

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

ESBOZO PRELIMINAR PARA ESTUDIO
SOBRE LOS RECURSOS DE AGUA DULCE
EN LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO

OFICINA AGUERREVERE S. A.

Aguerrevere

Caracas, D.F. Dic. de 1954.

ESBOZO PRELIMINAR PARA ESTUDIO SOBRE LOS RECURSOS
DE AGUA DULCE EN LA CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO.

Introducción.

- I. Generalidades y división en: 1) corrientes; 2) lago y 3) aguas subterráneas.
- II. Cuenca hidrográfica.- Su configuración, división en hoyas, datos meteorológicos, curvas isoyéticas, volúmenes de precipitación, lluvias medias anuales, escurrimientos.- Cuadro de rendimiento.- Consideraciones y comparaciones con aforos globales de la cuenca.
- III. El problema de la salinidad.- Comprobación, progresivo aumento.-
- IV. Aguas subterráneas.- Uso actual, desarrollo futuro.- Contaminación.
- V. Aprovechamiento de los recursos de agua:
 - a) Represas recomendadas: Motatán, El Palmar, Limón, Apón y Negro.- Uso y estado de estudios.
 - b) Defensas contra la salinidad del Lago.- Estudio de las medidas recomendables.

Anexo 1.- Precipitaciones conocidas.

Anexo 2.- Dibujo No. 7-2-606.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

INTRODUCCION

El estudio general de los recursos de agua en la cuenca del Lago de Maracaibo encomendado por el Ministerio de Obras Públicas a la Oficina Aguerrevere por intermedio de la Dirección de Obras de Riego, tiene por objeto conocer de una manera preliminar las disponibilidades de aguas para su utilización en los diversos usos agrícolas, industriales y los que es más importante, el abastecimiento de poblaciones, tanto en la época actual como en el futuro previsible.

La escasez de datos técnicos en una zona en buena parte despoblada y cuyo progreso, en el sentido moderno de la palabra, es apenas en los últimos años que adquiere realmente un impulso fuerte, hace que este estudio sirva para dar solamente una idea muy general de los recursos existentes. Al hacerlo, sin embargo, hemos encontrados algunos problemas muy importantes, como el de la salinidad del Lago, cuyo estudio y solución creemos que no pueden aplazarse mucho tiempo sin grave riesgo. Estos problemas los hemos esbozado en los capítulos correspondientes.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

I

CONSIDERACIONES GENERALES

La cuenca del Lago de Maracaibo, objeto de este estudio tiene por límites: al Oeste la Serranía de Perijá y la frontera con Colombia, por el Sur la misma línea fronteriza y la Cordillera de los Andes siguiendo la línea que separa las aguas que corren al Lago de las que corren al Orinoco, al Este la línea divisoria de las aguas que corren al Lago con las que corren al mar Caribe y por el Norte el Golfo de Venezuela. El área total de la cuenca es de 89.756 Km². de los cuales 76.653 corresponden a la parte de tierra y 13.103 a la cubierta por agua o sea a la superficie total del lago.

El Lago de Maracaibo ocupa una depresión que existe desde antes de la época cretácica. No es un lago propiamente dicho, puesto que se comunica con el mar, pero como hacia la época de su descubrimiento sus aguas eran seguramente más dulces que hoy, se le adjudicó la denominación de "lago" y así ha quedado consagrado por el uso desde entonces. En realidad hay tres divisiones geográficas perfectamente claras que, comenzando con la más septentrional son las siguientes: El Tablazo, el Brazo de Maracaibo y el Lago en forma.

El Tablazo es una área de poca profundidad de forma trapezoidal, limitado por el Norte por las islas de méda-

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

nos y manglares de San Carlos, Zapara y Barboza; por el Oeste por la costa del Distrito Mara; por el Este por la del Distrito Miranda, ambos del Estado Zulia y por el Sur por la costa del Distrito Miranda hasta Pta. de Palmas y una línea arbitraria Este-Oeste de esta punta hasta Palmarejo de Mara. El Tablazo viene a ser prácticamente un estuario cuya superficie es de aproximadamente 610 Km². sin contar la isla de Toas situada hacia el ángulo Noroeste. En El Tablazo las aguas sufren una gran mezcla en la cual toman parte las que vienen del Sur por el Brazo de Maracaibo, las provenientes del Río Limón y las aguas saladas del Golfo de Venezuela que penetran con las mareas llenantes por los canales de San Carlos, Cañonera y Cañonerita.

