

REPUBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS  
HIDRAULICOS DE LA REGION NOR-OCCIDENTAL  
DEL ESTADO ZULIA

Por:

Ing° Alain Dérédec

Ing° Marcelo González S.

CARACAS, JULIO DE 1976



DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS OFICINA DE PLANEAMIENTO

Ministerio de Obras Públicas  
Dirección General de Recursos Hidráulicos  
Oficina de Planeamiento  
Unidad de Análisis de Sisteams

PROGRAMA PARA EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS  
HIDRAULICOS DE LA REGION NOR-OCCIDENTAL  
DEL ESTADO ZULIA

Por

Ing. Alain Dérédec

Ing. Marcelo González Sanabria

Caracas, julio 1976

## PLAN DEL ESTUDIO

### I. INTRODUCCION

### II. DEFINICION DEL PROBLEMA

II.1 Situación actual

II.2 Planteamiento matemático del problema

### III. DEMANDAS DE AGUA

III.1 Demandas de agua potable e industrial

III.2 Demandas de riego

III.2.1 Zona del Palmar

III.2.2 Baja Guajira

### IV. ALTERNATIVA DE APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES

IV.1 Fuentes de agua

IV.1.1 Fuentes actuales

IV.1.2 El río Guasare

IV.1.3 El río Palmar

IV.1.4 Traspase Guasare-Palmar

IV.2 Alternativas de conducciones

### V. RESULTADOS DEL ESTUDIO

V.1 El abastecimiento de Maracaibo, El Tablazo y la Siderúrgica

V.2 Zona de riego del Palmar

V.3 Zona de riego de la Baja Guajira

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

## LISTA DE TABLAS

	Página N°
Tabla N° 3-1 - Demandas en agua doméstica e industrial	8
Tabla N° 3-2 - Demanda de la Siderúrgica en La Concepción	8
Tabla N° 3-3 - Demanda agrícola de La Guajira	10
Tabla N° 4-1 - Aprovechamiento del río Guasare	12
Tabla N° 4-2 - Lista de las alternativas de acueductos	15
Tabla N° 5-1 - Abastecimiento de agua potable e industrial -Demanda de la Siderúrgica de La Concepción según CONZUPLAN-	17
Tabla N° 5-2 - Abastecimiento de agua potable e industrial -Demanda mediana de la Siderúrgica de La Concepción-	19
Tabla N° 5-3 - Abastecimiento de agua potable e industrial -Demanda alta de la Siderúrgica de La Concepción-	20

## LISTA DE GRAFICOS

- Gráfico N° 2-1 - Plano de situación
- Gráfico N° 2-2 - Esquema de desarrollo de los recursos hidráulicos de la zona nor-occidental del Estado Zulia

## I. INTRODUCCION

La Región Noroccidental del Estado Zulia, correspondiente a las regiones COPLANARH 2A1 y 2A2, comprende las cuencas hidrográficas de los ríos Palmar, Guasare, Cachirí y Tulé, estos tres últimos afluentes del río Limón.

Dentro de esta zona se ubican grandes concentraciones urbanas e industriales como lo son la ciudad de Maracaibo, el complejo industrial del Tablazo y las futuras industrias carboníferas y siderúrgicas. Adicionalmente existen dos extensiones aptas para el desarrollo agropecuario: una queda en la zona baja del río Palmar, la otra es la parte baja de la Guajira.

La necesidad de cumplir a corto, mediano y a largo plazo con los requerimientos de agua de los centros urbanos e industriales de la región, y al mismo tiempo ir desarrollando nuevas zonas agropecuarias, ha llevado a la Dirección General de Recursos Hidráulicos del MOP a establecer un esquema preliminar de planificación regional para los próximos veinticinco años.

El problema de planificación planteado es el de racionalizar y ordenar el aprovechamiento de las posibles fuentes para los diferentes usos en el marco regional antes definido y dentro de un marco temporal de 25 años, tomando como objetivo el de maximizar los beneficios netos asociados con tal aprovechamiento.

En el presente trabajo se propone principalmente establecer a nivel regional un itinerario óptimo de inversiones y de operación de los recursos hidráulicos, utilizando a este fin un modelo matemático desarrollado anteriormente en la División de Análisis de Sistemas.

Aunque los resultados obtenidos deben ser considerados como preliminares, debido en particular a la imprecisión actual en torno a la estimación del consumo de agua de la futura siderúrgica del Zulia, la metodología utilizada permite destacar las directrices de planificación de la Región Nor-occidental del Estado Zulia, ordenando así el futuro aprovechamiento de los recursos hidráulicos en esta zona.

## II. DEFINICION DEL PROBLEMA

La Región Nor-occidental del Estado Zulia (ver Gráfico N° 2-1) se caracteriza hidrográficamente por ser una región bastante heterogénea : al oeste se encuentra la Sierra de Perijá, zona de alta pluviosidad y topografía adversa completamente deshabitada; el resto de la región es semiárido y plana hasta la orilla del mar o del Lago de Maracaibo, donde justamente se encuentran los principales centros poblacionales y las grandes industrias de la región. El abastecimiento de agua a estos centros hace necesario trasvasar grandes caudales del oeste hacia el este por medio de conducciones y almacenamientos costosos.

