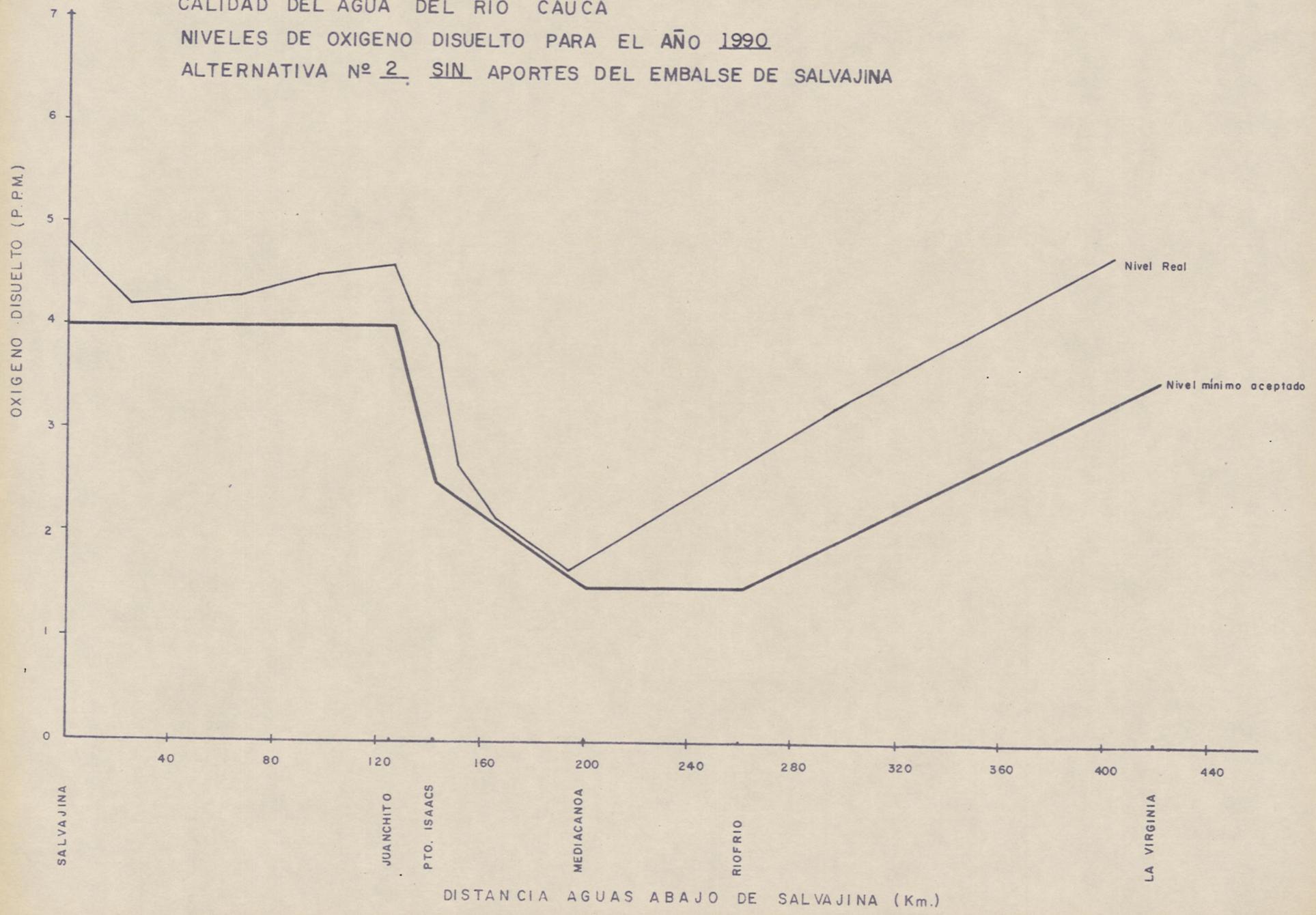


FIGURA 8

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1995  
ALTERNATIVA Nº 2 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

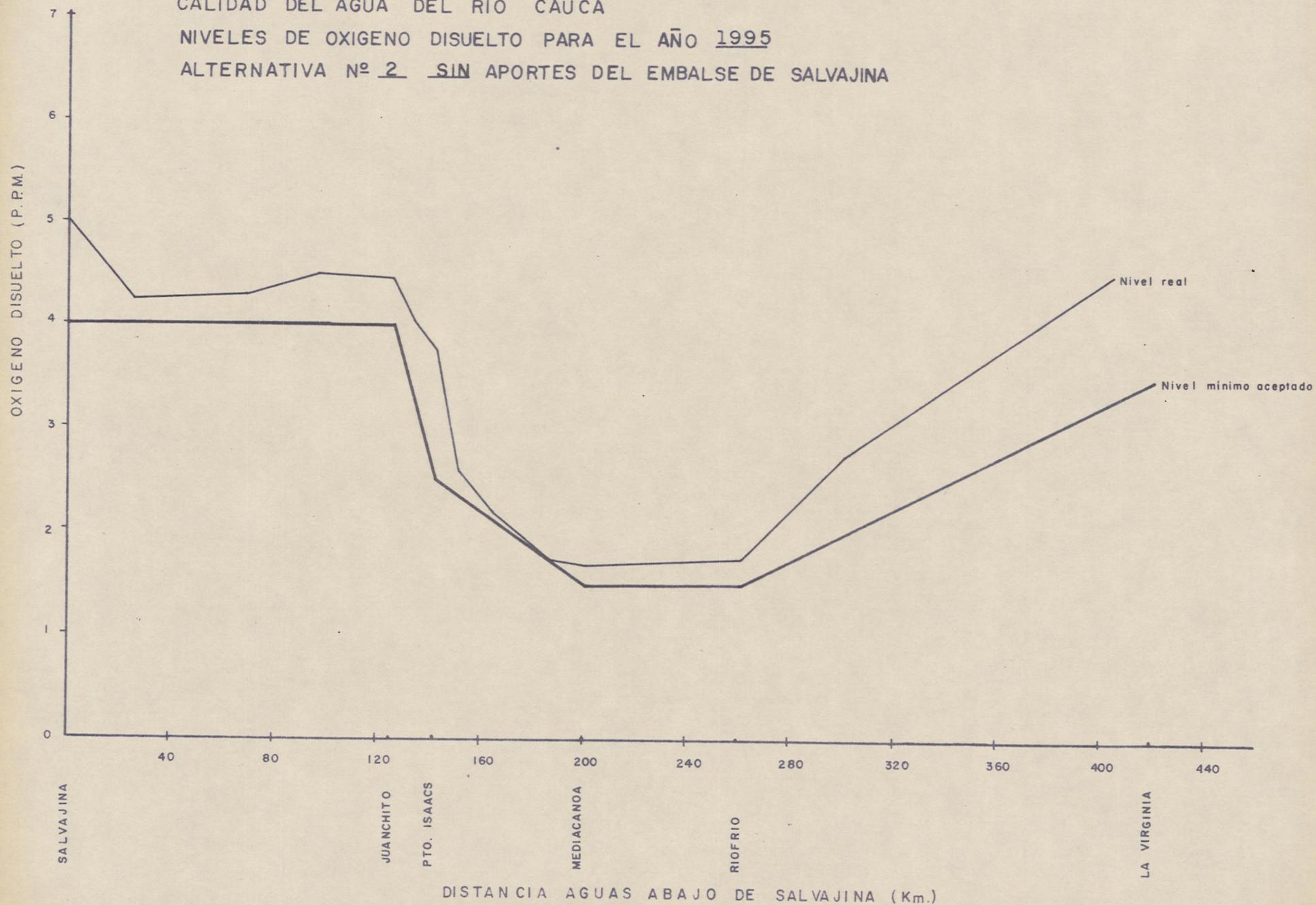
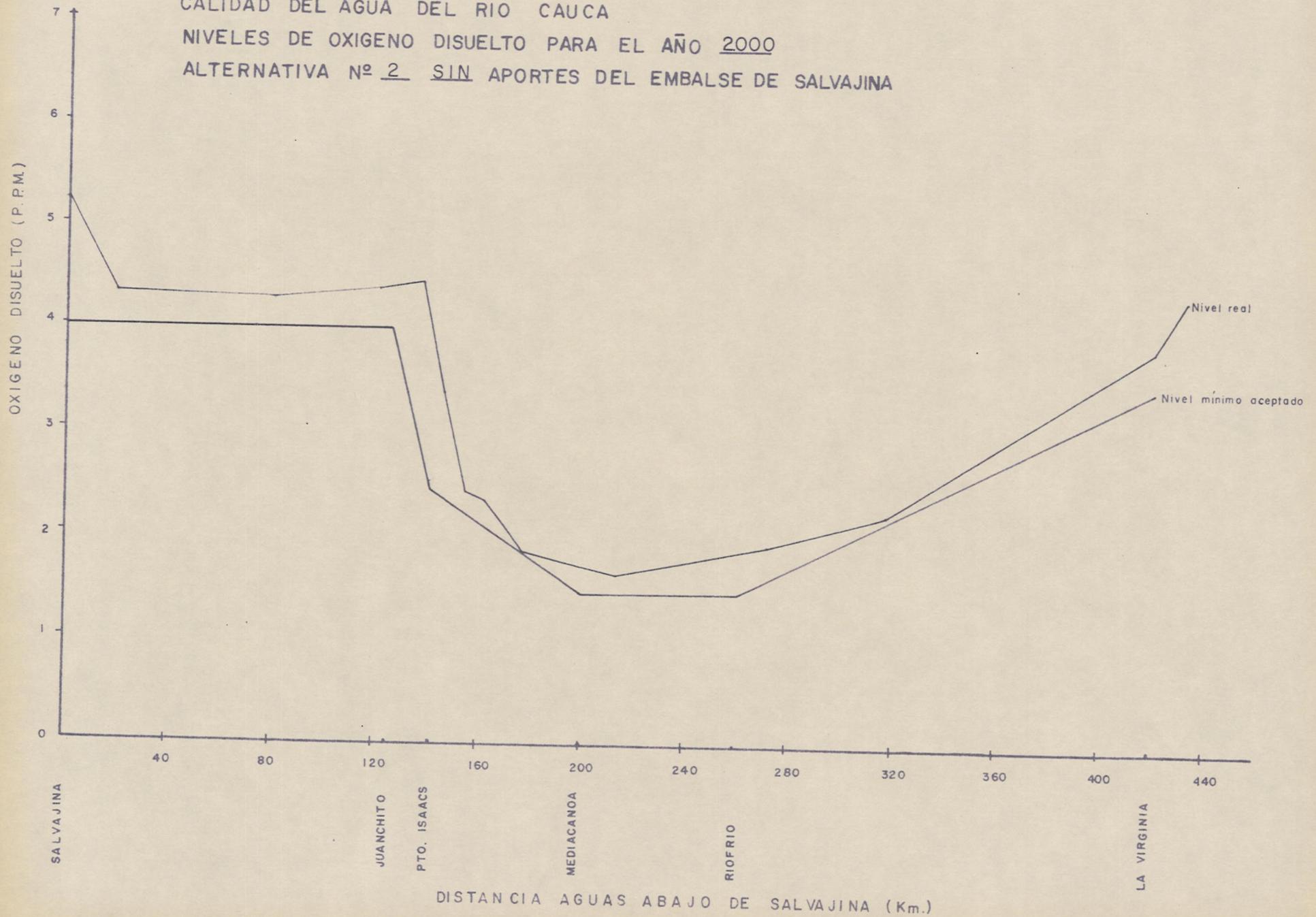
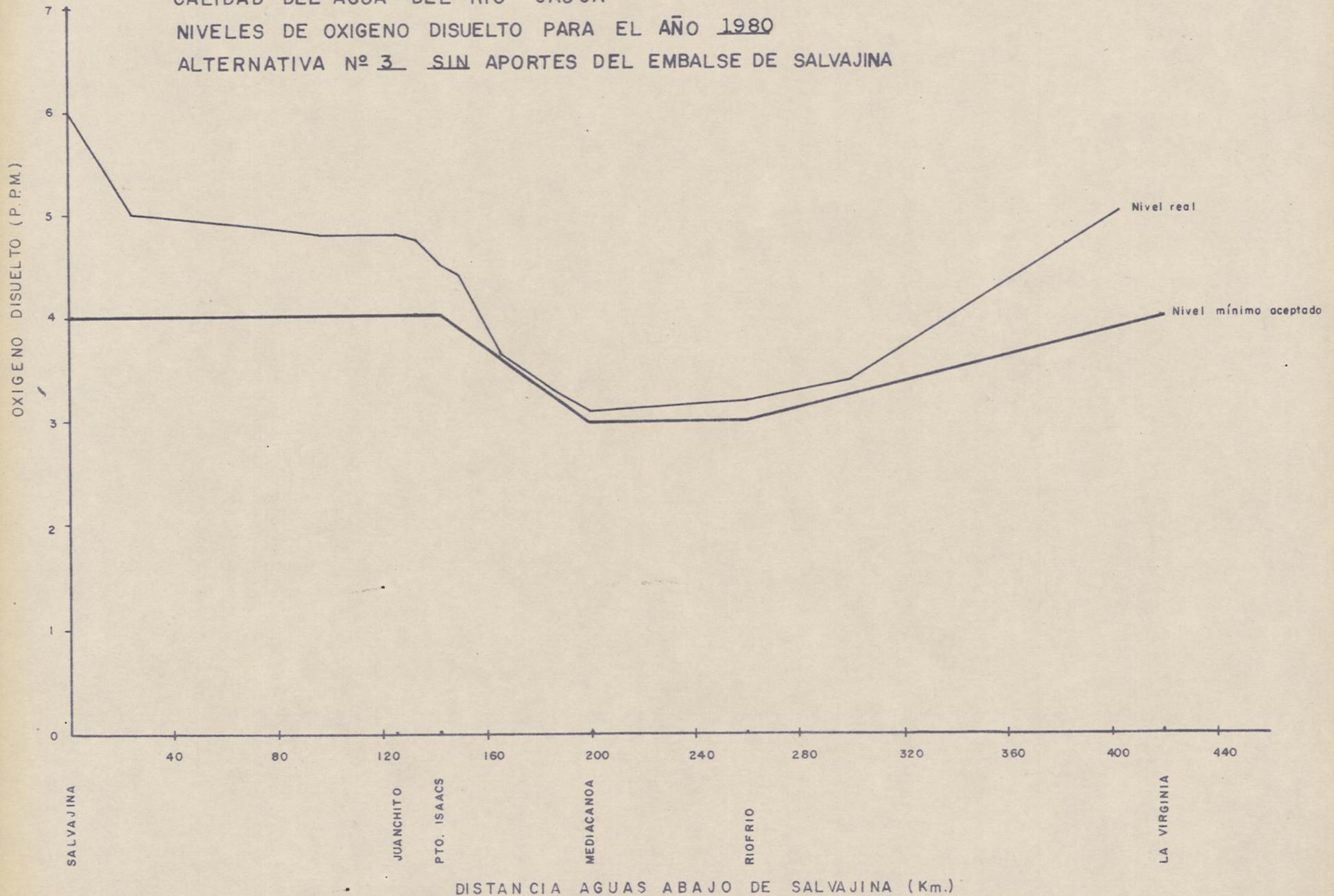