El Brazo de Maracaibo, como su nombre lo indica, conecta El Tablazo con el Lago de Maracaibo. Tiene una longitud de 40 Kms., un ancho mínimo de 6 Kms. en su extremo Norte, considerado como la línea que une Pta. Palmas normalmente con la costa occidental y un máximo de 17 Kms. en su extremo Sur que podemos considerarlo como una línea que va de Pta. Palmas del Distrito Urdaneta en la margen Oeste, a Pta. Icotea en la margen oriental. El Brazo contrasta con El Tablazo por su forma relativamente angosta y alargada, y por poseer un canal amplio de aguas profundas que se abre y extiende en el Lago mismo. De acuerdo con las curvas de ni-

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

vel submarinas, el límite Sur del Brazo, debería estar en la línea que va de La Concepción a Pta. Icotea que es donde las curvas se abren, pero como La Concepción se ha considerado tradicionalmente en el Lago hemos situado la línea más al Norte. El área del Brazo es de 480 Kms. aproximadamente.

El Lago propiamente dicho ocupa la parte más profunda de la gran cuenca descrita anteriormente; tiene la forma general de un paralelogramo con una diagonal máxima, situada en posición Norte-Sur, de 155 Kms. de largo y la otra en dirección Noroeste-Sureste con 120 Kms. Su superficie es de 12.013 Km². de los cuales 10.500 , o sea aproximadamente el 87%, tienen más de 10 mts. de profundidad. El volumen de agua comprendido en el Lago, cerrado con una línea que une Maracaibo con Pta. Leiva, es de 262.600 millones de m³.

Hay dos fenómenos muy interesantes en relación con la topografía del fondo del Lago. El primero es la posición del área de máxima profundidad (curva de 34 mts.) frente a la zona petrolera, de San Lorenzo a Cabimas; el segundo es la existencia de agua profunda (señalada por la proximidad de la curva de 10 mts.) frente a la costa más cercana a la máxima altura del macizo de los Andes. Aunque las dos depresiones están bastante cerca la una de la otra, sin embargo, sus orígenes son enteramente distintas: se debe el primero a un hundimiento general y progresivo de la zo-

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

na (agravado por la producción petrolera) causado por la compactación gradual de los sedimentos; se origina el segundo como un pliegue hacia abajo, antepuesto a la Cordillera (fore-deep) en la época de su formación, pero rellenado en gran parte por los aluviones de los ríos. Desde el punto de vista humano esto dos fenómenos son de especial importancia porque al existir agua profunda a relativamente corta distancia de la costa se facilita la construcción de puertos sin necesitar grandes trabajos de dragado.

Una masa de agua de la superficie y volumen del Lago de Maracaibo debe tener un nivel muy estable; no sabemos si existen observaciones, hechas sistemáticamente, sobre tan interesante asunto, pero es razonable suponer que las fluctuaciones de invierno a verano y las de máxima a mínima evaporación, no pueden ejercer una influencia apreciable sobre el nivel del Lago ya que su conexión con el mar permite eliminar los excedentes o recibir agua si el balance de las cifras totales de entrada y salida fuera desfavorable. Este último caso sólo existe en teoría porque las observaciones indican que la marea bajante es siempre de mayor volumen que la llenante.