Por otra parte, la región tiene buenas perspectivas de desarrollo agrícola mediante riego, en la zona del Palmar, al sureste, y en la zona de la baja Guajira, lo que plantea una situación conflictiva en el uso de las fuentes de agua.

Marginalmente, existen dos otros usos conflictivos de las fuentes, que son el control de las inundaciones y el control de salinidad de las tierras en la zona del río Limón y de la ciudad de Carrasquero.

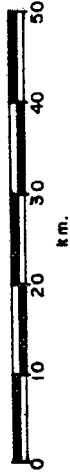
### II.1 Situación actual

El sistema de recursos hidráulicos de la región en estudio está presentado en forma esquemática en el Gráfico N° 2-2.

En estos momentos se encuentra construída la presa Tulé sobre el río Cachirí. Desde ella se abastece parcialmente a la ciudad de Maracaibo y totalmente a la Petroquímica del Tablazo por medio de una tubería con bombeo de 52 Km, cuyo gasto máximo es de 6 m<sup>3</sup>/s. La zona de Maracaibo complementa su abaste-

GRAFICO N° 2-1

PLANO DE SITUACION



*Handwritten signature or name, possibly 'Alfonso...'.*

ENSENADA DE GALABOZO

PARAGUAIPOA GOLFO DE VENEZUELA

ZONA DE RIEGO DE BAJA GUAJIRA

OSINAMAICA

SITIO DE PRESA MACONTE

EMBALSE SOCUY

SITIO DE PRESA CERRO BLANCO

TULE

TRASVASE SOCUY-TULE

EMBALSE TULE

SITIO DE PRESA EL DILUVIO

EL TABLAZO

MARACAIBO

CONCEPCION

ZONA DE RIEGO DEL BAJO PALMAR

Lago de Maracaibo

SITIO DE P TRASVASE GUSARE - PALMAR

Rio Matucora

Rio Palmar

Rio Aurare

Cano Colorado

R. Cochil

Rio Socuy

Rio Guasare

Rio Palmar

Rio Laja

11°00'

11°00'

72°00'

72°00'

A

B

M

O

L

C

S

R

T

V

W

X

Y

Z

AA

BB

CC

DD

cimiento con la explotación del acuífero del mismo nombre, pero se piensa que éste se agotaría en 1983, de seguirse explotando al presente nivel de  $3 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

Se está terminando de construir el embalse Manuelote sobre el río Socuy, cuya cuenca queda al lado oeste de la del río Cachirí. El embalse Manuelote podrá verter en el embalse Tulé por medio de un canal de gran capacidad. En conjunto, estos dos embalses garantizarán un gasto de  $17 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

El estado actual de las zonas regables es el siguiente : por una parte, la zona baja del Palmar, que cuenta con 60.000 Ha. - de buenas tierras viene desarrollándose desorganizadamente bajo una ganadería extensiva poco rentable. Por otra parte, en la baja Guajira, vecina a los ríos Limón y Guasare, se desarrollan fincas ganaderas, plataneras y de cítricos que utilizan las aguas del río Guasare para el riego, pero que no pasan de ser una extensión total superior a las 2.000 Ha.

## II.2 Planteamiento matemático del problema

Matemáticamente, la planificación de la expansión de un sistema de recursos hidráulicos para el desarrollo de una región es un problema multi-dimensional y dinámico, cuya complejidad requiere ser estudiada a través del análisis de sistemas.

Ya que existen grandes diferencias entre las características de costos y de operación de los proyectos por considerar, y que la demanda de agua de los centros de consumo crece con el tiempo, - la decisión de construir, a un momento dado, un proyecto, y de -

elegir su tamaño 1) depende de la estructura existente del sistema en este momento, o sea de las decisiones tomadas previamente; 2) los méritos económicos y operacionales del proyecto, relativamente al resto de las alternativas; 3) influye sobre las tomas de decisión futuras.

Para poder estudiar satisfactoriamente este tipo de problema, se ha venido utilizando, en los últimos años, modelos matemáticos, en vez de métodos más clásicos pero mucho más limitados, como lo son, por ejemplo, el método del "beneficio/costo", o el método del "costo mínimo del m<sup>3</sup>".

En un trabajo hecho en la Unidad de Análisis de Sistemas de la DGRH-MOP (2), se analizó el problema de la planificación del abastecimiento de agua potable a un grupo de centros de demanda a partir de una serie de fuentes, y se planteó una metodología eficiente para resolverlo, basada en un modelo matemático de programación entera mixta.

Para utilizar esta metodología en el caso de la Región Nor-occidental del Estado Zulia, se la tuvo que modificar de tal forma que considerará también el riego como propósito, y se tomó como meta de la optimización, la maximización de los beneficios netos a lo largo del horizonte de planificación.

Con el fin de no perder la linealidad en el modelo matemático, fue necesario discretizar las zonas de posible desarrollo agropecuario. Cada una de estas zonas fue dividida en "módulos", los

cuales fueron considerados como "proyectos" para efecto del modelo y en consecuencia se les asoció un indicador I de construcción (variable entera 0-1) y un indicador de aprovechamiento R (variable continua). En la función objetivo, se le hace corresponder a los I's la inversión necesaria al desarrollo del módulo; y a los R's los beneficios anuales netos por m<sup>3</sup>/seg continuo entregado (beneficios menos costos de operación) en la explotación del módulo.