FIGURA 9

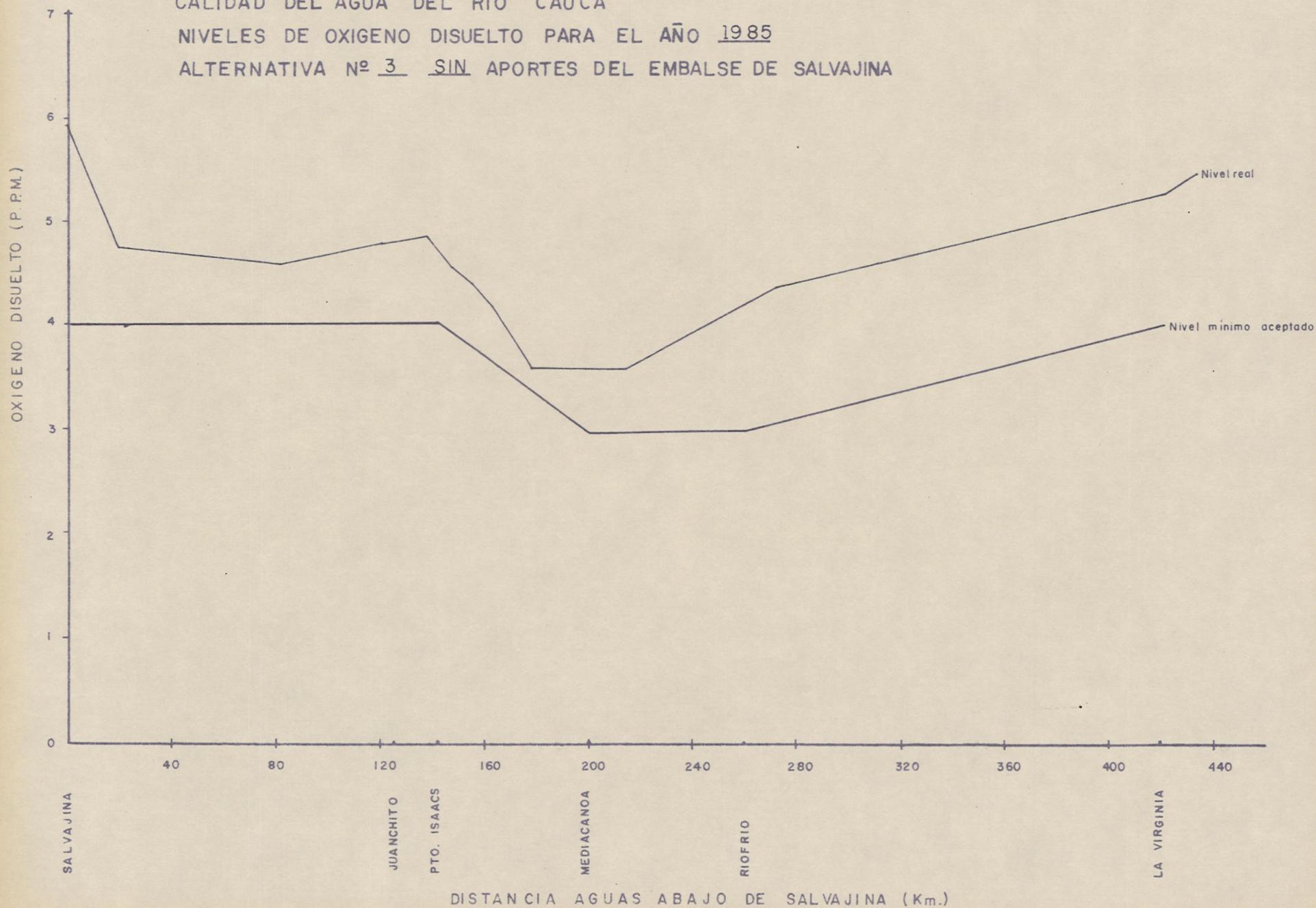
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2000  
ALTERNATIVA Nº 2 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



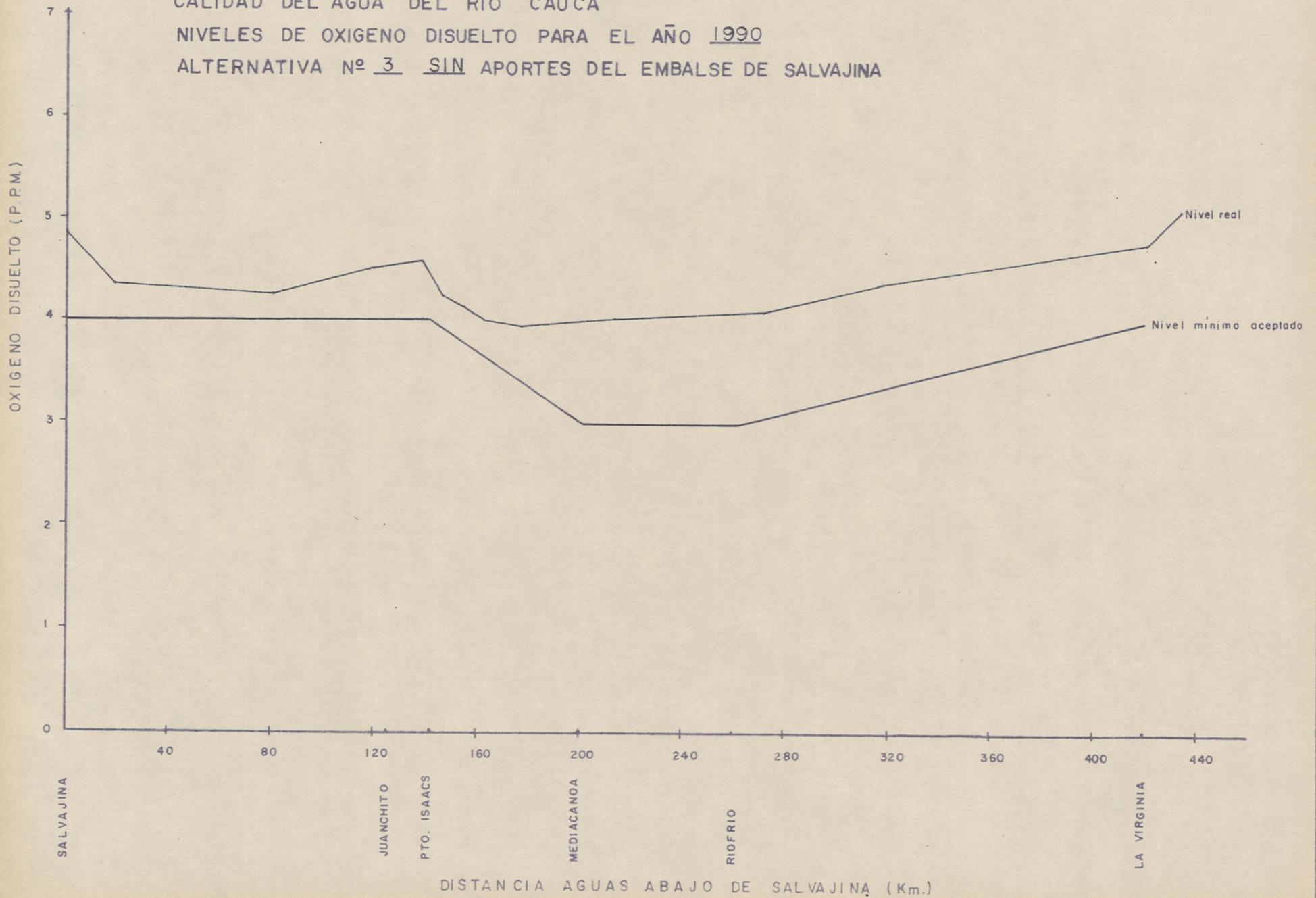
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1980  
ALTERNATIVA Nº 3 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTADO PARA EL AÑO 1985  
ALTERNATIVA Nº 3 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1990  
ALTERNATIVA N° 3 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1995  
ALTERNATIVA Nº 3 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

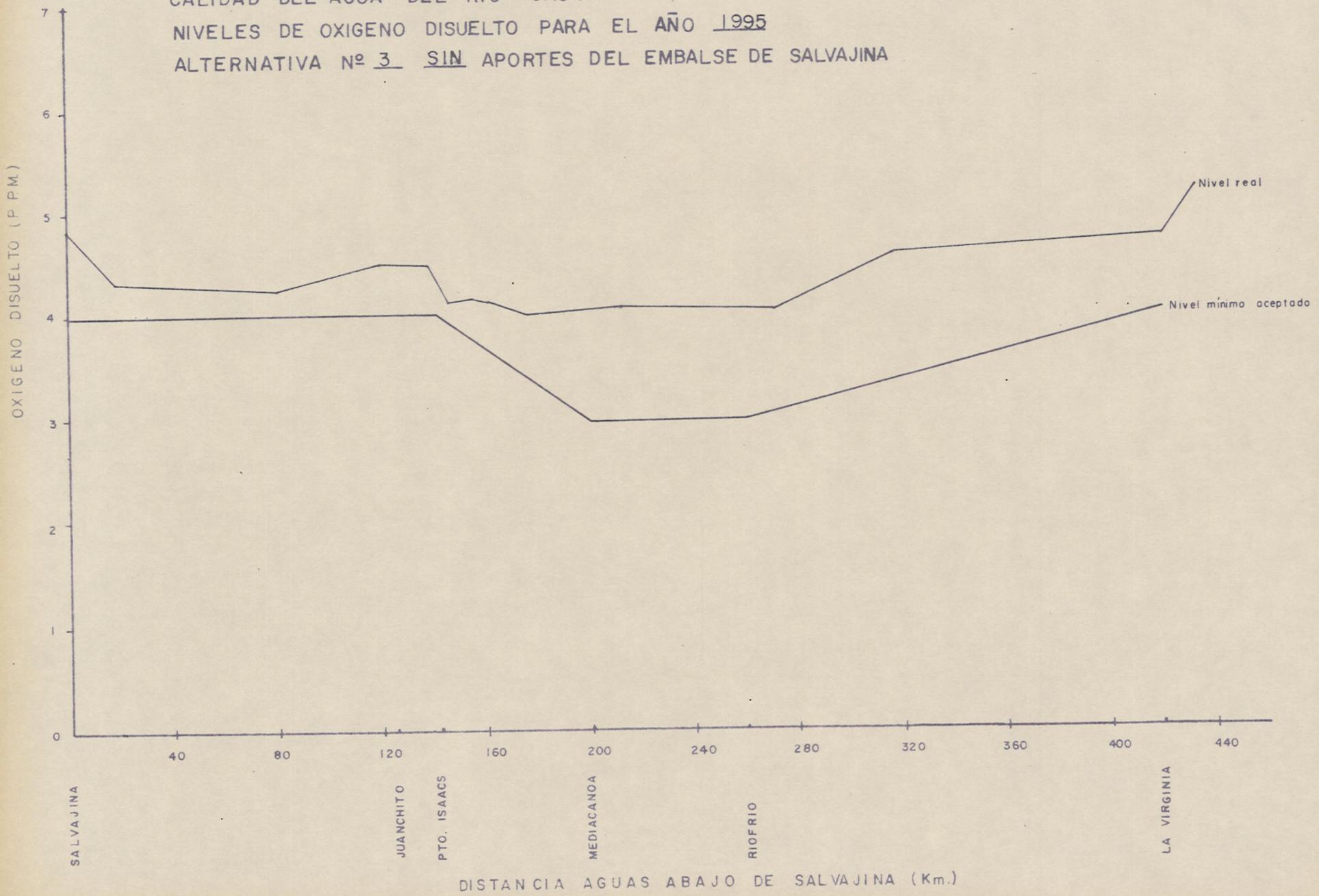
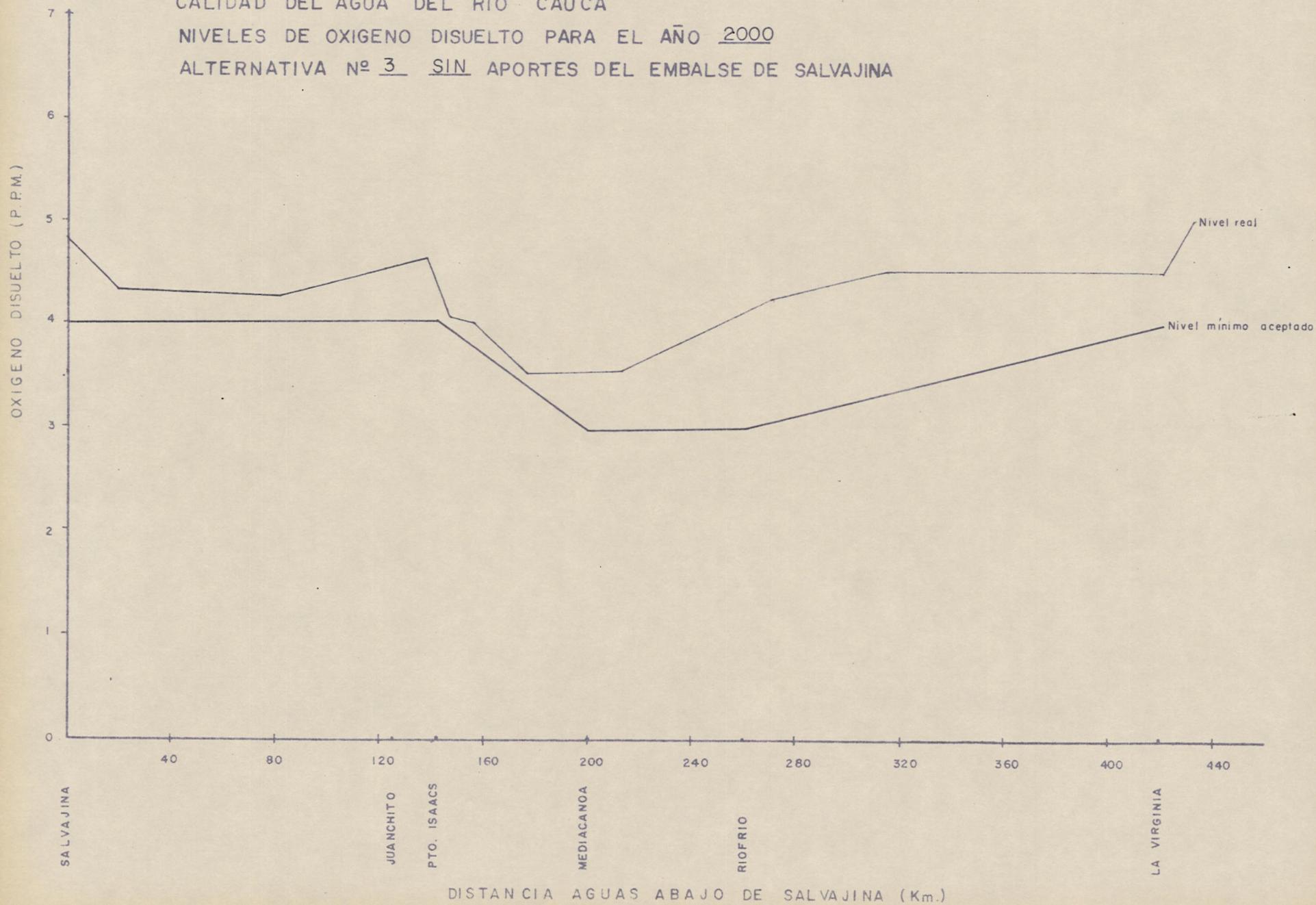
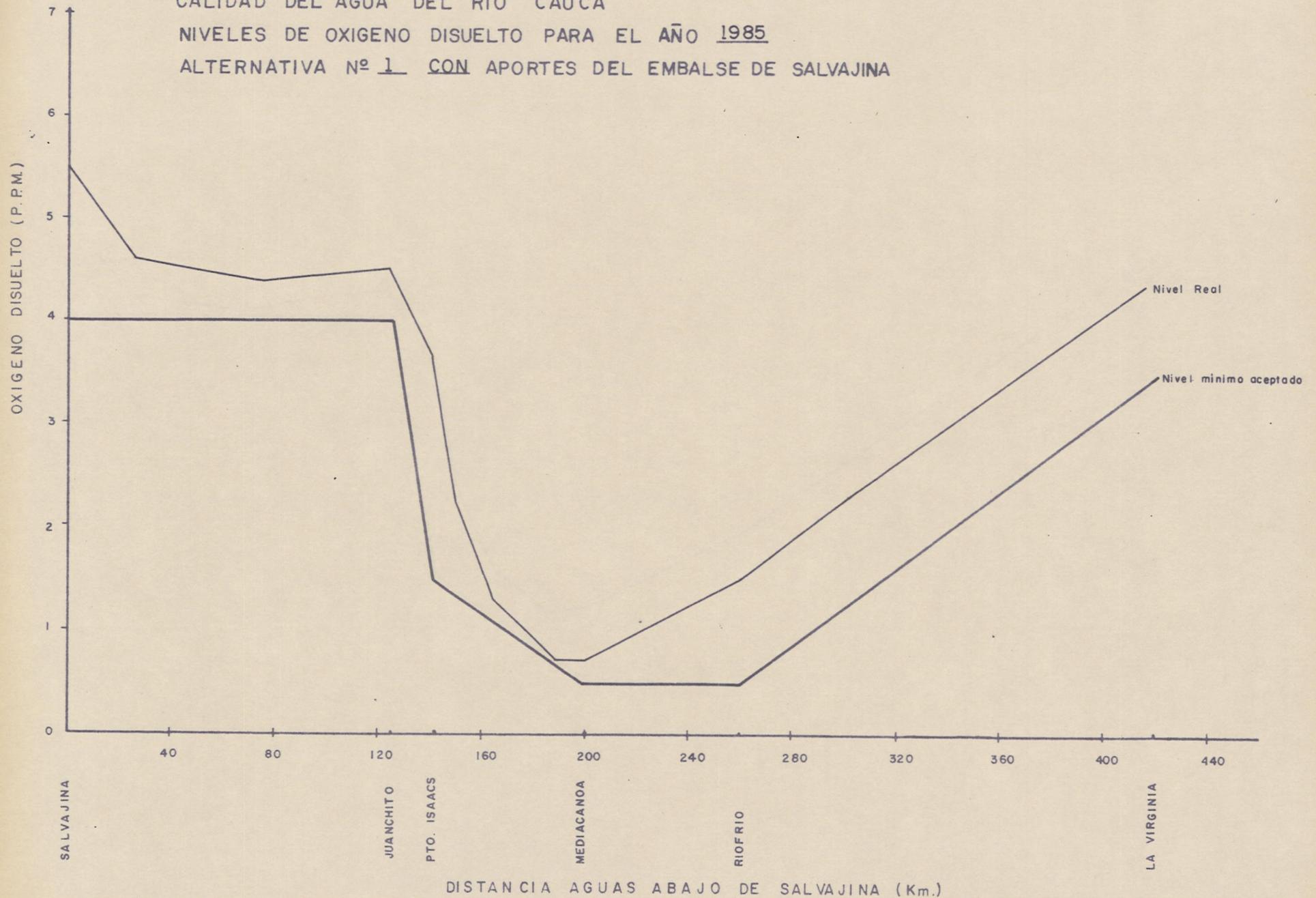