En la cuenca en estudio encontramos los tres tipos de fuentes de agua utilizable por el hombre; ríos, un lago conectado con el mar, y aguas subterráneas. El régimen de lluvias y en consecuencia la abundancia de agua, varía desde las

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA.

zonas de desierto en el Norte, hasta las muy húmedas al Sur con un máximo de precipitación en las vertientes del Catatumbo que forman el rincón Suroeste. Esto se debe a los vientos Alisios cuya dirección predominante siendo del Nor-este los lleva a dar el máximo de lluvias en la zona de unión de las Sierras de Perijá y de los Andes; debido al mismo origen de las lluvias, en la zona Norte de la cuenca, las sierras no son áridas como la tierra baja, siendo especialmente húmeda la de Perijá.

Contrastando con los recursos de agua observamos que con excepción de la zona netamente andina, las mayores concentraciones de población se encuentran en la zona árida del Norte de la cuenca y la menor en la húmeda del Sur. No traería esto problemas de especial dificultad si fuera dulce el Lago, cuya posición geográfica le permitiría actuar como el máximo depósito y centro de distribución de agua, pero el continuo aumento de su salinidad lo ha inutilizado como tal.

Los recursos de aguas subterráneas tienen también la tendencia a seguir las vicisitudes de las aguas superficiales, sin embargo las extensiones de arenas acuíferas que contienen agua dulce bajo los terrenos áridos o bajo las aguas no potables del Lago, nos han permitido abastecer la ciudad de Maracaibo en el primer caso y los campos petroleros del Distrito Bolívar en el segundo.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

II

**CUENCA HIDROGRAFICA DEL
LAGO DE MARACAIBO**

Para obtener el cuadro del rendimiento probable de la cuenca del Lago de Maracaibo que aparece en el dibujo: 7-2-606, Anexo No. 2 a esta memoria, se distribuyó el trabajo según las subdivisiones siguientes:

- 1) Configuración general de la cuenca.
- 2) División en hoyas y zonas.
- 3) Datos meteorológicos.
- 4) Curvas isoyéticas.
- 5) Volúmenes de precipitación.
- 6) Lluvia media anual en milímetros.
- 7) Escurrimientos.

1) Configuración general de la cuenca.

Para este objeto se han utilizado mapas de varias compañías petroleras y de La American Geographical Society de New York, así como planos del estudio preliminar de los ríos Limón, Apón y Palmar hechos por nosotros durante el año 1953 y del estudio de la segunda Etapa de Los Llanos de El Cenizo finalizado en Mayo de 1954.

2) División en hoyas y zonas.

Estas divisiones se hicieron utilizando como base la orografía del terreno y los datos altimétricos aproximados

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

que se han podido deducir de los mapas antes mencionados. Las hoyas principales son las que forman los ríos más importantes, a saber: Limón, Palmar, Apón y Sta. Ana al Oeste; Catatumbo al Sur-Oeste; Escalante y Chama al Sur y Motatán al Este. En vista de que los ríos menores tienen sus hoyas demasiado pequeñas y poco definidas para hacer un cómputo por separado, se les ha reunido en zonas numeradas de las cuales las más importantes son la No. 8, que comprende todos los ríos y quebradas del Sur-Este y la No. 9 con los de Norte-Este.

Además se decidió subdividir las hoyas y zonas en parte alta y parte baja o sea en montañas y en llanos para lo cual se trazó la curva de nivel a la elevación 100 que se escogió como línea divisoria.

3) Datos meteorológicos.

Los datos a que nos referimos son principalmente los de precipitación media anual en milímetros cuyas cifras aparecen debajo de los nombres de los poblados y las cuales se han obtenido de varias fuentes, tales como las Divisiones de Hidrología del M.O.P., del I.N.O.S., del M.A.C., de la Shell y del Servicio de Meteorología de las Fuerzas Armadas. Estas fuentes se han comparado detalladamente y se han tomado como definitivos los datos que, por su promedio mayor de años, creemos más útiles para el propósito de este estudio.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

Por lo tanto se ha recopilado una lista completa de los observatorios pluviométricos consultados, con su precipitación media anual y el record de los años de lecturas, clasificandolos por hoya y por el Estado a que pertenecen para facilitar su localización. (Véase Anexo No.2)

4) Curvas isoyéticas.