Se consideró un período de análisis de 25 años, el cual se dividió en cinco períodos de inversión. O sea, se tomaron como fechas de control el 31 de diciembre de 1981, 1986, 1991, 1996 y 2001.

Se utilizó una tasa de interés del 10% y un precio de energía del 0,20 bolívares/kwh.

El objetivo de este tipo de modelo es el de tamizar las numerosas alternativas de desarrollo. Su virtud principal es la de facilitar la toma de decisión a corto plazo, y la de acelerar y orientar programas de recolección y análisis de datos a fines de poder planificar más seguramente en los años futuros el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de una región.

Discretizar

Función objetivo

INDICADOR de construcción  
I de aprovechamiento

### III. DEMANDAS DE AGUA

Los propósitos principales de utilización del agua en la Región Noroccidental del Estado Zulia son los siguientes :

- 1) el abastecimiento de agua a la ciudad de Maracaibo, al complejo industrial del Tablazo y a la futura Siderúrgica de la Concepción;
- 2) el riego en la zona baja del río Palmar y en la baja Guajira;
- 3) el control de inundaciones y el control de salinidad en la baja Guajira y las riberas del río Limón;
- 4) además hay que tener en cuenta las necesidades de la industria carbonífera del bajo Guasare, próxima a desarrollarse. (7, 8)

Estos dos últimos puntos no fueron introducidos en el modelo matemático por las siguientes consideraciones : primero, para desarrollar la baja Guajira hará falta construir obras de almacenamiento sobre el río Guasare, lo cual tendrá un efecto regulador sobre las crecientes; segundo, no se sabe con exactitud los orígenes del problema de salinidad de las tierras de esta zona, siendo lo más probable prácticas agrícolas inadecuadas; tercero, la demanda máxima de la industria minera en los carbones del Guasare ha sido evaluada en 1.5 m<sup>3</sup>/seg, caudal fácilmente extraíble del río Guasare todo el año mediante una obra de toma poco costosa.

*del carb. am. G. am. tabl.*

#### III.1 Demandas de agua potable e industrial

En el modelo que se construyó, se consideraron concentrados en un sólo centro de consumo la ciudad de Maracaibo y el complejo industrial del Tablazo. Su demanda de agua (ver Tabla

N° 3-1) está estimada en base a las proyecciones de COPLANARH(5, 9), del INOS (5) y del IVP del Tablazo (9,11).

TABLA N° 3-1  
DEMANDAS EN AGUA DOMESTICA E INDUSTRIAL  
(m<sup>3</sup>/seg)

Año	Maracaibo	Tablazo	Total
1981	4.55	1.7	6.25 ✓
1986	5.4	2.1	7.5
1991	6.6	2.4	9.
1995	8.4	2.6	11.
2001	10.3	2.7	13.

En el caso de la futura Siderúrgica de la Concepción, de bido a la dispersión de las varias estimaciones propuestas por los - organismos encargados de su planificación, se consideró prudente - trabajar en este estudio con tres hipótesis de crecimiento de la de manda (ver Tabla N° 3-2). Estas son las siguientes :

TABLA N° 3-2  
DEMANDA DE LA SIDERURGICA EN LA CONCEPCION  
(m<sup>3</sup>/seg)

Año	Demanda Baja (según CONZUPLAN)	Demanda Mediana	Demanda Alta
1981	0.2	1.	2.
1986	1.2	2.	3.
1991	2.6	3.5	5.
1996	3.	4.	8.
2001	3.	4.	8.

### III.2 Demandas de riego

#### III.2.1 Zona del Palmar

En la zona baja del Palmar existen más de 60.000 ha de tierras de buena calidad, desarrollables bajo riego. Se estimó la demanda bruta en la zona en 2 metros de lámina, lo que equivale a  $0.64 \text{ m}^3/\text{seg}$  continuos por cada 1.000 ha (3).

Se estimó la inversión necesaria al desarrollo del sistema de riego en 230 bolívares por hectárea y el beneficio neto anual por hectárea en 887 bolívares (3).

La zona se dividió en siete módulos de 7.000 hectáreas cada uno.

#### III.2.2 Baja Guajira

Se estima que, en esta zona, existen unas 15.000 hectáreas desarrollables bajo riego, 6.000 en ellas en la Baja Guajira y el resto en la Guajira media (4).

Sin embargo, muy poco se sabe actualmente sobre las demandas de agua en la zona y los niveles de beneficios que se podrían lograr. En particular, el riego en la Guajira presenta inconvenientes técnicos, dada la alta evaporación y la magnitud de los vientos que azotan la región. Por ello, su desarrollo agrícola se planteó, en el presente modelo, como un simple problema de abastecimiento de agua; es decir, se le asignó, a priori, un plan de incorporación de área, el cual se establecería -

↕ más por razones de estrategia en el desarrollo que por factibilidad económica, forzando así el que cumpla con una demanda, independientemente del costo o de los beneficios asociados con tal abastecimiento.