FIGURA 14

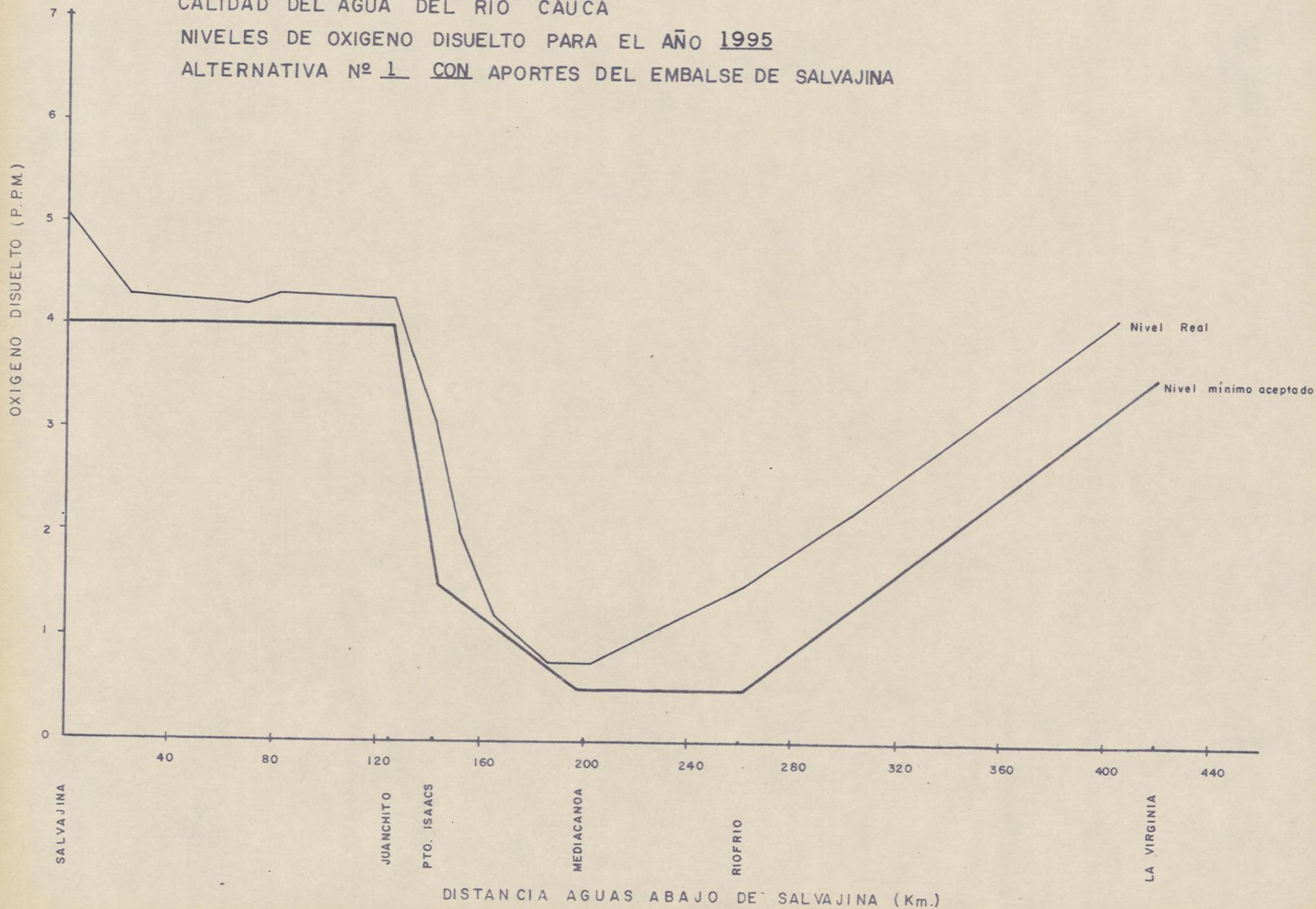
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2000  
ALTERNATIVA Nº 3 SIN APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



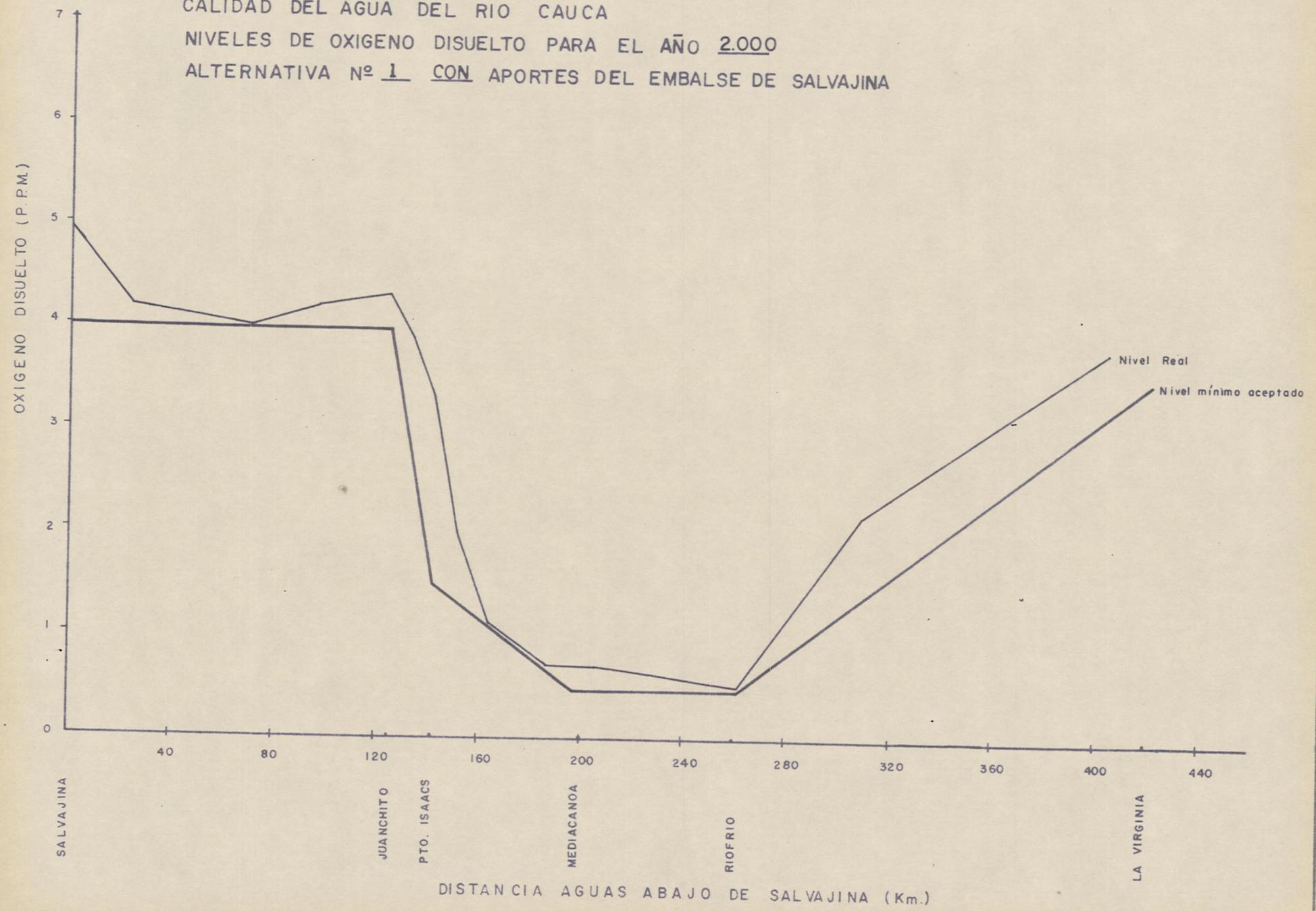
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1985  
ALTERNATIVA N° 1 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



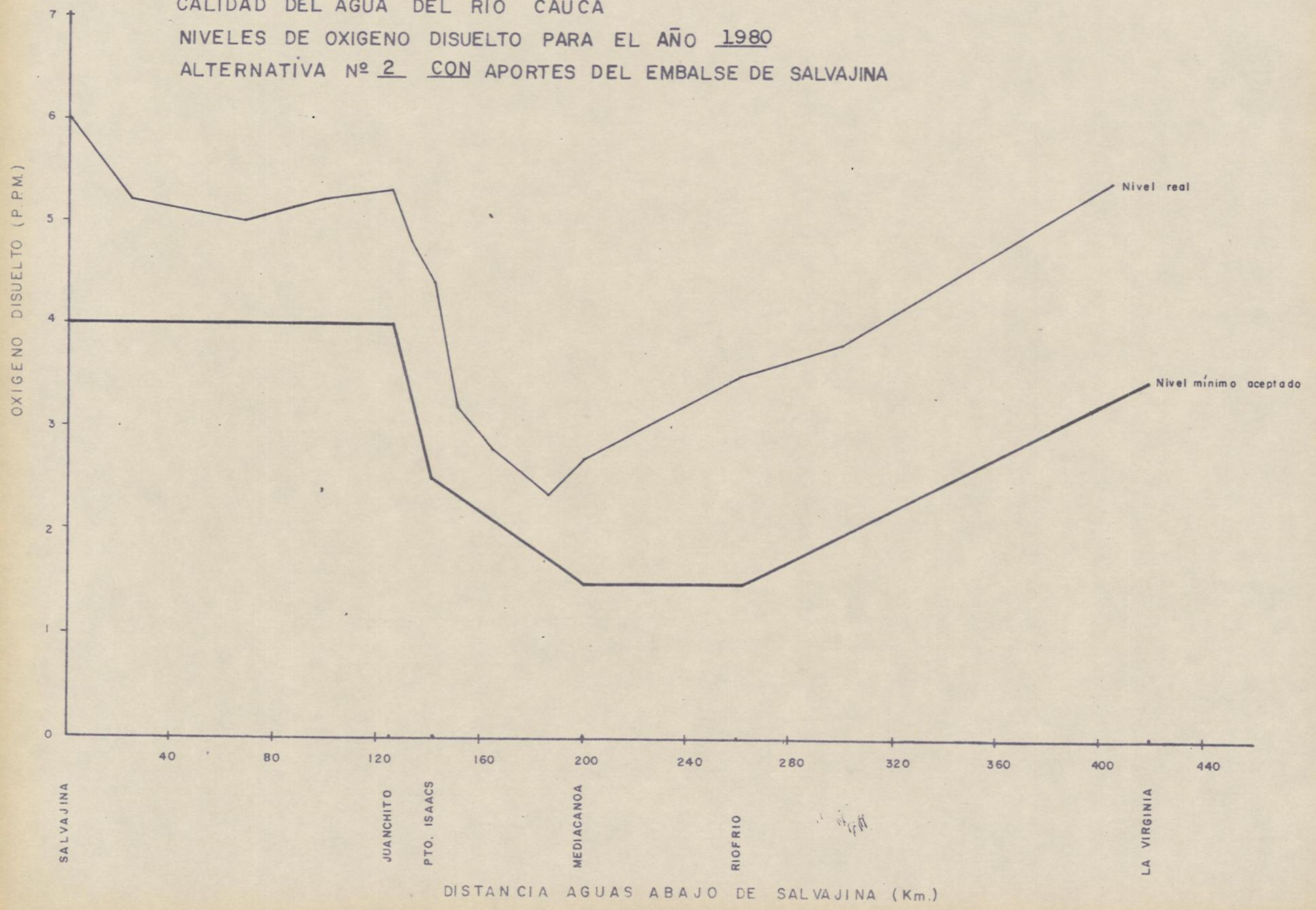
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1995  
ALTERNATIVA Nº 1 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
 NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2.000  
 ALTERNATIVA N° 1 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
 NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1980  
 ALTERNATIVA Nº 2 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1985  
ALTERNATIVA Nº 2 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA

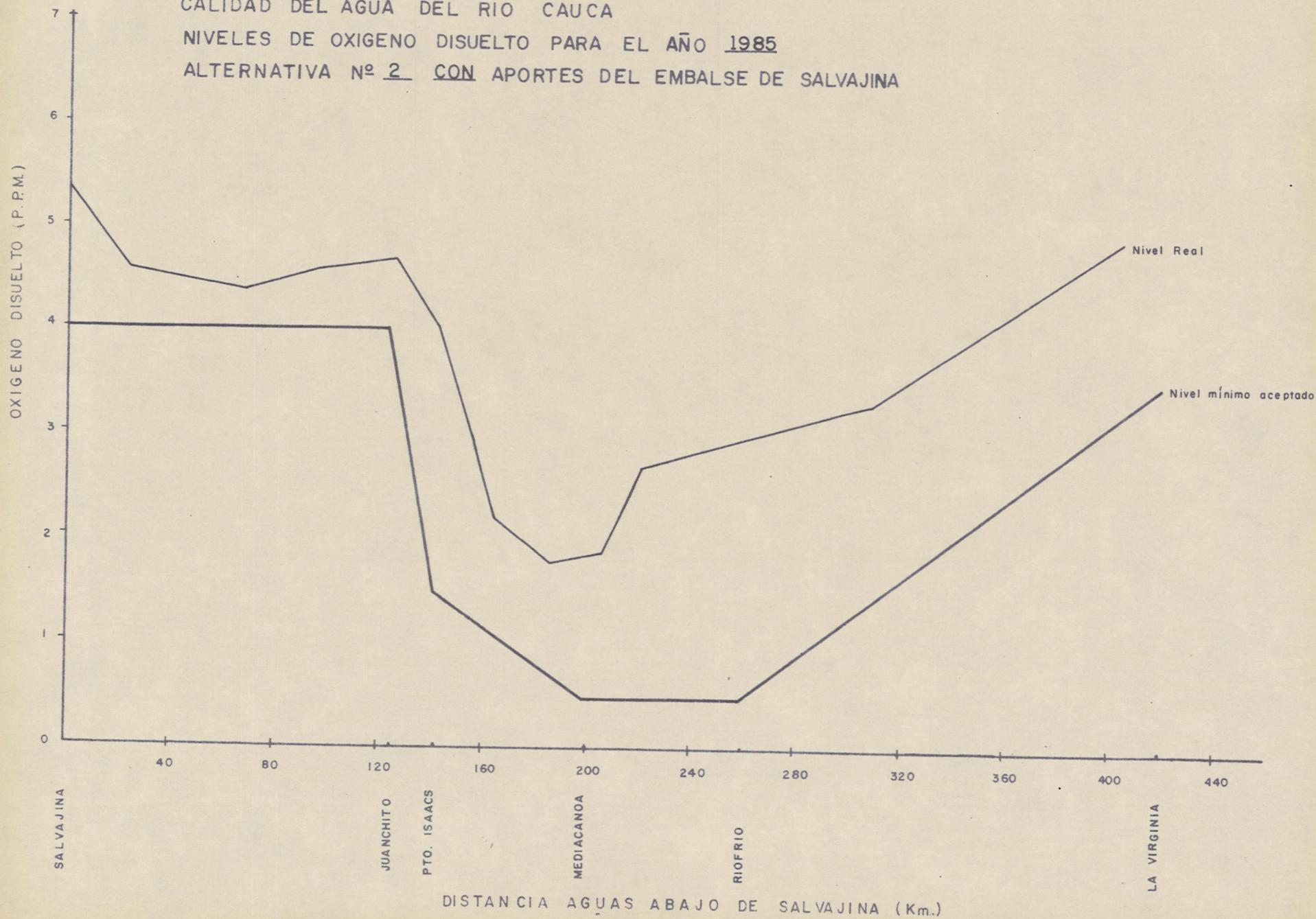
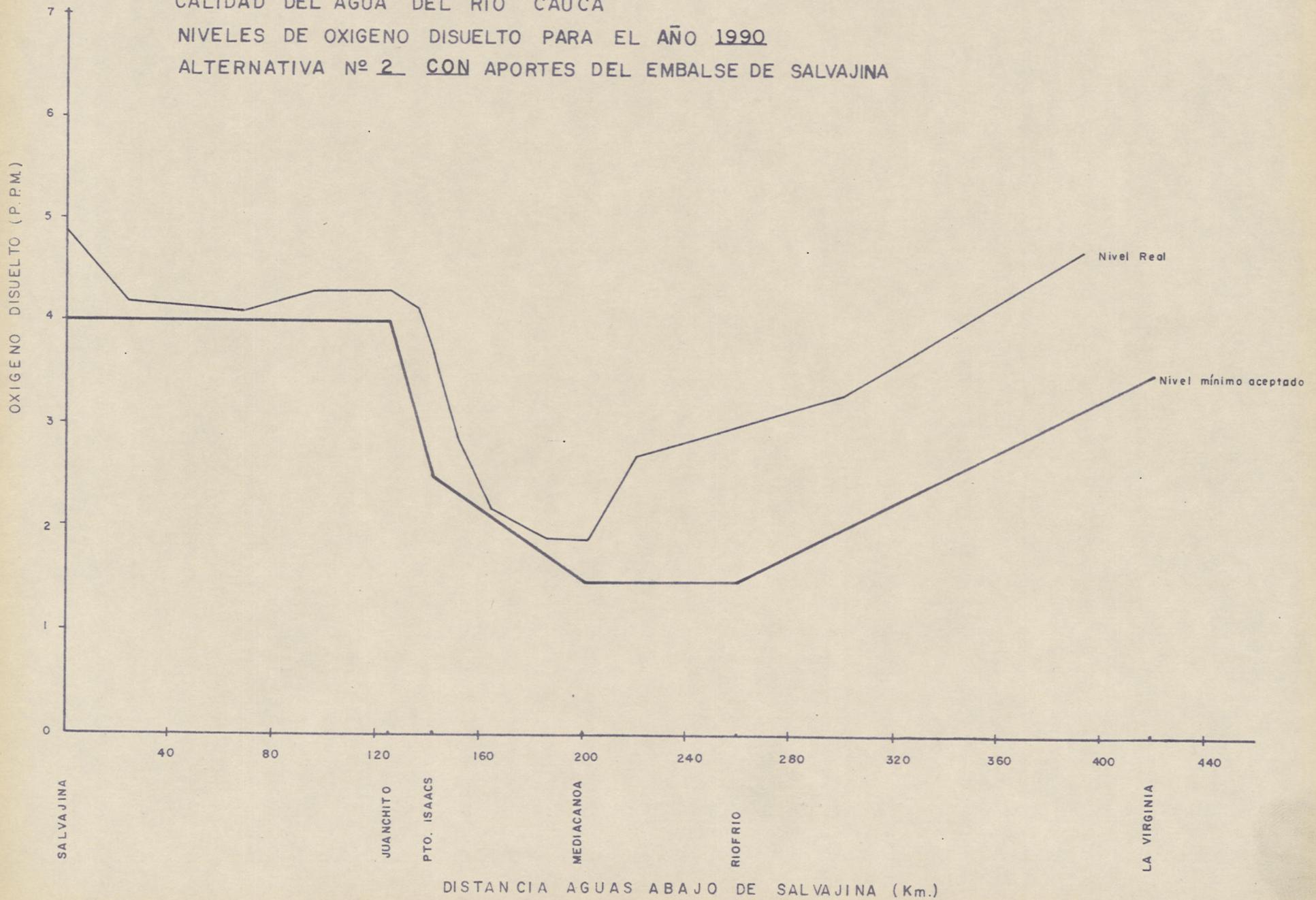
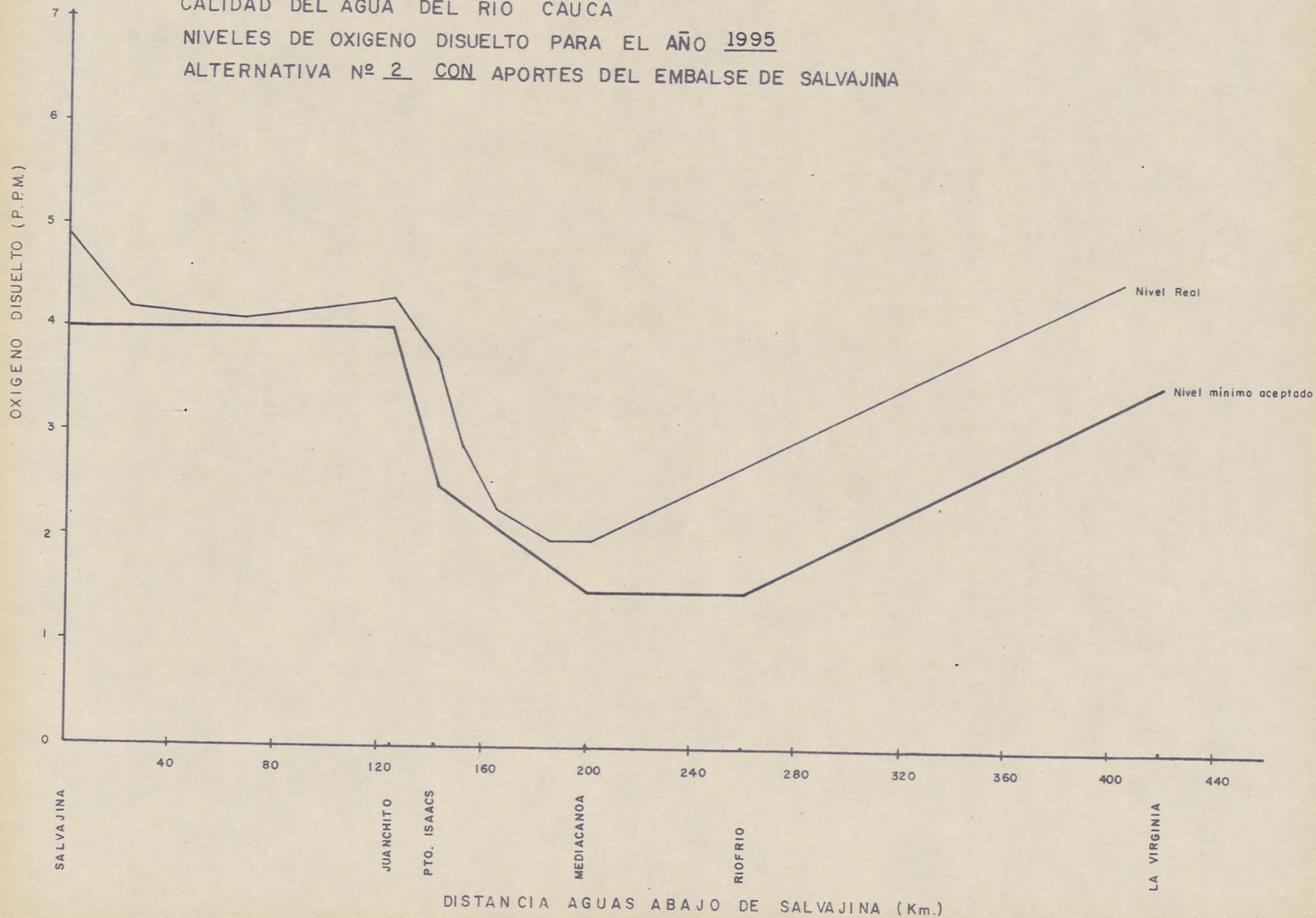


FIGURA 21

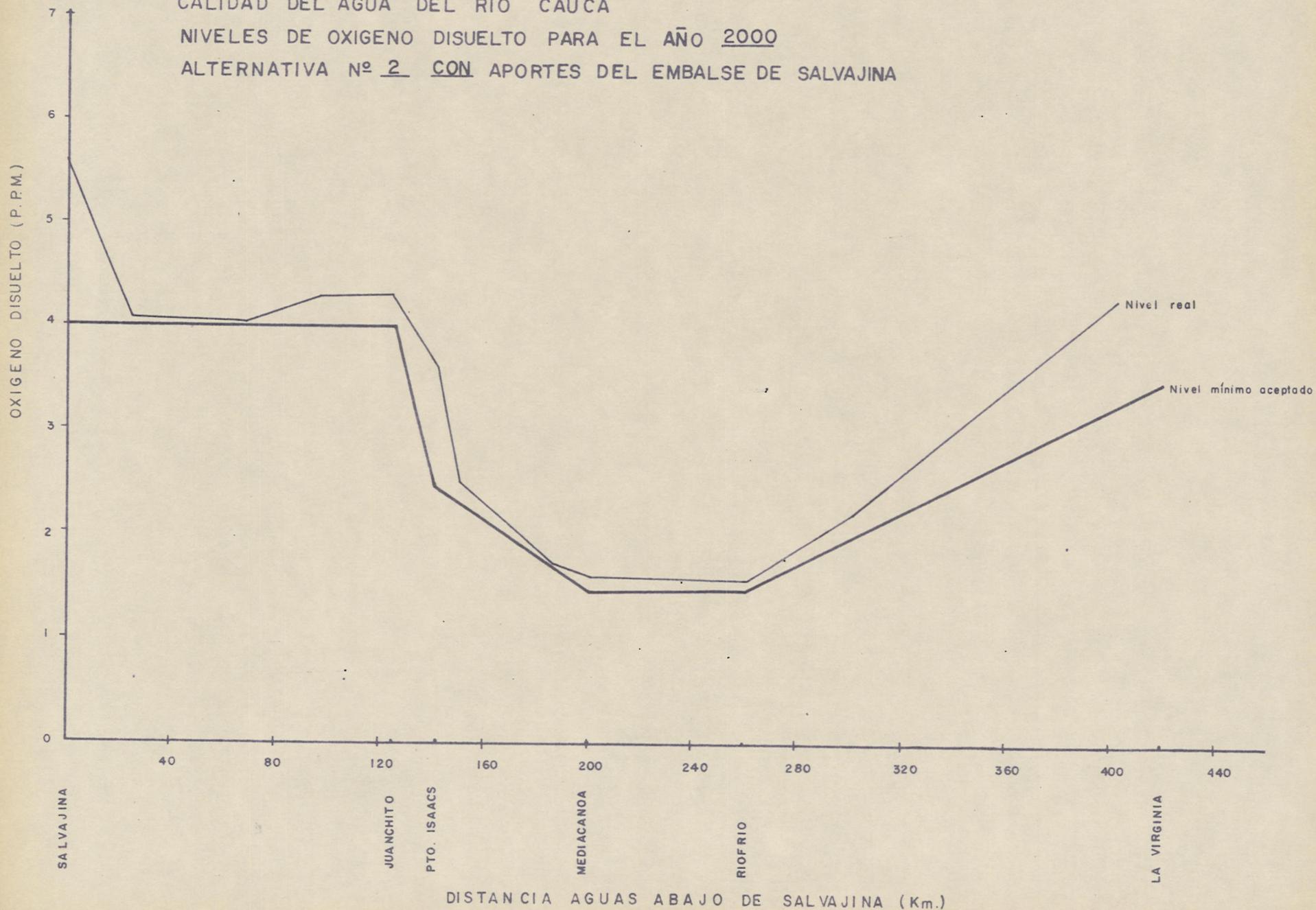
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1990  
ALTERNATIVA N° 2 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



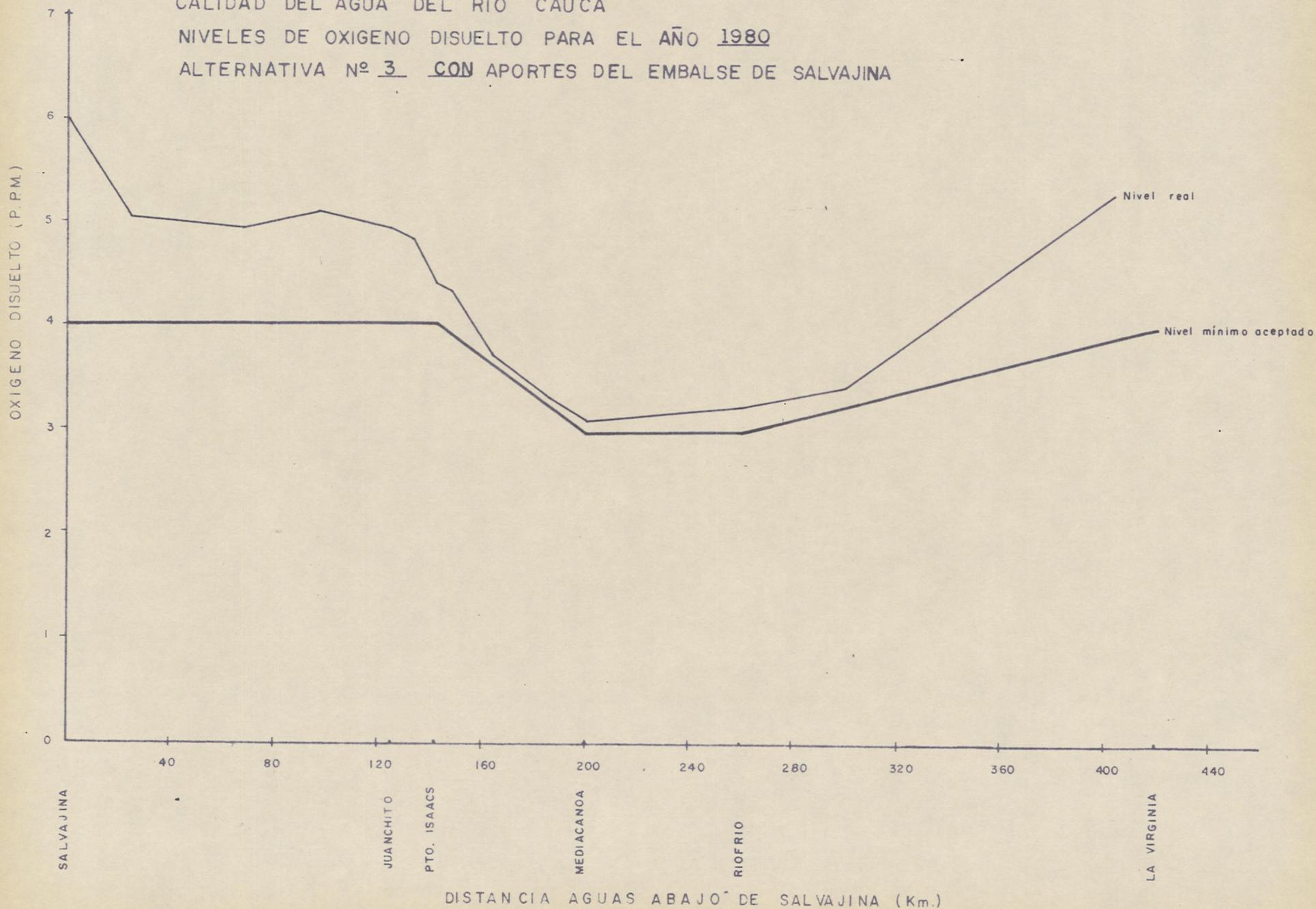
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTOS PARA EL AÑO 1995  
ALTERNATIVA N° 2 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



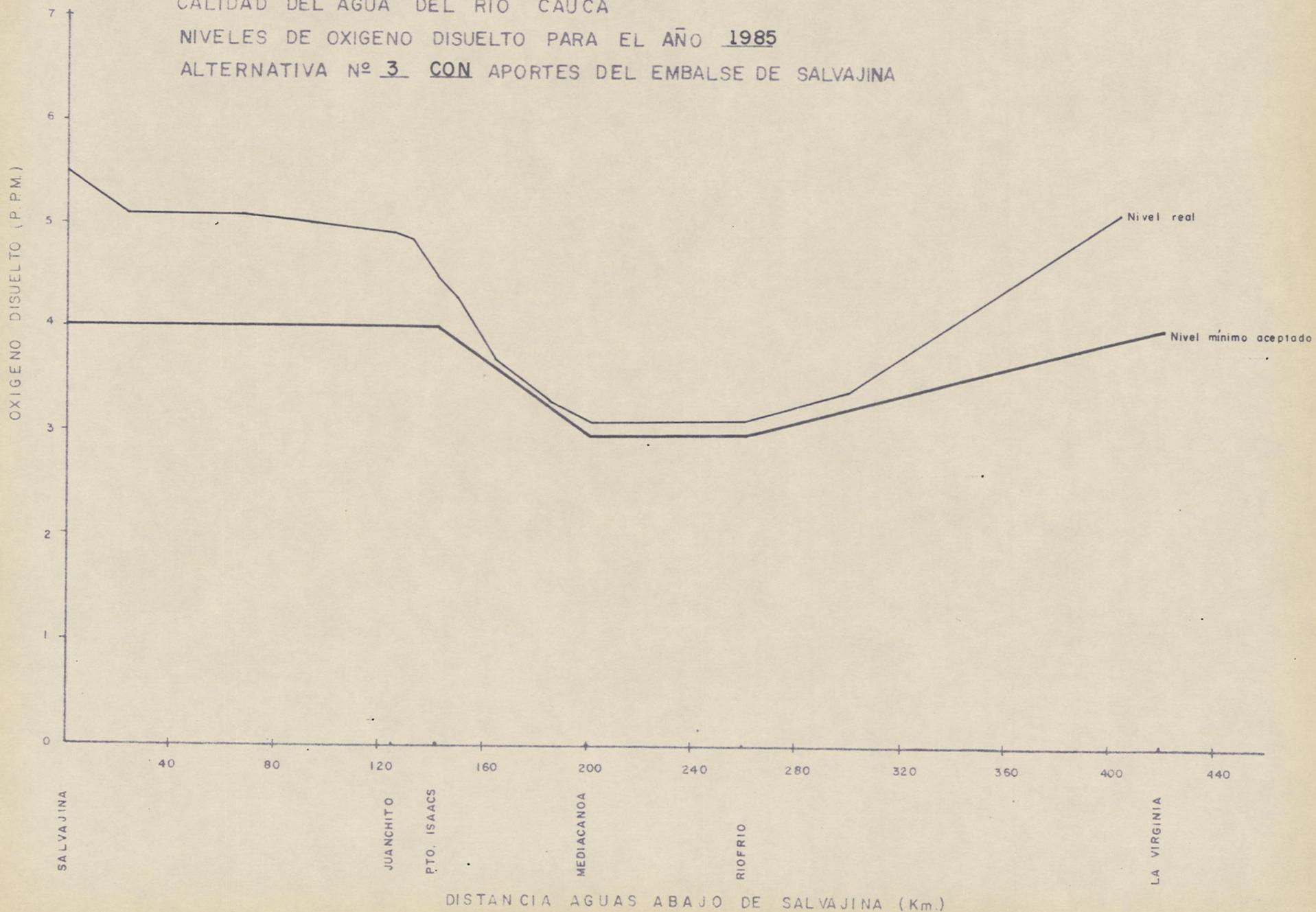
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2000  
ALTERNATIVA N° 2 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