A base de las precipitaciones antes mencionadas se trazaron las curvas isoyéticas utilizando además para su configuración general en las hoyas del Sur-Oeste, un mapa isoyético para el año 1953 de La American Geographical Society de New York y para las hoyas de los ríos Palmar, Limón y Apón, el dibujo 5-5-S1 del estudio preliminar de dichos ríos.

5) Volúmenes de precipitación.

Trazadas las curvas isoyéticas se procedió al cálculo del volumen de precipitación para cada hoya y zona. Este se obtuvo midiendo las áreas de las curvas de precipitación, cuyas áreas medias se multiplicaron por el incremento de cada curva para obtener los volúmenes parciales que sumados representan el volumen acumulado. Estas operaciones se efectuaron separadamente para las superficies en montañas y en llanos o sea, arriba y abajo de la curva de nivel a la elevación 100.

6) Lluvia media anual en milímetros.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

Obtenido el volumen medio anual de precipitación para cada hoya y zona se dividió éste por su superficie, encontrando así la respectiva lluvia media anual. Del resumen general ha resultado ser 1678 milímetros la lluvia media anual para toda la cuenca.

7) Escurrecimientos.

Los únicos datos de escurrimiento que conocemos son los observados en la hoya del Río Motatán hasta Agua Viva y obtenidos por medidas directas durante nueve años consecutivos, donde se registró un mínimo del 16%, máximo del 40% y medio del 27% sobre el volumen de precipitación. Para las otras hoyas se determinó el porcentaje de escurrimiento utilizando los aforos de algunos ríos o bien por comparación de hoyas.

Del Río Palmar se conocen aforos en Las Múcuras que dan un gasto medio de 15,2 m³/seg. equivalentes a 480 millones de m³. de volumen medio anual que representa el 15% del volumen de precipitación que cae sobre su hoya. Por lo tanto se ha considerado un escurrimiento del 20% en montañas y del 15% en llanos obteniendo un porcentaje total sobre toda la hoya de 18,4%.

Las hoyas limítrofes de los ríos Limón y Apón se han considerado parecidas a la anterior, resultando sus escurrimientos el 18,1% y el 19,2% respectivamente, de las

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

precipitaciones.

Del Río Catatumbo tenemos aforos recientes en Borrachera que representan un gasto medio de 657,77 m³/seg. y por consiguiente un volumen anual medio de 20.712 millones de m³. Esto equivale al 41,62% del volumen de precipitación de su hoya; se ha considerado el 45% en montañas y el 35% en llanos obteniendo un escurrimiento total del 41,9% de la precipitación.

La hoya del Río Sta. Ana, de la cual no se tienen datos ex^oceptuando la precipitación registrada en Tocuco, se ha considerado parecida a la del Catatumbo, lo que nos ha hecho suponer un escurrimiento total del 34,7% del volumen de su precipitación, distribuyendo el 40% en montañas y el 30% en llanos.

Del Río Escalante tenemos aforos en Ferreira que promedian un gasto de 43,86 m³/seg. o sea un volumen anual medio de 1.383 millones de m³. equivalentes al 20,77% de la precipitación. Distribuyendo el 25% en montañas y el 20% en llanos hemos obtenido el 21,6% de escurrimiento total.

Del Río Chama existen aforos en distintos lugares de su curso de los cuales escogimos los de Pte. Chama por ser los más bajos de su hoya y que comprenden el aporte del Río Mocotíes. El gasto allí medido arroja un promedio de 73,55 m³/seg. equivalentes a 2.319 millones de m³. anuales, lo que

OFICINA AGUERREVERE S.A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

significa un escurrimiento del 52,86% del volumen de precipitación. Este porcentaje, a primera vista, aparece un poco alto pero se justifica si se piensa que esta hoya es la más alta, con pendientes muy fuertes, poca vegetación, teniendo zonas rocosas y picos con nieve perpetua; condiciones que seguramente facilitan el escurrimiento de las aguas pluviales. Se distribuyó el 56% en montañas y el 20% en llanos obteniendo el 52,7% sobre toda la hoya.