En esta forma, se consideraron dos hipótesis, - las cuales se presentan a continuación en la Tabla N° 3-3 :

TABLA N° 3-3  
DEMANDA AGRICOLA DE LA GUAJIRA

Fecha	Hipótesis baja		Hipótesis alta	
	Q(m <sup>3</sup> /seg)	Area (ha)	Q(m <sup>3</sup> /seg)	Area (ha)
1981	5	6.300	5	6.300
1986	5	6.300	5	6.300
1991	5	6.300	10	12.600
1996	5	6.300	10	12.600
2001	5	6.300	10	12.600

#### IV. ALTERNATIVAS DE APROVECHAMIENTO DE LAS FUENTES

En el Gráfico N° 2-2, se encuentra presentado en forma esquemática el sistema de recursos hidráulicos considerados en este estudio. Cada uno de sus elementos se describe a continuación.

##### IV.1 Fuentes de agua

##### IV.1.1 Fuentes actuales

Las fuentes actuales corresponden al río Cachirí - embalsado en Tulé, y al río Socuy, embalsado en Manuelote. En conjunto, estas dos represas pueden garantizar un gasto continuo de  $17 \text{ m}^3/\text{seg}$  (5, 6).

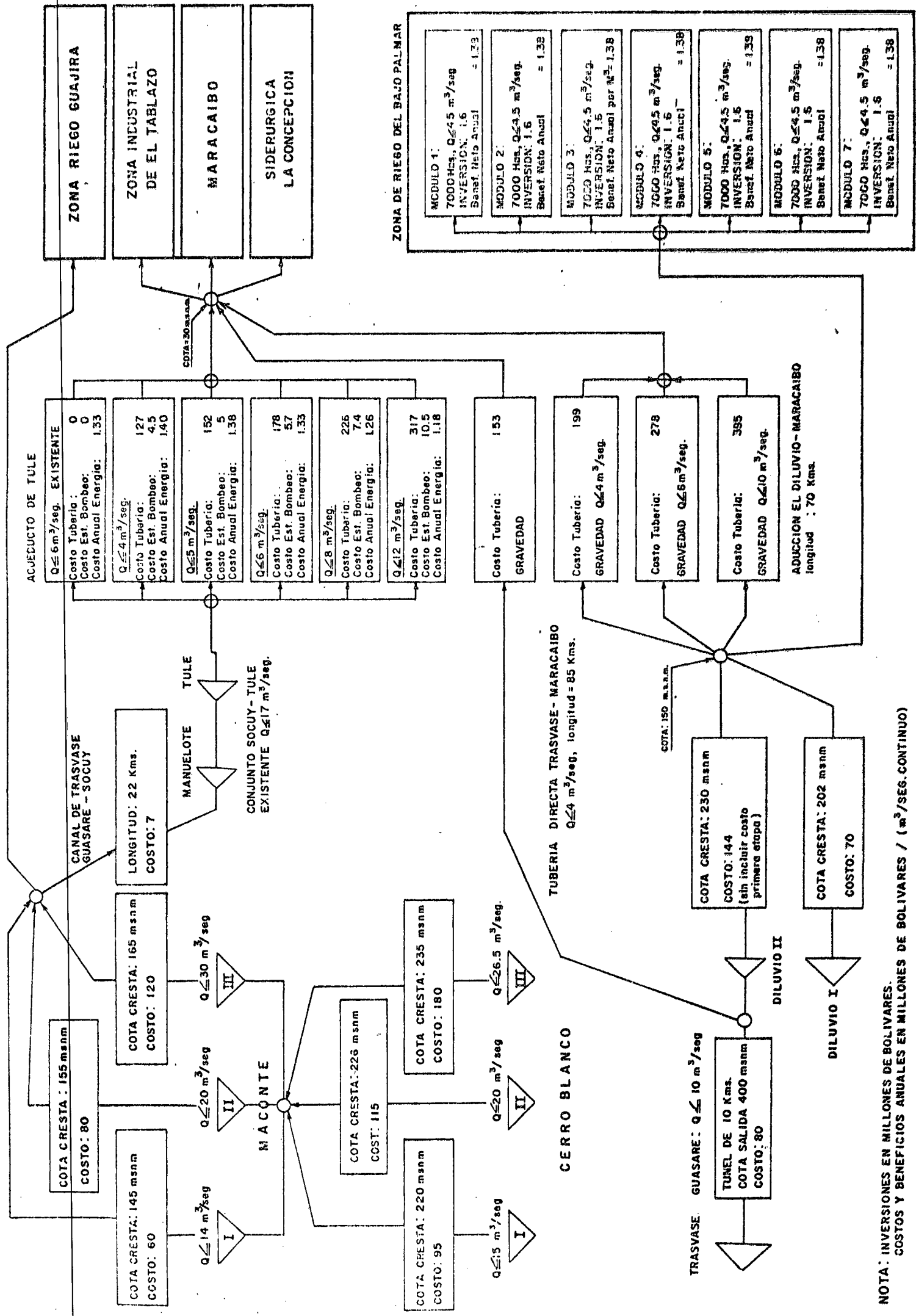
En cuanto al acuífero de Maracaibo, ya se ha dicho que está sobreexplotado. Su aprovechamiento en el futuro no ha sido planteado en este estudio, pensando que, al contrario, debería ser recargado y utilizado solamente como reserva estratégica y de emergencia.

##### IV.1-2 El río Guasare

En la parte media del río Guasare se han reconocido tres sitios interesantes de presa : Cerro Blanco, Manconte y Los Melones (4). Sin embargo, este último sitio debe ser descartado, ya que su vaso quedaría arriba de los enormes depósitos de carbón del Guasare (8).