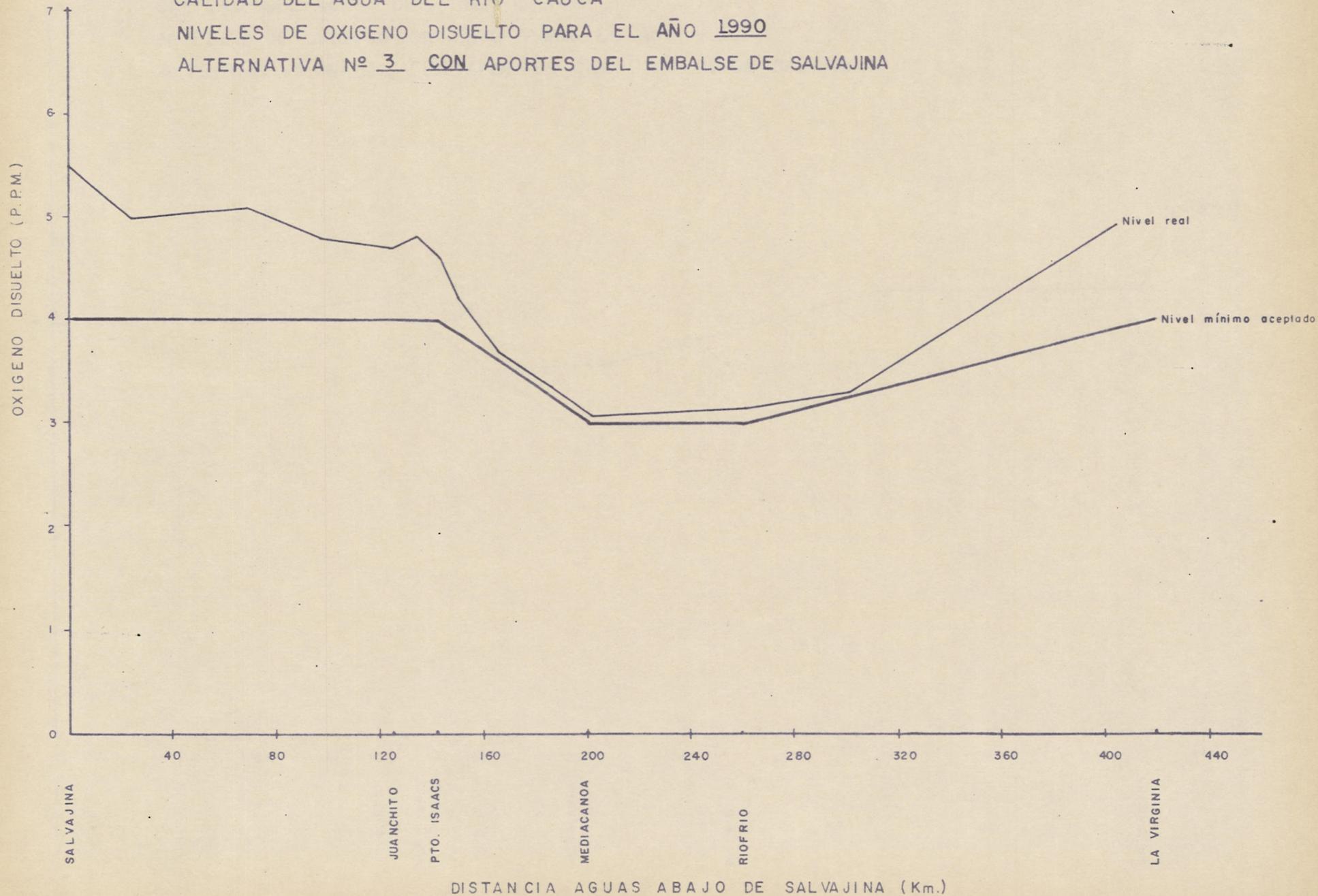
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1980  
ALTERNATIVA N° 3 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



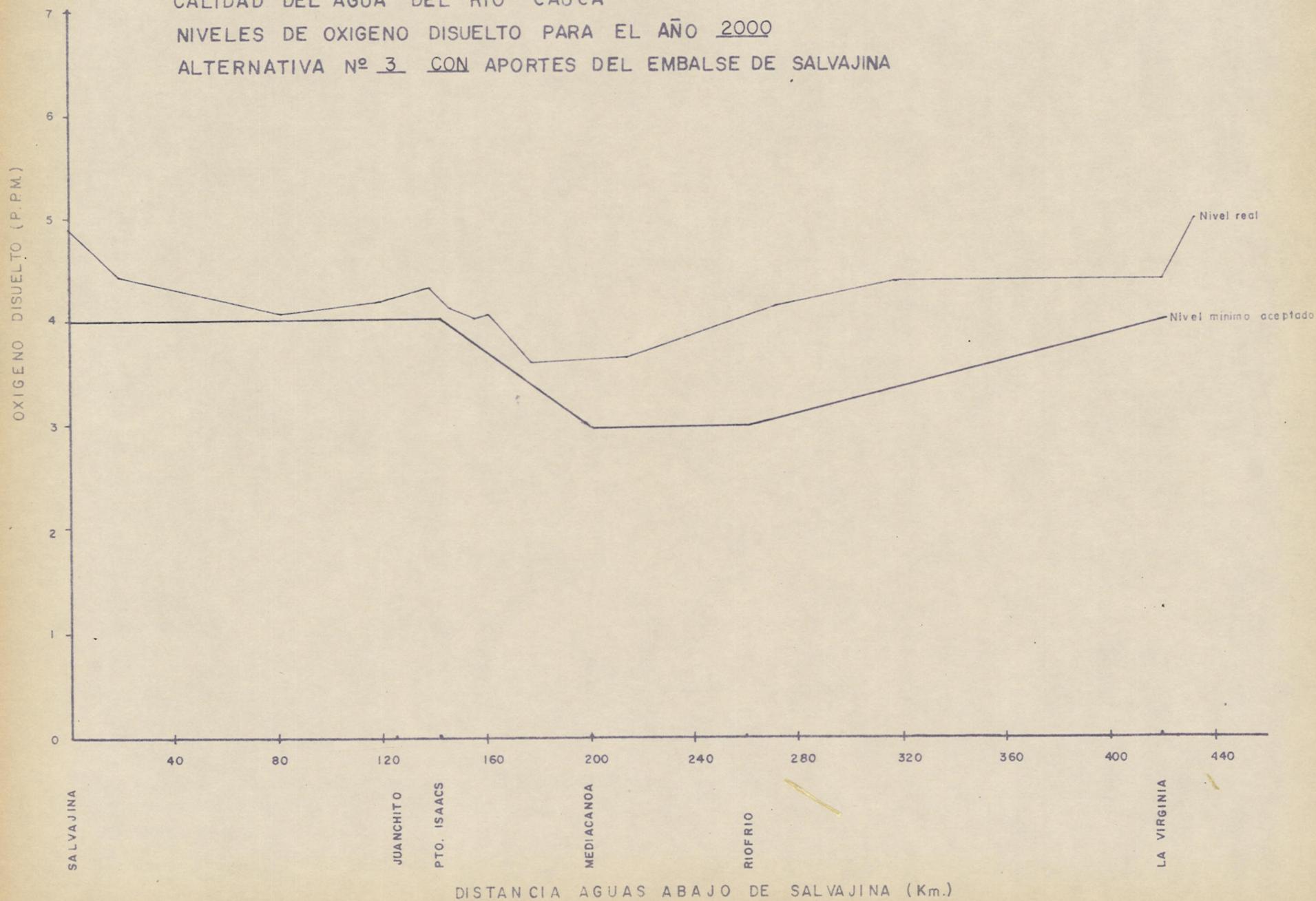
CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1985  
ALTERNATIVA N° 3 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 1990  
ALTERNATIVA N° 3 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



CALIDAD DEL AGUA DEL RIO CAUCA  
NIVELES DE OXIGENO DISUELTO PARA EL AÑO 2000  
ALTERNATIVA N° 3 CON APORTES DEL EMBALSE DE SALVAJINA



ANEXO VII

TABLAS Y GRAFICOS DE COSTOS

COSTOS UNITARIOS DE CAPITAL Y OPERACION-MANTENIMIENTO PARA  
DIVERSAS CLASES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En base a la selección de tratamiento anotada en el Anexo IV y el análisis discriminado de costos de las obras necesarias, se presentan a continuación los costos unitarios de capital, - - operación y mantenimiento para cada uno de los tratamientos.

COSTOS UNITARIOS DE CAPITAL

1	Unidad de aereación extendida	US\$	3'630.000
	Tratamiento primario en papeleras	US\$	800 l/s
	Tratamiento preliminar Cali	US\$	50 l/s
	Flotación (Llorede-C. Titán)	US\$	400 l/s
1	Unidad experimental de aereación (piloto)	US\$	450.000
	Tratamiento Primario, Industrias menores	US\$	17/hab.

COSTOS UNITARIOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

1	Unidad de aereación extendida	US\$	112.000/año
	Tratamiento primario en papeleras, Llorede y C. Titán	US\$	50/l/s/año
	Tratamiento preliminar Cali	US\$	10/l/s/año
1	Unidad experimental de aereación (piloto)	US\$	16.000/año
	Tratamiento primario, Industrias menores	US\$	0.2-0.4 hab/ año.

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1980-1985

ALTERNATIVA 1 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
1P en Papeleras	US\$	1.516.800.00
Flotación Llorede	US\$	24.000.00
TP en Titán	US\$	42.400.00
TP en Cali	US\$	223.550.00
TOTAL C.C.		US\$ 13.146.750.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

3 U en Cali	US\$	336.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	94.800.00
Flotación Llorede	US\$	3.000.00
TP en Titán	US\$	5.300.00
TP en Cali	US\$	44.710.00
TOTAL COM/AÑO		US\$ 499.810.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS: US\$

1'801.810<sup>5</sup>  
~~2.499.850.00~~

TOTAL US\$ 14.948.565.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985-1990

ALTERNATIVA 1 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP en Papeleras	US\$	84.800.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	73.550.00

TOTAL CC: US\$ 11.843.550.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

6 U en Cali	US\$	672.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	104.150.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP en Titán	US\$	5.800.00
TP en Cali	US\$	59.420.00

TOTAL COM/AÑO US\$ 860.720.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS: US\$ 3.102.896.00

TOTAL: US\$ 14.946.446.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1990-1995

ALTERNATIVA 1 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP en Papeleras	US\$	77.600.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	95.625.00
TOTAL CC US\$		11.070.425.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

9 U en Cali	US\$	1.008.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	113.750.00
Flotación Lloreda	US\$	3.750.00
TP en Titán	US\$	6.300.00
TP en Cali	US\$	89.290.00
TOTAL COM/AÑO US\$		1.237.090.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS: US\$ 4.459.709.00

TOTAL US\$ 15.530.134.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 1 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

6 U en Cali	US\$	21.780.000.00
TP en Papeleras	US\$	144.000.00
Flotación Llorede	US\$	4.000.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	139.050.00
TOTAL CC. US\$		22.071.050.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

15 U en Cali	US\$	1.680.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	122.750.00
Flotación Llorede	US\$	6.800.00
TP en Titán	US\$	6.800.00
TP en Cali	US\$	105.860.00
TOTAL COM/AÑO US\$		1.938.210.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 6.987.247.00

TOTAL US\$ 29.058.297.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1975-1980

ALTERNATIVA 2 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

1 U en Cali	US\$	3.630.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
TP en Papeleras	US\$	1.456.000.00
Flotación Lloreda	US\$	22.400.00
TP en Titán	US\$	40.400.00
TP en Cali	US\$	191.550.00
TOTAL C.C.		US\$ 5.790.350.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

1 U en Cali	US\$	112.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	91.000.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Titán	US\$	5.050.00
TP en Cali	US\$	38.310.00
TOTAL COM/AÑO US\$		265.160.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS:US\$ 955.901.00

TOTAL US\$ 6.746.251.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1980-1985

ALTERNATIVA 2 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000.00
TP en Papeleras	US\$	60.800.00
Flotación Llorede	US\$	6.400.00
TP en Titán	US\$	2.000.00
TP en Cali	US\$	32.000.00
TOTAL C.C. US\$		14.621.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

5 U en Cali	US\$	560.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	94.800.00
Flotación Llorede	US\$	3.000.00
TP en Titán	US\$	5.300.00
TP en Cali	US\$	44.710.00
TOTAL COM/AÑO US\$		723.810.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 2.609.335.00

TOTAL US\$ 17.230.535.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985-1990

ALTERNATIVA 2 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP en Papeleras	US\$	84.800.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	73.550.00
TOTAL C.C.	US\$	11.055.150.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO /AÑO

8 U en Cali	US\$	896.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	104.150.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP en Titán	US\$	5.800.00
TP en Cali	US\$	59.420.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.084.720.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 3.910.415.00

TOTAL: US\$ 14.965.565.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1990-1995

ALTERNATIVA 2 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

5 U en Cali	US\$	18.150.000.00
TP en Papeleras	US\$	145.600.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	95.400.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	18.398.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

13 U en Cali	US\$	1.456.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	113.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.750.00
TP en Titán	US\$	6.300.00
TP en Cali	US\$	19.080.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.614.930.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 5.821.822.00

TOTAL US\$ 24.220.022.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 2 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	142.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP Cali	US\$	134.300.00
TP Titán	US\$	4.000.00
1 UI Aranjuez	US\$	3.630.000.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	14.804.300.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/ AÑO

16 U en Cali	US\$	1.792.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP Papeleras	US\$	124.450.00
Flotación Lloreda	US\$	4.150.00
TP en Cali	US\$	105.360.00
TP en Titán	US\$	6.800.00
1 UI en Aranjuez	US\$	112.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	2.160.760.00
TOTAL COM EN 5 AÑOS	US\$	7.789.539.00
TOTAL US\$		22.593.839.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1975-1980

ALTERNATIVA 3 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

6 U en Cali	US\$	21.780.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
TP en Papeleras	US\$	1.456.000.00
Flotación Lloreda	US\$	22.400.00
TP en Titán	US\$	40.400.00
TP en Cali	US\$	191.550.00
TOTAL C.C.		US\$ 23.940.350.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

6 U en Cali	US\$	672.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	91.000.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Titán	US\$	5.050.00
TP en Cali	US\$	38.310.00
TOTAL COM/AÑO.		US\$ 825.160.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS: US\$ 2.974.701.00

TOTAL US\$ 26.915.051.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1980-1985

ALTERNATIVA 3 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

1 U en Cali	US\$	3.630.000.00
TP en Papeleras	US\$	60.800.00
Flotación Lloreda	US\$	6.400.00
TP Titán	US\$	2.000.00
TP Cali	US\$	32.000.00
1 UI en Aranjuez	US\$	3.630.000.00
		<hr/>
TOTAL CC.	US\$	7.361.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

7 U en Cali	US\$	784.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP Papeleras	US\$	94.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.000.00
TP Titán	US\$	5.300.00
TP Cali	US\$	44.710.00
1 UI en Aranjuez	US\$	112.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.059.810.00
TOTAL COM EN 5 AÑOS	US\$	3.820.615.00

TOTAL US\$ 11.181.815.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985-1990

ALTERNATIVA 3 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000.00
TP en Papeleras	US\$	84.800.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP Titán	US\$	4.000.00
TP en Cali	US\$	73.550.00
i UI en Aranjuez	US\$	3.630.000.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	18.315.150.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/ AÑO

11 U en Cali	US\$	1.232.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	104.150.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP Titán	US\$	5.800.00
TP Cali	US\$	59.420.00
2 UI en Aranjuez	US\$	224.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.644.540.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 5.928.566.00

TOTAL US\$ 24.243.716.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO

1990-1995

ALTERNATIVA 3 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP en Papeleras	US\$	145.600.00
Flotación Llorede	US\$	3.200.00
TP Titán	US\$	4.000.00
TP Cali	US\$	95.400.00
2 UI Aranjuez	US\$	7.260.000.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	18.398.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