Para la zona No. 8 se ha supuesto un promedio entre los porcentajes de escurrimiento de la hoya del Río Chama y la del Río Motatán, resultando un total del 29,9% sobre su volumen de precipitación.

La zona No. 9 se supuso con un escurrimiento algo inferior al registrado para la hoya del Motatán, así que obtuvimos el 20,5% distribuyendo el 25% en montañas y el 20% en llanos.

Para las zonas numeradas 1, 2 y 3 se utilizó el mismo porcentaje de las partes llanas de las hoyas de los ríos Limón, Palmar y Apón, o sea el 15%; a las zonas Nos. 4, 5 y 7 se aplicó el 20% y a la No. 6 el 25%.

Resumen y consideraciones.

Como ya se ha dicho, la superficie total de la cuenca mide 76.653 Km². entre hoyas y zonas. El espejo

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

del Lago se ha considerado a parte con una superficie de 13.103 Km². hasta las tres bocas que lo comunican con el Golfo de Venezuela en la región de El Tablazo. La precipitación total ha resultado tener un volumen medio anual de 128.616 millones de m³. con una lluvia media de 1678 mm. por año. Aplicando los porcentajes de escurrimiento antes mencionados se obtuvo un volumen total de 41.341 millones de m³. que representan el 32,14% del volumen de precipitación de la cuenca excluyendo el del Lago.

El cuadro de rendimiento que aparece en el dib. 7-2-606 estaría lejos de ser satisfactorio como estimación de los recursos de agua. Sin embargo, debido a la peculiaridad de tener la cuenca en estudio salida al mar por las bocas de San Carlos, Cañonera y Cañonerita, y como los volúmenes de entrada y salida por dichas bocas han sido medidos en relación con los estudios de la canalización de la Barra, tenemos por esta otra vía elementos para una estimación del total de los recursos de agua, que comparemos con el obtenido mediante precipitaciones y escurrimientos.

En efecto, toda el agua de los ríos se vierte al lago y, una vez en este, el agua tiene solamente dos maneras de salir; por evaporación y por las corrientes que van del Tablazo al Golfo de Venezuela por las tres bocas de co-

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

municación. La infiltración no puede tomarse en cuenta en este caso, ya que ella constituye un almacenamiento que tuvo lugar en un pasado sólo mensurable en tiempos geológicos y cuya cantidad varía poco por medios naturales y en cuanto a la extracción por medios mecánicos, esta sólo tiene hasta ahora importancia en la zona de los pozos del acueducto de Maracaibo.

Para estimar pues, la cantidad de agua dulce que pasa a través de las tres bocas, tomaremos el volumen total de la marea saliente y le restaremos el volumen introducido por la marea llenante. Dividiendo esta cantidad por el número de segundos en una marea, obtendremos el gasto total por segundo.

Presentamos a continuación y discutiremos de seguidas, las cifras medias que sobre este mismo tema presentan el Coronel E.F. Robinson en su informe sobre el Proyecto de Canal para la Barra de Maracaibo fechado en 1940, y el Estudio de la Cía. Shell fechado en Septiembre de 1952.

OBSERVACIONES - NOV. 1950 - EN M3. - (INFORME SHELL)

Canales:	San Carlos	Cañonera	Cañonerita	Total
Vaciante:	188.000.000	83.600.000	25.900.000	297.500.000
Llenante:	135.000.000	79.200.000	24.500.000	238.700.000
Agua Dulce:	53.000.000	4.400.000	1.400.000	58.800.000

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

OBSERVACIONES - MZO.-DIC. 1939 - EN M³. - (INFORME ROBINSON)

Canales:	San Carlos	Cañonera	Cañonerita	Total
Vaciante:	179.000.000	58.000.000	27.000.000	264.000.000
Llenante:	90.000.000	41.000.000	19.000.000	150.000.000
Agua Dulce:	89.000.000	17.000.000	8.000.000	114.000.000

Salta a la vista que las cifras para la marea vaciante en los informes de Robinson y de la Shell son muy similares en los caños San Carlos y Cañonerita pero no así las correspondientes al Cañonera. Las cifras para la marea lleneante son radicalmente diferentes para los tres caños. Todo esto es muy difícil de explicar como simples variaciones de las corrientes entre las épocas observadas y hay que admitir la posibilidad de error en una de las dos o en ambas.