En el modelo, se plantearon tres alternativas de presa para cada uno de los otros dos sitios (Tabla N° 4-1). Cabe señalar que es factible hidrológicamente construir -

GRAFICO Nº 2-2 - ESQUEMA DE DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL DEL ESTADO ZULIA



NOTA: INVERSIONES EN MILLONES DE BOLIVARES.  
COSTOS Y BENEFICIOS ANUALES EN MILLONES DE BOLIVARES / (m<sup>3</sup>/SEG. CONTINUO)

en conjunto la alternativa N° 1 de presa en Maconte y cualquiera alternativa de presa en Cerro Blanco. Sin embargo, en la zona de Cerro Blanco, es necesario estudiar las formaciones calcáreas y la falla del Guasare antes de adelantar cualquier tipo de aprovechamiento.

TABLA N° 4-1  
APROVECHAMIENTO DEL RIO GUASARE

Alternativa N° 1	<u>Maconte</u>			<u>Cerro Blanco</u>		
	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>
Cota Nivel Normal (msnm)	145	155	165	220	226	235
Costo de la presa ( $\times 10^6$ Bs)	60	80	120	95	115	180
Gasto garantizado ( $m^3/seg$ )	14	20	30	15	20	26.5

Se prevé que el caudal regulado destinado a Maracaibo sería bombeado del río desde un punto situado aguas abajo de los sitios de presa, cercano a la estación hidrométrica del Carbón. Sería después llevado por gravedad hasta el embalse Manuelote, mediante un canal de 22 Km de largo y un caudal de diseño de  $20 m^3/seg$ , cuyo costo se estimó en  $7 * 10^6$  Bs.

Por otro lado, el caudal de riego para la Baja Guajira se bombearía directamente del río Guasare, desde un punto cercano al definido anteriormente.

#### IV.1.3 El río Palmar

Sobre el río Palmar en el sitio El Diluvio, existe un excelente sitio de presa, acerca del cual se tiene una amplia y muy detallada información (3).

En el presente modelo, se planteó la posibilidad de construir la presa El Diluvio en dos etapas.

La primera etapa consistiría en regular un gasto de  $12 \text{ m}^3/\text{seg}$  en el río Palmar; la segunda se haría conjuntamente con un trasvase por túnel del río Guasare al río Palmar, de tal manera a poder regular en el sitio El Diluvio unos  $13 \text{ m}^3/\text{seg}$  adicionales ( $10 \text{ m}^3/\text{seg}$  provenientes del río Guasare y  $3 \text{ m}^3/\text{seg}$  del río Palmar). Esta información se encuentra resumida a continuación :

##### 1ra. etapa El Diluvio :

Cota de la cresta :	203 msnm
Altura de presa :	83 m
Costo de la presa :	$70 \times 10^6 \text{ Bs}$
Gasto regulado :	$12 \text{ m}^3/\text{seg}$

##### 2da. etapa El Diluvio :

Cota de la cresta :	230 msnm
Altura de presa :	110 m
Costo de ampliación de la presa :	$144 \times 10^6 \text{ Bs}$
Gasto adicional regulado :	$3 \text{ m}^3/\text{seg}$ del río Palmar $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ del río Guasare

#### IV.1.4 Traspase Guasare-Palmar

Este trasvase se establecería desde la cuenca alta del río Guasare, a la cota 420 msnm, y se podría derivar un caudal promedio de  $10 \text{ m}^3/\text{seg}$ , mediante una obra de derivación y un túnel de 10 Km de largo, con un costo de  $80 \times 10^6 \text{ Bs}$  (3). Este caudal podría ser almacenado en la presa El Diluvio, cuando esté construída su segunda etapa.

#### IV.2 Alternativas de conducciones

Debido al alto costo de los acueductos, es importante proponer una gama amplia de alternativas de conducción del agua a los centros de consumo, a fines de poder elegir el mejor escalonamiento de construcción.

Es así que se plantearon, en este modelo, 5 ampliaciones al actual acueducto Tulé-Maracaibo-El Tablazo, 3 alternativas de tubería por gravedad entre la presa El Diluvio y Maracaibo, y, adicionalmente, una alternativa de abastecimiento de la zona de Maracaibo por una tubería directamente conectada con la salida del túnel de trasvase del río Guasare al Palmar. A continuación, se presentan las características de estas alternativas de conducción (Tabla N° 4-2) :

TABLA N° 4-2

LISTA DE LAS ALTERNATIVAS DE ACUEDUCTOS

	Inversión (x 10 <sup>6</sup> B <sup>s</sup> )			Costo anual operación por m <sup>3</sup> /seg (x 10 <sup>6</sup> B <sup>s</sup> )
	Tubería	Estación de Bombeo	Total	
<u>ACUEDUCTOS TULE-MARACAIBO</u>				
1. Q = 6 m <sup>3</sup> /seg		Existente		1.33
2. Q = 4 m <sup>3</sup> /seg	127	4.5	131.5	1.40
3. Q = 5 m <sup>3</sup> /seg	152	5.	157.	1.38
4. Q = 6 m <sup>3</sup> /seg	178	5.7	183.7	1.33
5. Q = 8 m <sup>3</sup> /seg	226	7.4	233.4	1.26
6. Q = 12 m <sup>3</sup> /seg	317	10.5	327.5	1.18
<u>ACUEDUCTOS DILUVIO-MARACAIBO (gravedad)</u>				
1. Q = 4 m <sup>3</sup> /seg	199			
2. Q = 6 m <sup>3</sup> /seg	278			
3. Q = 10 m <sup>3</sup> /seg	395			
<u>TRASVASE - MARACAIBO (gravedad)</u>				
Q = 4 m <sup>3</sup> /seg	153.			