14 U en Cali	US\$	1.568.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	113.800.00
Flotación Llorede	US\$	3.750.00
TP Titán	US\$	6.300.00
TP Cali	US\$	19.080.00
4 UI Aranjuez	US\$	448.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	2.174.930.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 7.840.622.00

TOTAL US\$ 26.238.822.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 3 (SIN SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP en Papeleras	US\$	142.000.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP en Titán	US\$	134.000.00
TP en Cali	US\$	4.000.00
Primario Poblaciones	US\$	13.517.550.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	24.690.750.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

17 U en Cali	US\$	1.904.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	124.450.00
Flotación Lloreda	US\$	4.150.00
TP Cali	US\$	105.360.00
TP Titán	US\$	6.800.00
TP Poblaciones	US\$	318.060.00
4 UI Aranjuez	US\$	448.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	2.926.820.00
		<hr/>
TOTAL EN 5 AÑOS	US\$	10.551.550.00

TOTAL US\$ 35.242.300.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985 - 1990

ALTERNATIVA 1 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
TP Papeleras	US\$	1.742.400.00
Flotación Lloreda	US\$	26.800.00
TP Cali	US\$	297.100.00
TP Titán	US\$	46.400.00
TOTAL C.C. US\$		17.082.700.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/ AÑO

4 U en Cali	US\$	448.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	108.900.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP en Cali	US\$	59.420.00
TP Titán	US\$	5.800.00
TOTAL COM/AÑO		641.470.00
TOTAL COM EN 5 AÑOS		2.312.499.00

TOTAL US\$ 19.395.199.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1990-1995

ALTERNATIVA 1 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	77.600.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP en Cali	US\$	95.625.00
TP Titán	US\$	4.000.00
TOTAL CC US\$		11.070.425.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

7 U en Cali	US\$	784.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
Flotación Lloreda	US\$	3.750.00
TP en Cali	US\$	89.290.00
TP en Titán	US\$	6.300.00
TOTAL COM/ AÑO US\$		1.013.090.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 3.652.189.00

TOTAL US\$ 14.722.614.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 1 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000,00
TP Papeleras	US\$	144.000,00
Flotación Llorede	US\$	4.000,00
TP Cali	US\$	139.050,00
TP Titán	US\$	4.000,00
TOTAL CC. US\$		14.811.050,00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

11 U en Cali	US\$	1.232.000,00
1 P en Yumbo	US\$	16.000,00
TP Papeleras	US\$	122.750,00
Flotación Llorede	US\$	6.800,00
TP Cali	US\$	105.860,00
TP Titán	US\$	6.800,00
TOTAL COM/AÑO		1.490.210,00
TOTAL COM EN 5 AÑOS		5.372.207,00

TOTAL US\$ 20.183.257,00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1975-1980

ALTERNATIVA 2 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

1 U en Cali	US\$	3.630.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
TP en Papeleras	US\$	1.456.000.00
Flotación Lloreda	US\$	22.400.00
TP en Cali	US\$	191.550.00
TP en Titán	US\$	40.000.00

TOTAL CC. US\$ 5.790.350.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO /AÑO

1 U en Cali	US\$	112.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP Papeleras	US\$	91.000.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Cali	US\$	38.130.00
TP en Titán	US\$	5.050.00

TOTAL COM/AÑO US\$ 265.160.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 955.901.00

TOTAL US\$ 6.746.251.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO

1980-1985

ALTERNATIVA 2 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	60.800.00
Flotación Lloreda	US\$	6.400.00
TP en Cali	US\$	32.000.00
TP en Titán	US\$	2.000.00

---

TOTAL CC. US\$ 10.991.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/ AÑO

4 U en Cali	US\$	448.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	94.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.000.00
TP en Cali	US\$	44.710.00
TP en Titán.	US\$	5.300.00

---

TOTAL COM/AÑO US\$ 611.810.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 2.205.575.00

TOTAL. US\$ 13.196.775.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985-1990

ALTERNATIVA 2 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	84.800.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Cali	US\$	73.550.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TOTAL CC. US\$		11.055.150.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

7 U en Cali	US\$	784.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	104.150.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP en Cali	US\$	59.420.00
TP en Titán	US\$	5.800.00
TOTAL COM/AÑO		972.720.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS: US\$ 3.506.655.00

TOTAL US\$ 14.561.805.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1990-1995

ALTERNATIVA 2 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000.00
TP Papeleras	US\$	145.600.00
Flotación Llorede	US\$	3.200.00
TP en Cali	US\$	95.400.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TOTAL CC.	US\$	14.672.800.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

11 U en Cali	US\$	1.232.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	113.800.00
Flotación Llorede	US\$	3.750.00
TP en Cali	US\$	19.080.00
TP en Titán	US\$	6.300.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.390.930.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS

TOTAL US\$ 19.687.102.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 2 (CON S ALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

5 U en Cali	US\$	18.150.000.00
TP Papeleras	US\$	148.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP en Cali	US\$	134.300.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TOTAL CC.	US\$	18.440.300.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

16 U en Cali	US\$	1.792.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	124.450.00
Flotación Lloreda	US\$	4.150.00
TP en Cali	US\$	105.360.00
TP en Titán	US\$	6.800.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	2.048.760.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 7.385.779.00

TOTAL US\$ 25.826.079.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1975-1980

ALTERNATIVA 3 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

5 U en Cali	US\$	18.150.000.00
1 P en Yumbo	US\$	450.000.00
TP en Papeleras	US\$	1.456.000.00
Flotación Lloreda	US\$	22.400.00
TP en Cali	US\$	191.550.00
TP en Titán	US\$	40.400.00
TOTAL CC.	US\$	20.310.350.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

5 U en Cali	US\$	560.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	91.000.00
Flotación en Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Cali	US\$	38.310.00
TP en Titán	US\$	5.050.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	713.160.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 2.570.941.00

TOTAL US\$ 22.881.291.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1980-1985

ALTERNATIVA 3 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U en Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	60.800.00
Flotación Lloreda	US\$	6.400.00
TP Cali	US\$	32.000.00
TP Titán	US\$	2.000.00
TOTAL CC.	US\$	10.991.200.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

8 U en Cali	US\$	896.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP Papeleras	US\$	94.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.000.00
TP en Cali	US\$	44.710.00
TP Titán	US\$	5.300.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.059.810.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 3.820.615.00

TOTAL US\$ 14.811.815.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1985-1990

ALTERNATIVA 3 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

2 U en Cali	US\$	7.260.000.00
TP Papeleras	US\$	84.800.00
Flotación Lloreda	US\$	2.800.00
TP en Cali	US\$	73.550.00
TP en Titán	US\$	4.000.00
TOTAL C.C.	US\$	7.425.150.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

10 U en Cali	US\$	1.120.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP Papeleras	US\$	104.150.00
Flotación Lloreda	US\$	3.350.00
TP en Cali	US\$	59.420.00
TP en Titán	US\$	5.800.00
TOTAL COM/AÑO	US\$	1.308.720.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS US\$ 4.717.935.00

TOTAL US\$ 12.143.085.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1990-1995

ALTERNATIVA 3 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

4 U en Cali	US\$	14.520.000.00
TP Papeleras	US\$	77.600.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP Cali	US\$	95.625.00
TP Titán	US\$	4.000.00
2 UI Aranjuez	US\$	7.260.000.00
		<hr/>
TOTAL CC.	US\$	21.890.585.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

14 U en Cali	US\$	1,568,000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	113.750.00
Flotación Lloreda	US\$	3.750.00
TP en Cali	US\$	89.290.00
TP en Titán	US\$	6.300.00
4 UI Aranjuez	US\$	448.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	2,145,090.00
TOTAL COM EN 5 AÑOS	US\$	7,733,049.00

TOTAL US\$ 29.623.634.00

COSTOS DE CAPITAL, OPERACION Y MANTENIMIENTO EN EL PERIODO  
1995-2000

ALTERNATIVA 3 (CON SALVAJINA)

COSTOS DE CAPITAL

3 U Cali	US\$	10.890.000.00
TP Papeleras	US\$	142.800.00
Flotación Lloreda	US\$	3.200.00
TP Cali	US\$	134.300.00
TP Titán	US\$	4.000.00
2 UI Aranjuez.	US\$	7.260.000.00
		<hr/>
TOTAL C.C.	US\$	18.434.300.00

COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO/AÑO

17 U en Cali	US\$	1.904.000.00
1 P en Yumbo	US\$	16.000.00
TP en Papeleras	US\$	124.450.00
Flotación Lloreda	US\$	4.150.00
TP Cali	US\$	105.360.00
TP Titán	US\$	6.800.00
4 UI en Aranjuez	US\$	448.000.00
		<hr/>
TOTAL COM/AÑO	US\$	2.608.760.00

TOTAL COM EN 5 AÑOS

TOTAL US\$ 27.838.879.00

COSTOS POR PERIODOS DE 5 AÑOS (US\$)

CON SALVAJINA

		<u>C.Capital</u>	<u>C. Op. y Mant.</u>	<u>C. Total</u>
Alternativa -1-	1975- 1980	--	--	--
	1980- 1985	--	--	--
	1985- 1990	17.082.700	2.312.499	19.395.199
	1990- 1995	11.070.425	3.652.189	14.722.614
	1995- 2000	14.811.050	5.372.207	20.183.257
Alternativa -2-	1975- 1980	5.790.350	955.901	6.746.251
	1980- 1985	10.991.200	2.205.575	13.196.755
	1985- 1990	11.055.150	3.506.655	14.561.805
	1990- 1995	14.672.800	5.014.302	19.687.102
	1995- 2000	18.440.300	7.385.779	25.826.079
Alternativa -3-	1975- 1980	20.310.350	2.570.941	22.881.291
	1980- 1985	10.991.200	3.820.615	14.811.815
	1985- 1990	7.425.150	4.717.935	12.143.085
	1990- 1995	21.890.585	7.733.049	29.623.634
	1995- 2000	18.434.300	9.404.579	27.838.879

COSTOS POR PERIODOS DE 5 AÑOS (US\$)

SIN SALVAJINA

		<u>C.Capital</u>	<u>C. Op. v Mant.</u>	<u>C.Total</u>
Alternativa -1-	1975- 1980	- -	- -	- -
	1980- 1985	13.146.750	1.801.815	14.948.565
	1985- 1990	11.843.550	3.102.896	14.946.446
	1990- 1995	11.070.425	4.459.709	15.530.134
	1995- 2000	22.071.050	6.987.247	29.058.297
Alternativa -2-	1975- 1980	5.790.350	955.901	6.746.251
	1980- 1985	14.621.200	2.609.335	17.230.535
	1985- 1990	11.055.150	3.910.415	14.965.565
	1990- 1995	18.398.200	5.821.822	24.220.022
	1995- 2000	14.804.300	7.789.539	22.593.839
Alternativa -3-	1975- 1980	23.940.350	2.974.701	26.915.051
	1980- 1985	7.361.200	3.820.615	11.181.815
	1985- 1990	18.315.150	5.928.566	24.243.716
	1990- 1995	18.398.200	7.840.622	26.238.822
	1995- 2000	24.690.750	10.551.550	35.242.300

COSTOS POR PERIODOS DE 5 AÑOS US\$

VALOR PRESENTE 1974 Y R= 12%

		R=12%	R=10%	R=12%	R=10%
		<u>CON SALVAJINA</u>		<u>SIN SALVAJINA</u>	
Alternativa -1-	1975-1980	--		--	
	1980-1985	--		8.475.836	9'281.56N
	1985-1990	6.245.254	7'476.849	4.812.756	5'761.855
	1990-1995	2.694.238	3'524.594	2.842.015	3'717.914
	1995-2000	2.099.059	2'999.232	3.022.063	4'318.063
	Total	<u>11.038.551</u>	<u>14'000.675</u>	<u>19.152.670</u>	<u>13'079.396</u>
Alternativa -2-	1975-1980	6.746.251		6.746.251	
	1980-1985	7.482.560		9.769.713	
	1985-1990	4.688.901		4.818.912	
	1990-1995	3.602.740		4.432.264	
	1995-2000	2.685.912		2.349.759	
	Total	<u>25.206.364</u>		<u>28.116.899</u>	
Alternativa -3-	1975-1980	22.881.291		26.915.051	
	1980-1985	8.398.299		6.340.089	
	1985-1990	3.910.073		7.806.477	
	1990-1995	5.421.125		4.801.704	
	1995-2000	2.895.243		3.665.199	
	Total	<u>43.506.031</u>		<u>49.528.520</u>	

# GRAFICO DE INVERSIONES

## CONVENCIONES

- COSTOS DE CAPITAL 
- COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 
- COSTOS TOTALES 

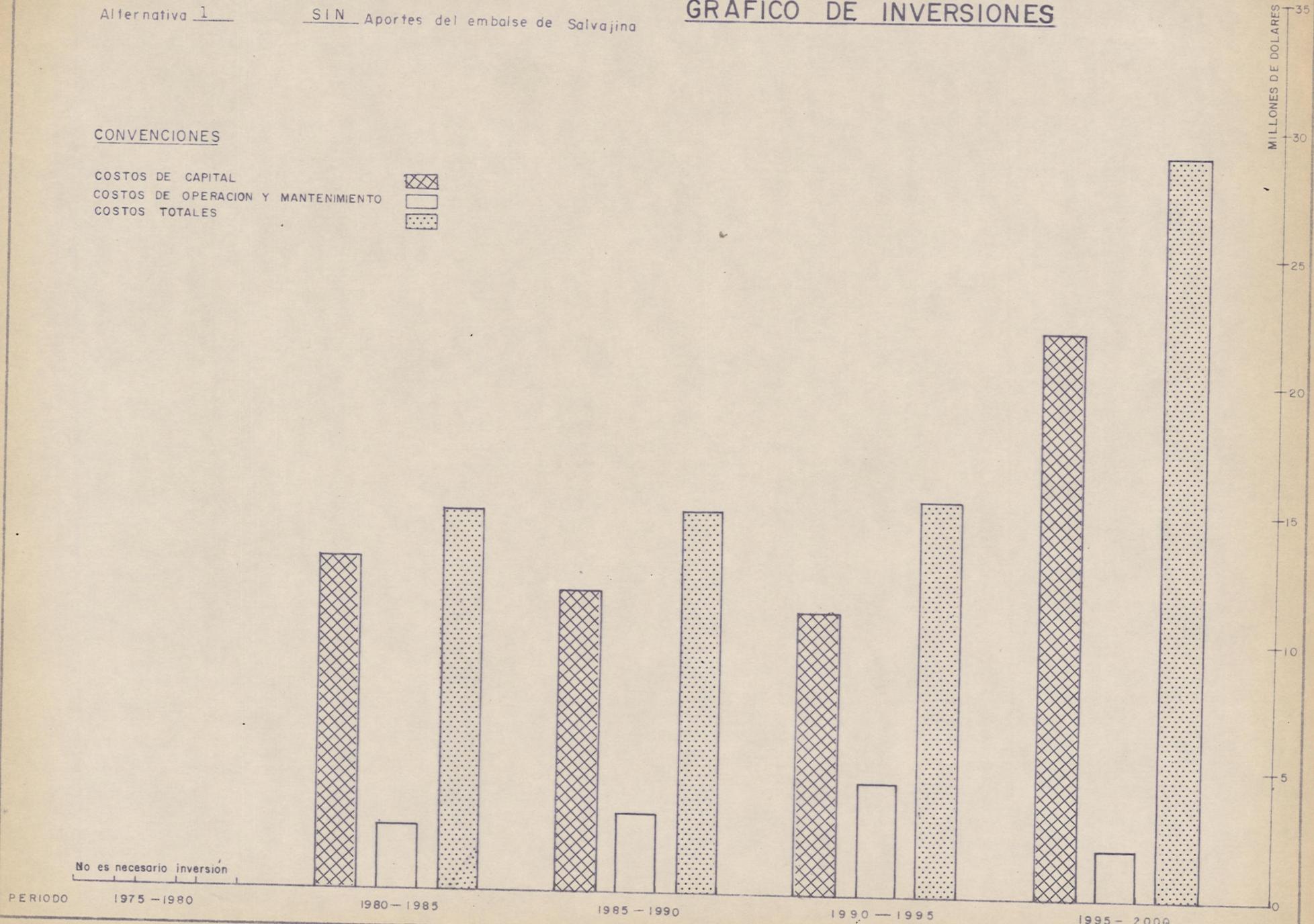
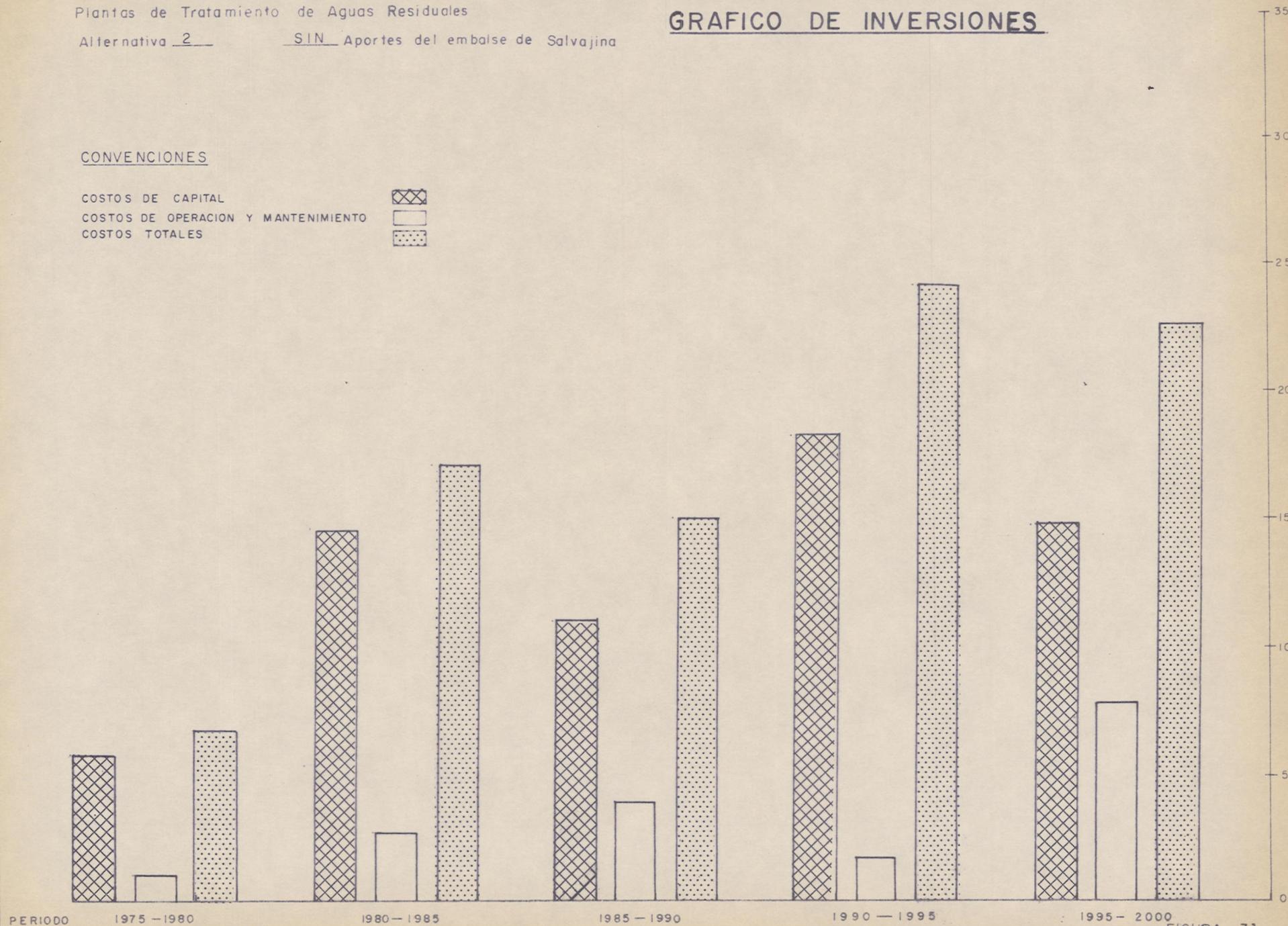