En cuanto a decidir cual de los dos juegos de cifras inspira más confianza, nos decidimos por el de la Shell, por haber sido efectuado el trabajo muy recientemente y en condiciones mucho más favorables, empleando aparatos de último modelo y con personal especializado.

Tomando, de acuerdo con el criterio anteriormente expuesto, las cifras del informe de la Shell tendremos un promedio de agua dulce excedente de 58.800.000 m³. por marea completa. Ahora bien, como la llenante tiene una duración de 5,6 "horas de marea" y la bajante 6,4 o sean 12 "horas de

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS. VENEZUELA

"marea" que a 3.725 segundos de tiempo solar por "hora de marea" resultan 44.700 segundos, el flujo de agua dulce se puede estimar en promedio, en 1.315,44 m³/seg. Este gasto corresponde a un volumen de 41.484 millones de m³. anuales, el cual resulta ser muy cercano al volumen de escurrimiento que ha resultado del estudio directo de la cuenca. (41.341 millones de m³.)

Sobre el espejo del Lago, según las curvas isoyéticas, se ha supuesto una precipitación media anual de 1034 mm. lo que da un promedio diario de 2,83 mm.

No conocemos una cifra media que podríamos usar con confianza para calcular la evaporación en el Lago; considerando la evaporación registrada en los extremos Norte y Sur o sea en Maracaibo y Bobures, se obtiene una media de 1963 mm. anuales, es decir 5,38 diarios. Empero creemos que la evaporación de una masa tan grande de agua, cuya temperatura es afectada por corrientes térmicas en continuo movimiento, sea por lo menos un 50% inferior a la registrada sobre sus orillas y por consiguiente nos inclinamos a suponerla igual a la precipitación y por lo tanto considerar zero o mínimo el aporte del Lago al balance general de la cuenca, si aceptamos como fidedigno el volumen de salida antes mencionado que resultó ser muy parecido al volumen de escurrimiento total que las varias hoyas estudiadas aportan al Lago.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

III

EL PROBLEMA DE LA SALINIDAD.

La cantidad de cloruro de sodio en el agua del Lago de Maracaibo es suficiente para hacer im potable el agua, pero lo que es peor, dicha cantidad no sólo aumenta constantemente, sino que la rata anual de aumento es cada vez mayor. Según las observaciones hechas por la Creole Petroleum Corporation en Lagunillas, existe una interesante coincidencia del incremento en la rata de salinidad con la primera profundización del canal de la Barra de Maracaibo, trabajos que comenzaron en 1938.

También se conoce, por estudios hechos por esa misma Compañía, que la salinidad del Lago aumenta con la profundidad en forma más o menos uniforme por todo el Lago; es decir, que hay una acumulación de agua fuertemente salobre en la parte más profunda de la cuenca, disminuyendo hacia la superficie.

No hay pues la menor duda de que el Lago de Maracaibo está aumentando en salinidad pero, se trata de un fenómeno accidental o de uno de caracter permanente? En este último caso, será posible tomar medidas o ejecutar obras que no sólo detengan el aumento de salinidad sino que invirtiendo el proceso, conviertan al Lago en un gigantesco almacenamiento de agua dulce?

Para poder predecir de la mejor manera posible cual será el curso futuro de los acontecimientos debemos estudiar y analizar con el mayor cuidado los datos de que disponemos concernientes al pasado y al presente; comenzando por la geología, para pasar luego al período histórico y llegar por fin a la situación actual.

Durante el Terciario inferior y el Cretáceo, encontramos al hoy Lago de Maracaibo, unas veces como un gran Golfo donde se acumuló la materia orgánica que dió origen a la formación de nuestros inmensos yacimientos de petróleo, y en otras, como lugar de tierras bajas, con pantanos de agua dulce, donde se depositó la materia vegetal de la cual provienen los mantos de carbón. Es evidente pues, que las aguas del Lago han cambiado de saladas a salobres y a dulces varias veces a través de su historia geológica.