## V. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Se corrió el modelo para todas las hipótesis de demanda descritas en el Capítulo II, escogiendo una tasa de interés del 10% y un costo de la energía del 0,20 B<sup>s</sup>/kwh. Ante esta gran variedad de condiciones, los resultados del estudio presentaron una sorprendente estabilidad. Dicha situación resulta muy favorable y cómoda para la toma de decisiones.

El resultado fundamental del estudio es el de demostrar claramente que el sistema global de la Región Nor-occidental del Estado Zulia está compuesto, de hecho, por tres subsistemas casi independientes: el sistema Guasare-Guajira, el sistema Socuy-Tulé-Maracaibo-El Tablazo-Siderúrgica, y el sistema de aprovechamiento del río Palmar a fines agrícolas.

Esto conduce a tres conclusiones de gran importancia.

*Vulnerable*

1. El abastecimiento de agua potable e industrial a la ciudad de Maracaibo, al complejo industrial del Tablazo y a la futura siderúrgica de la Concepción se efectuaría desde el conjunto de embalses Manuelote y Tulé. En consecuencia, el único problema que se plantea para este subsistema es el de la expansión de capacidad del acueducto proveniente de Tulé.

2. La decisión de construir una o dos presas sobre el río Guasare está completamente condicionada por la decisión de desarrollar la Guajira y de controlar las crecientes en la zona del río Limón. En particular, no tiene relación con el abastecimiento de agua potable e industrial de la región de Maracaibo.

3. La construcción de la presa El Diluvio, sobre el río Palmar, y/o el trasvase del río Guasare al río Palmar, no tendría otro fin que el desarrollo de la zona regable del bajo Palmar.

A continuación se presentan, para cada subsistema, los resultados detallados del estudio.

V.1 El abastecimiento de Maracaibo, del Tablazo y de la Siderúrgica

En la Tabla N° 5.1 se resume parte de la información proporcionada por el modelo en el caso que la demanda de la siderúrgica se estime según CONZUPLAN.

TABLA N° 5-1  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL  
- Demanda Siderúrgica según CONZUPLAN -

<u>DEMANDAS</u> (m <sup>3</sup> /seg)	F E C H A				
	1981	1986	1991	1996	2001
Maracaibo + Tablazo	6.25	7.5	9	11	13
Siderúrgica	.2	1.2	2.6	3.	3.
Total	6.45	8.7	11.6	14.	16.

<u>OBRAS</u>	OPERACION (% de utilización)				
	1981	1986	1991	1996	2001
Socuy-Tulé (17 m <sup>3</sup> /seg) - existente -	.38	.51	.68	.82	.94
Tubería existente (6 m <sup>3</sup> /seg)	1.	1.	1.	1.	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (4 m <sup>3</sup> /seg)	0.11	0.68	1.	1.	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (6 m <sup>3</sup> /seg)	-	-	0.27	0.66	1.

El itinerario de inversiones correspondiente a esta hipótesis de demanda es el siguiente :

1. Para aproximadamente 1980, tendría que estar construída una tubería diseñada para 4 m<sup>3</sup>/seg, entre Tulé y el Complejo -

Maracaibo-El Tablazo-Siderúrgica. El monto de la inversión es de 131.5 millones de bolívares.

2. Para aproximadamente 1990 tendría que incorporarse una otra aducción Tulé-Maracaibo, capaz de entregar  $6 \text{ m}^3/\text{seg}$ , con una inversión de 183,7 millones de bolívares.

El valor total de las inversiones requeridas en este caso, en valor actualizado en 1976, sería de 152,02 millones de bolívares.

Ahora, si se consideran los resultados correspondientes a la estimación mediana para la demanda futura de la siderúrgica - (Tabla N° 5-2), se observará que la secuencia de obras queda igual que la anterior, con la diferencia que la primera ampliación del acueducto desde Tulé deberá poder llevar  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$  en vez de  $4 \text{ m}^3/\text{seg}$ , con un costo de 157 millones de bolívares.

Se notará que el conjunto Sacuy-Tulé estaría aprovechado a su máximo al final del horizonte de planificación, o sea el año 2001.

TABLA N° 5-2  
 ABASTECIMIENTO EN AGUA POTABLE E INDUSTRIAL  
 - Demanda mediana de la siderúrgica -

<u>DEMANDAS</u> (m <sup>3</sup> /seg)	F E CH A				
	1981	1986	1991	1996	2001
Maracaibo + Tablazo	6.25	7.5	9.	11.	13.
Siderúrgica	1.	2.	3.5	4.	4.
Total	7.25	9.5	12.5	15.	17.