FIGURA 30

# GRAFICO DE INVERSIONES

## CONVENCIONES

COSTOS DE CAPITAL  
COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
COSTOS TOTALES



# GRAFICO DE INVERSIONES

## CONVENCIONES

COSTOS DE CAPITAL  
COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
COSTOS TOTALES



MILLONES DE DOLARES

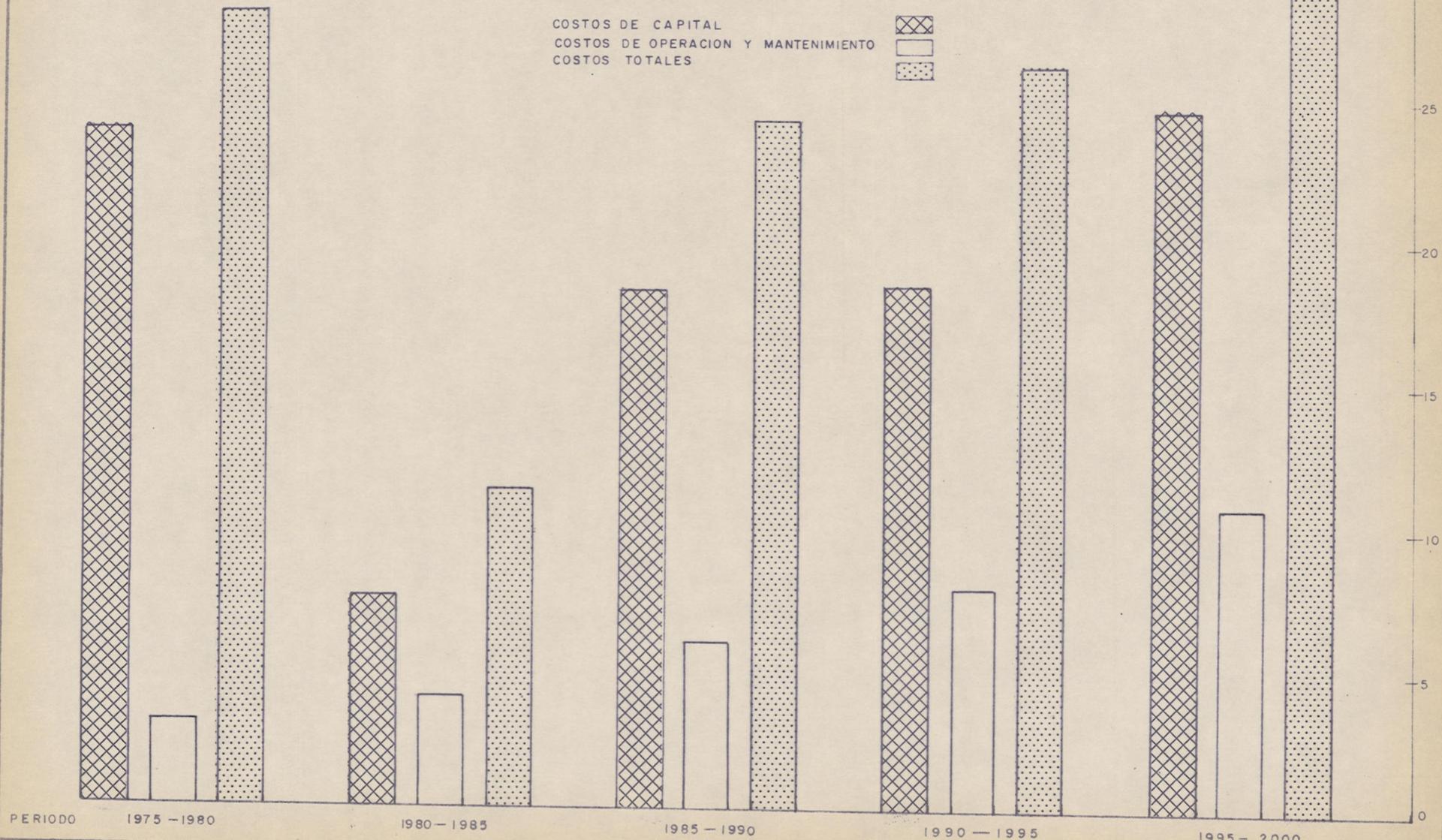


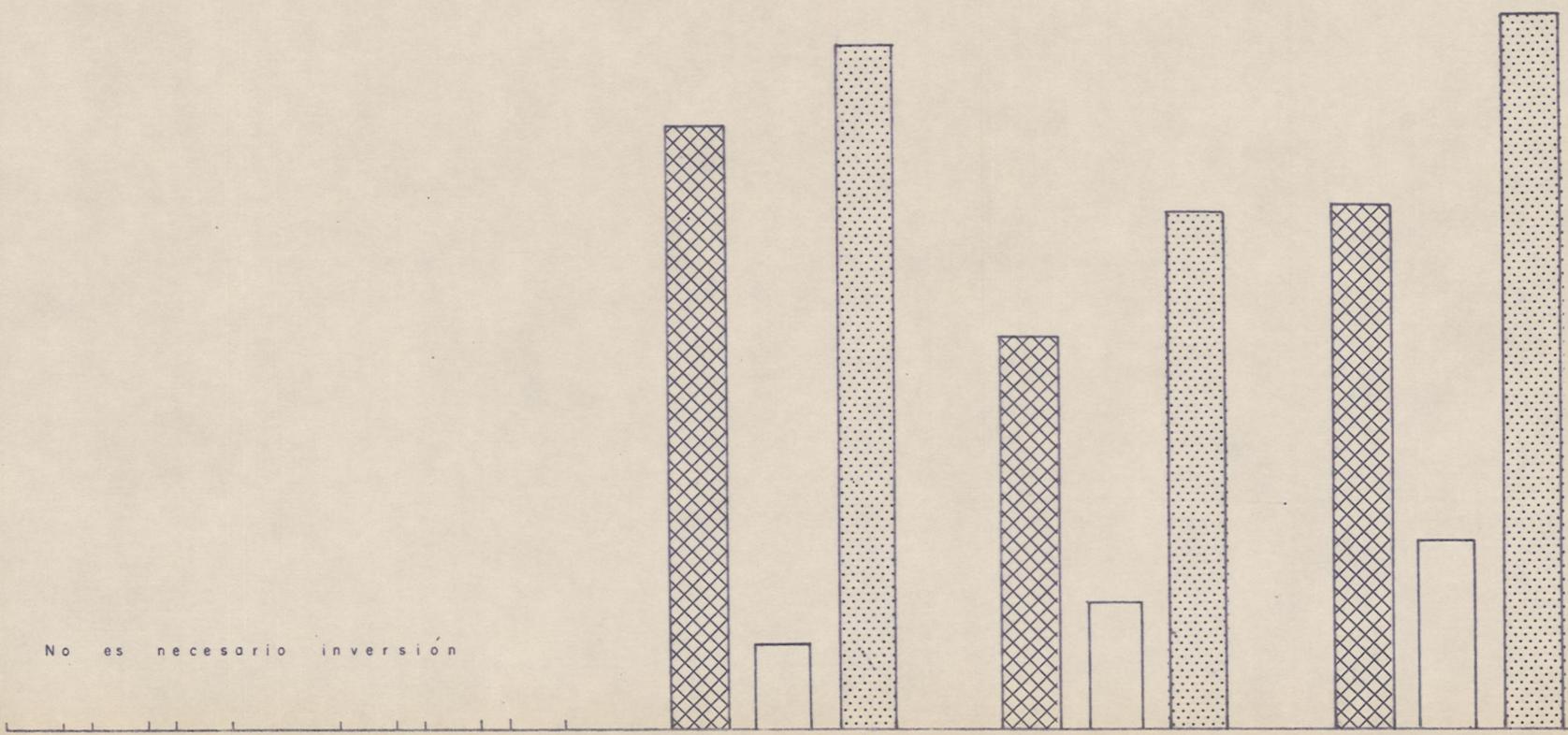
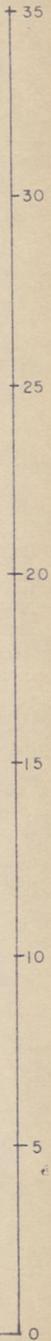
FIGURA 32

# GRAFICO DE INVERSIONES

## CONVENCIONES

- COSTOS DE CAPITAL 
- COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO 
- COSTOS TOTALES 

MILLONES DE DOLARES

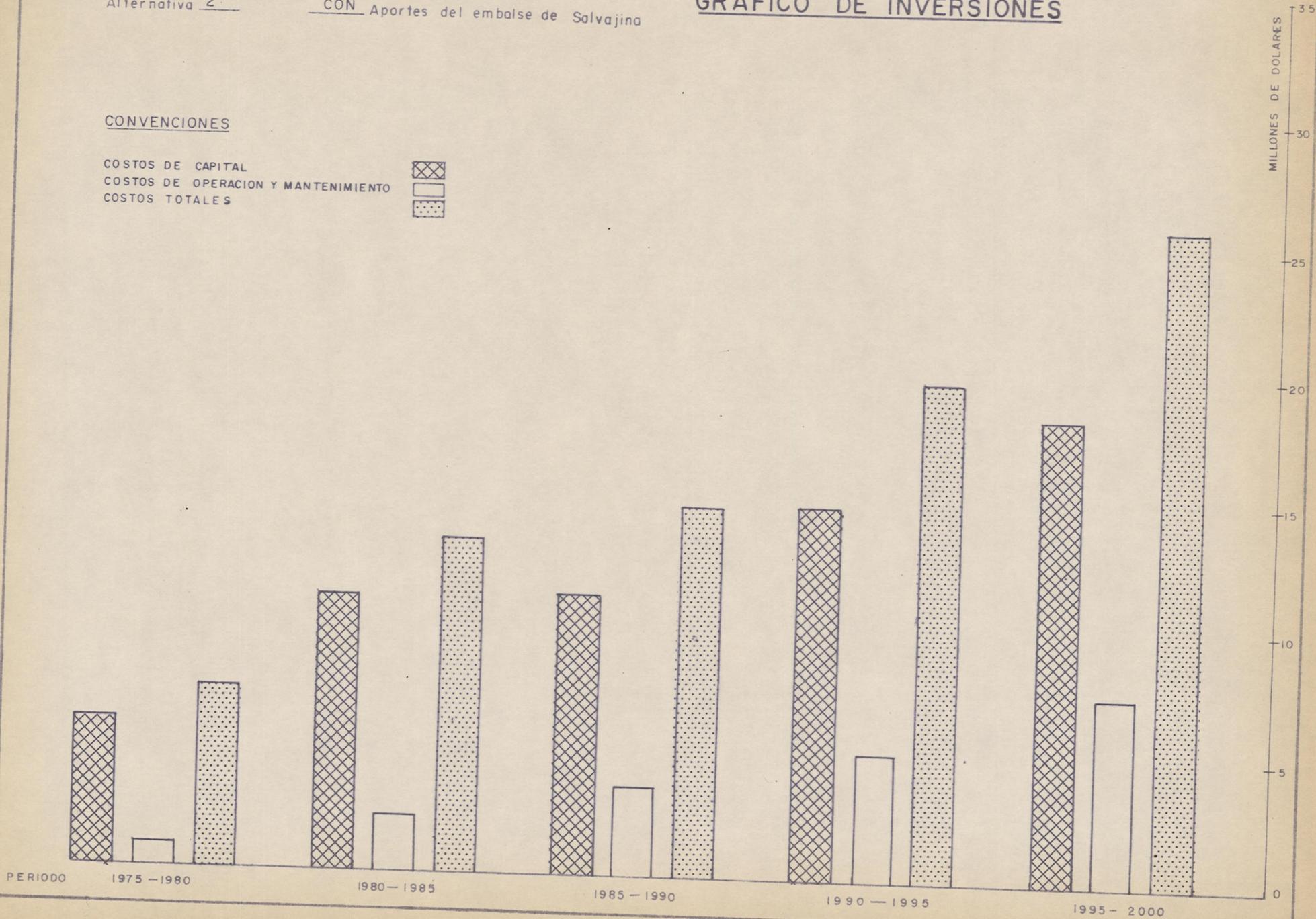


No es necesario inversión

# GRAFICO DE INVERSIONES

## CONVENCIONES

COSTOS DE CAPITAL  
COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
COSTOS TOTALES