En el período geológico siguiente no existía el Golfo de Venezuela como lo conocemos hoy, y tanto la isla de Toas como las hoy penínsulas de Paraguaná y La Guajira, eran entonces islas más o menos cercanas a las costas del Continente.

Al comenzar el período geológico en que vivimos el Lago de Maracaibo afectaba una forma similar a la que tiene ahora, con excepción del Tablazo y la costa del mar que presentaban un aspecto muy diferente. La costa cruzaba a unos

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

tres kilómetros al Sur de San Rafael del Moján en una disposición generalmente paralela a la actual y por consiguiente la isla de Toas quedaba en mar abierto, situada en el Golfo que entonces correspondía al que hoy denominamos Golfo de Venezuela. El río Limón desembocaba entonces directamente al mar y el canal de salida del Lago terminaba al Sur-Oeste de la isla de Toas. Esta era la situación durante el Terciario Superior.

Desde entonces hasta nuestros días las playas han ido avanzando hacia el Norte conectando sus sectores Oriental y Occidental por medio de las islas Barboza, Zapara y San Carlos, dejando a Toas como isla interior y obligando al río Limón a derramar sus aguas en el Tablazo.

En lo que respecta al sistema de intercomunicación entre el cuerpo del Lago y el Golfo a través del Brazo y del Estuario, la situación geográfica que contemplamos hoy es prácticamente la misma que ha existido durante los muchos miles de años que lleva de transcurrido el presente período.

Esta es la situación general tal como se ha desarrollado durante los períodos geológicos que acabamos de mencionar.

Toda la evidencia expuesta hasta este momento conduce a pensar que el incremento en el contenido de sales en las aguas del Lago ha debido ser muy lento durante la última época

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

geológica, sobre todo en los largos períodos durante los cuales el canal principal de salida se alargaba continuamente bajo el empuje hacia el Occidente de las arenas acarreadas por los vientos y las corrientes marinas. Este gran incremento en la longitud del canal de salida principal, acoplado al hecho bien conocido de su poca profundidad, debe haber provocado pequeñas pero efectivas superelevaciones del nivel de las aguas del Lago con lo cual se ofrecía cierta resistencia adicional a la entrada del agua del mar en las altas mareas.

Hay que tener muy presente, al pensar en los diversos aspectos de este problema, lo ya establecido en las páginas 14 y 15 de este informe, es decir, que los prolijos trabajos del Ministerio de Obras Públicas y de las compañías petroleras han dejado establecido que el volumen de las mareas vaciantes es muy superior al de las mareas llenantes y que indudablemente esta situación ha sido la misma durante todo el transcurso del período geológico en que vivimos.

Pasemos ahora a considerar lo poco que conocemos del período histórico reciente.

Primero que nada, es de presumirse que para la época de la fundación de la ciudad de Maracaibo, el agua del Lago, aunque no del todo dulce, fuera todavía aceptable para el

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA .

consumo de la naciente población. Luego tenemos, como cosa de común conocimiento para los habitantes del Zulia, que en los comienzos del desarrollo petrolífero las tripulaciones de los centenares de veleros que hacían entonces casi todo el tráfico comercial, no consumían otra agua que la del mismo Lago, y esto lo hacían en toda su extensión.

Aceptada la hipótesis de que la salinidad del agua del Lago va en aumento acelerado durante las últimas décadas y visto que si no se remedia esta situación el Lago habrá de convertirse en un mar salado interior con todos los males que ello implica, es indispensable encontrar una solución que permita no solamente detener el creciente aumento de salinidad sino también provocar su disminución.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

IV

AGUAS SUBTERRANEas.

El abastecimiento de agua de la ciudad de Maracaibo fué el primer ensayo hecho en Venezuela, de la utilización, en gran escala, de los recursos de agua del subsuelo, para el consumo humano. Los pozos se comenzaron a perforar en 1937 y el acueducto empezó a servir la ciudad en 1939.