<u>OBRAS</u>	OPERACION (% de utilización)				
Socuy-Tulé (17 m <sup>3</sup> /seg) - existente -	.43	.56	.74	.88	1.
Tubería existente (6 m <sup>3</sup> /seg)	1.	1.	1.	1.	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (5 m <sup>3</sup> /seg)	0.25	0.70	1.	1.	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (6 m <sup>3</sup> /seg)			0.25	0.66	1.

El valor total de las inversiones, actualizado en 1976, - sería de 171 millones de bolívares.

Finalmente, de considerar una demanda muy alta por parte de la siderúrgica, se podrá apreciar en la Tabla N° 5-2 que el conjunto de fuentes Socuy-Tulé no lograría abastecer en su totalidad los centros de demanda a partir del año 1995. Se haría necesaria, en esta fecha, la construcción de una aducción adicional de 4 m<sup>3</sup>/seg desde el embalse El Diluvio.

TABLA N° 5-3  
 ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE E INDUSTRIAL  
 - Demanda alta de la siderúrgica -

DEMANDAS	F E C H A				
	1981	1986	1991	1996	2001
Maracaibo + Tablazo	6.25	7.5	9.1	11	13
Siderúrgica	2.	3.	5.	8.	8.
Total	8.25	10.5	14.	19.	21.

OBRA S	OPERACION (% de utilización)				
Socuy-Tulé (17 m <sup>3</sup> /seg) - existente -	.49	.62	.82	.82	1.
Tubería existente (6 m <sup>3</sup> /seg)	1.	1.	1.	1.	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (5 m <sup>3</sup> /seg)	0.45	0.9	0.4	0.6	1.
Tubería Tulé-Maracaibo (6 m <sup>3</sup> /seg)			1.	1.	1.
Tubería El Diluvio-Maracaibo (4 m <sup>3</sup> /seg)				1.	1.

La secuencia de inversiones correspondiente a esta hipótesis sería, entonces, la siguiente :

1. Una tubería Tulé-Maracaibo-El Tablazo de capacidad - 5 m<sup>3</sup>/seg deberá estar lista para 1980.
2. Para 1990, se tendrá que construir otra conducción, paralela a la precedente, de 6 m<sup>3</sup>/seg de capacidad.
3. En 1995, deberá empezar el abastecimiento en agua potable e industrial desde el embalse El Diluvio, mediante una tubería de 4 m<sup>3</sup>/seg de capacidad, con un costo de 199 millones de

bolívares.

El monto total de las inversiones con esta hipótesis sería, en valor actualizado en 1976, de 206 millones de bolívares.

No se debe olvidar, sin embargo, que la estimación de demanda considerada aquí para la siderúrgica es casi tres veces más alta que la previsión de CONZUPLAN. En este contexto, el abastecimiento de agua industrial desde El Diluvio correspondería a una situación extrema.

En todo caso, del análisis de estos resultados sobresale la estabilidad de la secuencia de obras, siendo el siguiente el itinerario de construcción del acueducto de Tulé :

1980 : una tubería de 4 m<sup>3</sup>/seg (demanda baja) o 5 m<sup>3</sup>/seg (demanda alta y mediana)

1990 : una tubería de 6 m<sup>3</sup>/seg

## V.2 Zona de riego del Palmar

Una de las conclusiones del presente estudio ha sido de mostrar que, a parte del caso en que se considera una demanda de agua industrial muy alta en la futura siderúrgica, el aprovechamiento del río Palmar tendría como fin único el riego en la parte baja de la cuenca del río Palmar. De tal modo que las recomendaciones del estudio (3) quedan vigentes.

En particular, se estableció que sólo se justifica la construcción de la presa El Diluvio, previendo o no el trasvase del Guasare, en el caso en que los beneficios del proyecto sean mayo

res o iguales a los 1.500 bolívares/ha aproximadamente. De es tar seguro del cumplimiento de esta condición, es recomendable la construcción inmediata de la primera etapa de dicha presa (cresta 180 msnm) y, mientras tanto, ir reuniendo información en torno al trasvase, a fines de poder ejecutar a la vez, en un futuro próximo, las obras de trasvase y la segunda etapa de la presa El Diluvio.

Por otra parte, cabe señalar que el trasvase de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  desde la cuenca alta del río Guasare hacia el Palmar es compatible con el riego de más de 40.000 hectáreas en la Guajira. En consecuencia, este gasto puede considerarse comprometido y libre de ser utilizado en la zona agrícola del Palmar.

Con la primera etapa de la presa El Diluvio será posible regar 20.000 hectáreas. De construir el trasvase y la segunda etapa, son 22.000 hectáreas adicionales que se podrán incorporar, para llegar así a un total de 42.000 hectáreas. Esta área podría ampliarse aún más de resultar económicamente factible la utilización de las aguas provenientes del sistema Apón - Río Negro, actualmente en estudio.

### V.3 Zona de riego de la Baja Guajira

Como se ha dicho previamente, la determinación del área de riego de la Baja Guajira no ha sido planteada como una variable de decisión, sino que, al contrario, resultaría de la consideración de otros criterios que los puramente económicos utilizados en el presente estudio.