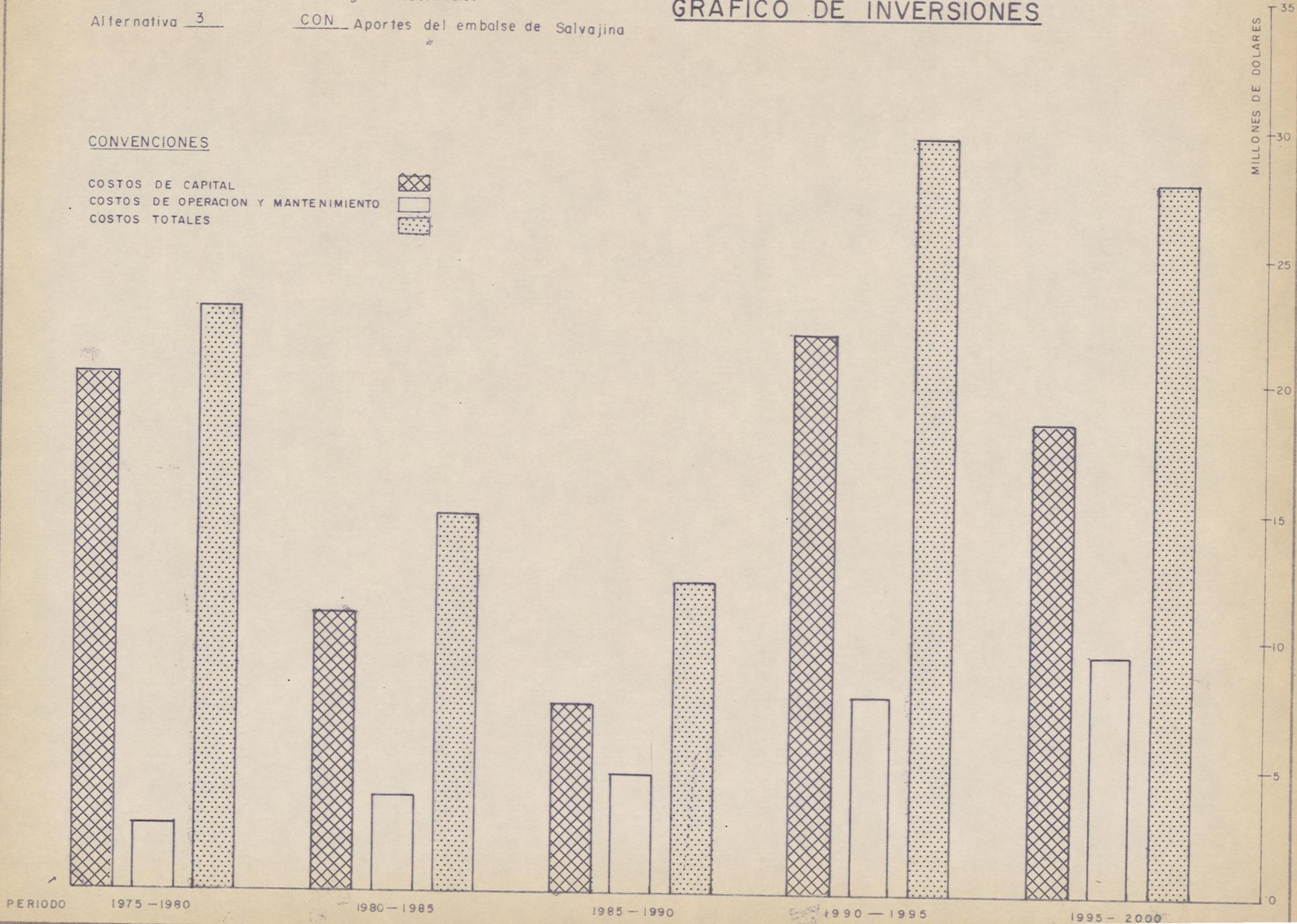


Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales  
Alternativa 3 CON Aportes del embalse de Salvajina

## GRAFICO DE INVERSIONES

### CONVENCIONES

COSTOS DE CAPITAL  
COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
COSTOS TOTALES



ANEXO VIII

REGLAMENTO TENTATIVO

(3 Alternativas)

**ALTERNATIVA**

**1**

REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS

EN LA CUENCA DEL RIO CAUCA ( JURISDICCION DE CVC )

CAPITULO I

GENERALES

- Art. 1 Toda entidad pública y privada establecida en la cuenca del Cauca debe cumplir con lo dispuesto en este Reglamento sin excepción alguna.
- Art. 2 El Ministerio de Salud en el ejercicio de la acción sanitaria que le compete, podrá recabar toda la información que se relacione con la contaminación de las aguas y, en caso de riesgo, adoptar las medidas necesarias para proteger la salud de las personas.
- Art. 3 La CVC tendrá a su cargo el otorgamiento de permisos de descarga, la aprobación de los proyectos de instalaciones de control, la vigilancia de obras a este respecto y el control del funcionamiento adecuado de las mismas. Además efectuará un muestreo constante de las aguas de la cuenca.

CAPITULO II

METAS DE CALIDAD DE AGUAS

Art. 4 Se establecen las siguientes metas relativas a la calidad de aguas de la cuenca, a ser alcanzadas antes del 1º de Enero de 1980. Las frecuencias de muestreo y métodos de análisis lo especificará oportunamente la CVC.

Parámetro

Metas

Oxígeno disuelto  
(ppm OD)

Para todo el año, excepto el mes de noviembre: desde la entrada de agua al Valle hasta Juanchito no menos de 4 ppm (mg/lit).

Desde Juanchito hasta Puerto Isaacs, el mínimo está dado por una recta que baja del valor 4 ppm hasta 1.5 ppm.

Desde Puerto Isaacs hasta la confluencia de la Laguna de Sonso, el mínimo está dado por una recta que baja del valor 1.5 ppm. hasta 0.5 ppm.

Desde la confluencia de la laguna de Sonso hasta Río Frio, el límite es 0.5 ppm.

Desde Río Frio hasta La Virginia, el límite mínimo está dado por una recta que sube del valor 0.5 ppm. hasta 3.5 ppm.

En el mes de noviembre de cada año, todos los valores límites de OD serán incrementados en 1 ppm. Los valores límites de OD en los cauces afluentes no serán menores que los que-

corresponden al cauce principal, en su confluencia, en cualquier época del año.

Parámetro

Metas

Temperatura

No será permitida la descarga de sistemas de enfriamiento industriales en las lagunas marginales o madre viejas adyacentes al cauce principal del río Cauca.

Los cambios de temperatura inducidos por sistemas de utilización de agua para enfriamiento serán tales que la actividad reproductiva de especies como *Prochilodus reticulatus* estará protegida. A tal efecto, la CVC indicará oportunamente y en cada caso:

- a) Los diferenciales de temperatura máximos que pueden bloquear la migración, en ciertas épocas del año y las áreas afectadas.
- b) Los cambios bruscos máximos admisibles de temperatura en el micro-habitat de desove.

Compuestos orgánicos adsorbibles en carbón (ECC y EAC)

En Juanchito (cauce principal del río Cauca) las concentraciones de compuestos orgánicos adsorbibles en carbón serán menores, en toda época, que los siguientes valores máximos:

Extracto Carbón Cloroformo (ECC)-0.3 mg/lt

Extracto Carbón Alcohol- (EAC)-1.5 mg/lt.

Las determinaciones se suponen efectuadas por el método de flujo bajo (Standard Methods 139-B- Edición 1971).

Substancias tóxicas

Se denomina TL<sub>50</sub> a la dosis que produce 50% de muertes del número original-

de la especie ensayada, en 96 horas.

Las siguientes substancias serán consideradas tóxicas cuando alcancen determinada concentración: Mercurio orgánico, Bifenilos policlorados, Metales pesados, Pesticidas, Amonio, Cloro, Cianuros, Detergentes, Fenoles y Sulfuros.

Se tomarán los siguientes factores de aplicación de los TL<sub>96</sub>

- a) Tóxicos no acumulativos: 0.1 TL<sub>96</sub>
- b) Tóxicos acumulativos: 0.05 TL<sub>96</sub>
- c) Cuando dos o más materiales tóxicos están presentes al mismo tiempo y llamando L a las concentraciones resultantes de la determinación de los TL<sub>m</sub> con los correspondientes factores de aplicación, la siguiente relación se aplicará:

$$\frac{C_1}{L_1} + \frac{C_2}{L_2} + \dots + \frac{C_n}{L_n} \leq 1.0$$

donde C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ..., C<sub>n</sub> son las concentraciones de cada tóxico.

Los siguientes valores de muestra pueden ser considerados límites, sujetos a ser confirmados por los big ensayos correspondientes:

Pesticida clorado

Concentración máxima en miligramos/litro (mg/lit)

Aldrin	0.01
DDT	0.002
Dieldrin	0.005

Pesticida clorado

Concentración máxima en miligramos/litro (mg/lt)

Heptaclor	0.01
-Clordano	0.04
PCB	0.002

Pesticida fosforado

Malation	0.008
Paration	0.0004

Carbonatos

Carbaryl	0.02
Zectran	0.1

Herbicidas

2.4 - D (BEE)	4.0
Silvex (BEE)	2.5
Fenac (Sal sódica)	45.0

Elemento o compuesto

Concentración máxima en miligramos por litro (mg/l)

Amonio	0.02
Fenoles	0.1
Cianuros	0.005
Cromo	0.05
Plomo	0.10
Mercurio	0.0002
Sulfuros	0.002

NOTA: Para los compuestos no anotados y aquellos que en el futuro salgan al mercado, la CVC determinará las concentraciones máximas permisibles.

Parámetros

Metas

Bacterias coliformes	Entre el límite de entrada de aguas al valle (Salvajina) y Juanchito, no se excederá de 2000 coliformes fecales por 100 ml como promedio mensual, con un máximo de 4000 coliformes fecales por 100 ml, excepto en zonas de mezcla cercanas a las descargas cloacales.
pH	No menor de 6.0 ni mayor de 9.0
Sustancias flotantes	Ausencia de sólidos visibles a simple vista, espumas o aceites que puedan ser atribuidos a descargas de aguas residuales.

Art. 5 Con motivo de las variaciones a esperar en relación con el tipo de suelos, clase de cultivo, práctica de irrigación y otras variables, CVC podrá establecer límites diferentes respecto a calidad de aguas admisibles. En cada área mayor de riesgo se tendrán en cuenta: razón de absorción de sodio, índice de precipitación, conductividad específica, tóxicos y patógenos; con especial atención a las economías global y local afectadas.

CAPITULO III

MECANISMO DE CONTROL

Art. 6 A partir del 1º de Junio de 1975 todas las descargas de --  
aguas existentes, provenientes de núcleos poblados, indus --  
trias, riegos, alcantarillados municipales o de cualquier en  
tidad pública o privada, deberán ser identificadas cualitati  
va y cuantitativamente mediante un registro ante CVC.

Sin embargo CVC podrá indicar los parámetros a medir y sus --  
particularidades de medición o efectuar directamente la iden  
tificación.

El límite máximo para presentación de registros será al 1º --  
de marzo de 1976.

Art. 7 A partir del 1º de Junio de 1975, cualquier nueva descarga  
de aguas en la cuenca del río Cauca (jurisdicción CVC), de  
berá requerir la correspondiente autorización de CVC.

Art. 8 De acuerdo a los dictámenes de CVC, que estarán regidos por  
lo establecido en este Reglamento, antes del 1º de Julio de  
1977 deberán presentarse a CVC los proyectos de instalaciones  
de control de las descargas de aguas residuales existentes --  
al 1º de marzo de 1976, que puedan cumplir con lo dispuesto  
en esos dictámenes. Los proyectos de las instalaciones de --  
control de las descargas de aguas residuales iniciadas poste  
riormente al 1º de marzo de 1976, deberán presentarse en opor  
tunidad que fija la CVC en cada caso.

Art. 9 La CVC indicará sus observaciones a los proyectos, si las -  
hubiere, antes de los seis meses siguientes a la fecha de -  
presentación. Estas observaciones deberán ser tenidas en -  
cuenta para que ~~las~~ obras sean posteriormente aprobadas.

Art. 10 Las obras e instalaciones serán construidas y operadas de -  
tal modo que se cumplan las reducciones y/o valores límites  
establecidas por CVC. Estas reducciones o valores que se es  
pecifican más adelante tienden a cumplir lo indicado en -  
las metas de parámetros mencionados en el artículo 4.  
Los plazos de ejecución de las obras e instalaciones los fi  
jará CVC en cada caso.

CAPITULO IV

CONTROL DE EFLUENTES

Art. 11 De acuerdo a los estudios realizados para alcanzar los límites fijados en el Art. 4º - Capítulo 2º, deberán reducirse las cargas contaminantes debidas a desechos domésticos e industriales de acuerdo a la que se indica en los Artículos siguientes.

Parágrafo- Llámase en lo que sigue "U" a una unidad de tratamiento del tipo de aereación extendida o similar con 12.500 Kg/día de capacidad en demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), 5-días, 20°C; y "P" a una unidad del mismo tipo con capacidad de 1.250 Kg/día (DBO<sub>5</sub>).

Ambas tendrán una eficiencia de remoción igual al 95%.

Art. 12 La ciudad de Cali concentrará sus descargas de aguas residuales en un lugar apropiado y efectuará los siguientes tratamientos:

- Tratamiento preliminar a partir de 1981, para caudal igual al doble de tiempo seco, para reducir flotables y arenas con eficiencia de 80% como mínimo.
- Instalación por períodos quinquenales, a partir de 1985, de grupos de unidades "U", según el crecimiento de la población y de acuerdo a los estudios y comprobaciones técnicas correspondientes.

Art.13 Las industrias de fabricación de papel o similares, deberán realizar un pretratamiento de sus aguas residuales -- antes de 1981 que consistirá en separación por rejillas medianas, desarenador y neutralizador, de modo de obtener -- eliminación de no menos del 80% de arenas o similares y -- un pH entre 6.0 y 9.0 en el efluente. Además instalarán -- un tratamiento primario antes de 1985 de modo de alcanzar las reducciones siguientes mínimas en sus desagües:

En sólidos suspendidos totales -50%

En demanda bioquímica de oxígeno, 5 días-17%

La reducción total entre tratamientos y cambios de proceso será tal que se obtenga un valor menor a 45 kg de DBO- por tonelada de producto antes de 1990, sin que ello implique no efectuar el tratamiento primario antes especificado.

Art.14 Otras industrias existentes o a instalarse, efectuarán -- tratamientos equivalentes para lograr las siguientes reducciones antes de 1985.

a. Cuando el parámetro inconveniente a juicio de CVC sea sulfuros, aceites, grasas o tóxicos: 80% en dichos parámetros.

b. En sólidos suspendidos: 50% (si el líquido crudo tiene más de 500 ppm).

Art.15 En la ciudad de Yumbo o su cercanía se instalará una unidad "P" de tratamiento antes de 1985, de tal manera que -- pueda usarse como unidad piloto recibiendo parte de desagües de las industrias papeleras y de curtiembres. La CVC

indicará cuando, a partir de 1995, se incrementará esa unidad con otra similar.

Un tratamiento preliminar para caudal igual al doble de tiempo seco, para reducir flotables y arenas con eficiencia de 80% como mínimo, será efectuado a partir de 1981.

Art. 16 Los ingenios azucareros que produzcan alcohol deberán disponer las vinazas por aplicación al terreno en forma aprobada por los técnicos de CVC.

El resto de las descargas de los ingenios a cursos de agua de la cuenca, provenientes tanto del proceso de fabricación como de los lavados periódicos de los equipos, deberá disponerse a través de tratamientos adecuados o de procedimientos de reuso, de tal modo que se consiga una reducción de la carga de DBO<sub>5</sub> que lleque a los cursos de agua de no menos del 30% a partir de 1985.

Art. 17 A juicio de CVC, otras ciudades de la cuenca deberán realizar tratamientos de aguas residuales que aseguren a partir de 1985.

- a. Una reducción de sólidos suspendidos totales no menor del 50%.
- b. Una reducción de la demanda bioquímica de oxígeno no menor del 35%.
- c. El cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 4 de este Reglamento referente a Oxígeno disuelto mínimo.

Parágrafo

Los % de reducción anotadas en los Art. 13,14,15,16 y 17, podrán ser modificados por la CVC si se presenta un-

umento de producción por fuera de las proyecciones esperadas para las industrias existentes.

- Art. 18 El control de tóxicos y otros elementos inconvenientes - procedentes de descargas no domésticas dentro de las ciudades de la cuenca, será objeto de reglamentación especial por parte de las Empresas Municipales correspondientes. La CVC podrá asesorar al respecto a las empresas que así lo requieran.
- Art. 19 Toda entidad, pública o privada, responsable por descarga de aguas residuales, que no esté específicamente considerada en los artículos 12 al 18 de este capítulo IV, tendrá que realizar lo que la CVC exija al respecto de control de dichas aguas residuales. La CVC tenderá a exigir lo que se deriva del cumplimiento de las metas del artículo 4.
- Art. 20 Aparte de las exigencias de los artículos anteriores, el Ministerio de Salud podrá exigir tratamientos suplementarios cuando exista riesgo a la salud humana debidamente comprobado. A esos efectos coordinará su acción con CVC y la Gobernación del Departamento del Valle. A tales fines se tomará como guía lo establecido en el artículo 4.
- Art. 21 Las descargas provenientes de unidades unifamiliares de habitación, serán objeto de resolución especial por CVC. En general, las descargas deberán ser de calidad no inferior a las que provienen de tanques sépticos diseñados y operados adecuadamente.

- Art. 22 Los aportes procedentes de excesos de riegos o escurrimientos superficiales pueden ser objeto de controles por parte de CVC. Entidades públicas y privadas serán entonces advertidas por CVC y deberán cumplir los plazos indicados en el capítulo III que sean pertinentes.
- Art. 23 Si en razón de instalaciones de nuevas industrias o crecimientos poblacionales o industriales imprevistos, se producen situaciones que se consideran inaceptables a juicio de CVC, las exigencias de este Reglamento podrán ser modificadas. A tal efecto, CVC dará un aviso a las entidades públicas o privadas interesadas, con antelación a la fecha de -  
vigencia dentro de un plazo razonable de acuerdo a las -  
obras necesarias.

### REGLAMENTO PARA LAS ALTERNATIVAS 2 Y 3

El Reglamento de las Alternativas dos y tres tiene el mismo esquema general que el de la Alternativa uno antes presentado, teniendo en cuenta que los valores máximos de las cargas contaminantes permisibles sean tales que se ajusten a las curvas de oxígeno disuelto consideradas como límites en cada alternativa.