Si se fijara, a priori, el desarrollo futuro de esta zona, ello conduciría, naturalmente, a prever la construcción de una obra de captación sobre el río Guasare. De ser menor que  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$  el caudal de riego requerido, podría probablemente ser suficiente una simple derivación del río. Ahora, si se necesita más que  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ , y si, además, se le da importancia al problema de control de crecientes en el Bajo Guasare, sería imprescindible construir una presa en el sitio Maconte. Su tamaño dependerá por supuesto de los requerimientos de la Guajira.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- a) Se debería estudiar separadamente los tres subsistemas siguientes :
- 1) el abastecimiento de agua de Maracaibo, El Tablazo y la futura Siderúrgica, tomando como fuentes los embalses de Tulé y Manuelote
  - 2) el desarrollo agrícola, el control de inundaciones, el control de salinidad de las tierras en Baja Guajira, y la minería de carbón, siendo fuente exclusiva el río Guasare
  - 3) el desarrollo agrícola de la zona de riego del Bajo Palmar, utilizando las aguas del río Palmar, las de la cuenca alta del río Guasare, y eventualmente las de los ríos Apón y Negro
- b) Estimar con más exactitud la demanda de la siderúrgica.
- c) Proyectar una nueva aducción Tulé-Maracaibo para un gasto comprendido entre los 4 y 5 m<sup>3</sup>/seg, al mismo tiempo que se estudia la recarga del acuífero Maracaibo.
- d) Iniciar los estudios tendientes a determinar los proyectos que deben acometerse con el fin de desarrollar el riego en las zonas bajas del río Palmar, Apón y Negro, proyectos todos enmarcados en el sistema alto Guasare (trasvase Guasare-Palmar), Palmar y Machiques (Apón-Negro).
- e) Proseguir los estudios para la construcción del embalse El Diluvio sobre el río Palmar, previendo el posible trasvase Guasare-Palmar y la eventual utilización en un futuro lejano de sus aguas para el abastecimiento de agua de Maracaibo.

- f) Determinar, en base a las estrategias de desarrollo que se hallan fijado para la zona Baja de la Guajira, cuáles son los criterios económicos que han de utilizarse en el aprovechamiento hidráulico de la región.
- g) Realizar un estudio sobre el aprovechamiento de las aguas del río Guasare con y sin la alternativa del trasvase Guasare-Palmar. Este estudio tendrá que tomar en cuenta, además del desarrollo agrícola, el problema de las inundaciones del Bajo Guasare, el control de la salinidad del río Limón, y la factibilidad geológica de cualquier alternativa de aprovechamiento adicional en la zona de Cerro Blanco.

Aunque no ha sido mencionado antes, el problema del deterioro de las cuencas hidrográficas de los ríos Palmar y Guasare requiere una atención particular. Varias visitas oculares de los autores vienen confirmando la degradación ambiental de estas cuencas, mediante deforestación acelerada y erosión. De no tomarse urgentes medidas de protección por parte del ejecutivo nacional, será afectado el rico futuro agrícola de la Región Nor-occidental del Estado Zulia.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) ALAIN DEREDEC; JOSE MANUEL MEJIA; GUSTAVO PIÑEIRO; HELIOS SILVESTRE : "Un Modelo para la Determinación del Esquema Optimo de Abastecimiento de Agua Potable a una Región". Unidad de Análisis de Sistemas. MOP-DGRH. 1974
- (2) ALAIN DEREDEC; HELIOS SILVESTRE : "Un Modelo para la Determinación del Esquema Optimo de Abastecimiento de Agua Potable para la Región Metropolitana Valencia-Maracay-La Victoria-Villa de Cura". Unidad de Análisis de Sistemas. MOP-DGRH. 1975
- (3) MARCELO GONZALEZ; HENDRIK RIJSDIJK; HELIOS SILVESTRE; JOSE CORDOVA : "Aprovechamiento del río Palmar en el Sitio El Diluvio: Altura de Presa, Area de Desarrollo de Riego, Traslase del Guasare y Análisis de Crecientes". Unidad de Análisis de Sistemas. MOP-DGRH. 1975
- (4) HENDRIK RIJSDIJK; MARCELO GONZALEZ : "Informe Preliminar sobre la Hidrología del Río Guasare para el Esquema Optimo de Aprovechamiento Hidráulico de la Región Nor-Oeste del Estado Zulia". Unidad de Análisis de Sistemas. MOP-DGRH. 1975
- (5) EUGENIO LOBO; JESUS GOMEZ : "Estudio Básico para la Planificación de los Recursos Hidráulicos en la Región Zuliana". Oficina de Planeamiento. MOP-DGRH. 1972
- (6) ALEJANDRO LAVATELLI : "Aprovechamiento de la cuenca del río Limón con fines de Abastecimiento de Agua de Maracaibo y El Tablazo". Oficina de Planeamiento. MOP-DGRH. 1970
- (7) ALEXANDRINO NOGUEIRA, JUAN J. BAPTISTA, NEIL DUQUE : "Segunda Etapa de Estudio de la Cuenca Carbonífera del Zulia". Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Dirección de Geología. División de Recursos Naturales. 1973
- (8) ALEXANDRINO NOGUEIRA : Comunicaciones extraoficiales. 1975
- (9) PLAN NACIONAL DE APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS - COPLANARH.

(10) PROYECTO GUAJIRA. CORPOZULIA. 1973

(11) ESTUDIO PARA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LOS RECURSOS  
NATURALES DE LA REGION ZULIANA. CONZUPLAN - -  
CORPOZULIA - O.E.A. 1974