En estos quince años el desarrollo de la ciudad ha sobrepasado todos los cálculos y planteado un problema muy importante, ahora en estudio, el cual se relaciona en forma bastante directa con el de la salinidad del Lago como se verá a continuación. Se trata de resolver si el abastecimiento de Maracaibo se puede y debe hacer:

- a) Enteramente por aguas subterráneas, aumentando el número de pozos.
- b) Por aducción partiendo de una represa en el río Palmar, guardando los pozos como reserva.
- c) Sistema mixto; la aducción del río Palmar para los campos petroleros del Distrito Mara y parte alta de Maracaibo, y servir con los pozos la parte baja de la ciudad, utilizando para el bombeo la energía eléctrica generada en la represa del Palmar.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

Como se ve, en los tres casos las aguas subterráneas juegan algún papel bien sea principal o bien secundario. Es por lo tanto conveniente estudiar su importancia general y ver como puede influir el uso de dichas aguas en el programa de obras en ejecución o en proyecto.

Por su constitución geológica, la cuenca del Lago de Maracaibo posee los recursos más importantes de aguas subterráneas que hay en la República. En las formaciones antiguas, del Terciario Inferior para abajo, las areniscas porosas que se han encontrado con agua las han dado saladas, salobres o sulfuradas y en general no aptas para el consumo humano. Pero en el Terciario Superior y especialmente en la formación Onia, de la cual producen los pozos del acueducto de Maracaibo, se han encontrado y pueden encontrarse grandes recursos de agua subterránea, sólo que las zonas de mayor abundancia de estas aguas coinciden en gran parte con las de igual abundancia de las superficiales y en estas circunstancias, el uso de las subterráneas está naturalmente limitado, mientras no aumenten grandemente la población y la industria, al abastecimiento de pequeñas plantas como ingenios de azúcar, de casas de haciendas y de algún pequeño caserío.

Es en las zonas semi-áridas de los Distritos Mara y Urdaneta donde las aguas subterráneas contenidas en la formación Onia tienen su utilización más importante en los actua-

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

les momentos y es allí donde el estudio del futuro desarrollo de esos recursos tiene la mayor actualidad.

La dependencia de los recursos de aguas subterráneas para cualquier abastecimiento, aparte de los inconvenientes de carácter mecánico, está amenazada por dos peligros que son, su agotamiento o su contaminación con agua salada. El agotamiento sobreviene cuando se extrae más de lo que el acuífero recibe por infiltración; la contaminación sobreviene cuando, existiendo contacto con aguas salobres y saladas, la baja en la presión hidrostática en el agua dulce debida al bombeo, causa un flujo hacia adentro de las aguas contaminadas con cloruro de sodio.

Este último peligro comienza a delinearse en la zona de los pozos de agua del acueducto de Maracaibo. De los estudios que se vienen practicando, parece ya comprobarse que el agua extraída por las bombas no está siendo reemplazada con igual rapidez por el flujo de agua dulce de los afloramientos de la formación Onia y demás infiltraciones y, por lo tanto, la barrera de agua salobre situada antes aproximadamente en la costa, deberá estar avanzando hacia el interior.

Igual consideración se hará en años venideros en las zonas hoy superabundantes del Sur del Lago, pues al romperse el equilibrio entre la extracción y el reabastecimiento, la contaminación por agua salobre será sólo cuestión de tiempo, si ante-

OFICINA AGUERREVIRE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1250

CARACAS, VENEZUELA

riormente se hemos convertido el Lago de Maracaibo
en un lago de agua dulce.

OFICINA AGUERREVERE S.A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S.A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

V

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS DE AGUA.

Una estimación de los recursos de agua de la cuenca del Lago de Maracaibo resultaría estudio incompleto si no lo acompañan sugerencias, por preliminares que estas sean, sobre la manera de incrementar y mejorar el aprovechamiento de ellos en beneficio de la colectividad.

El abastecimiento de poblaciones, el riego, los usos industriales y la generación de fuerza eléctrica o una combinación de estos, son las formas usuales de aprovechar los recursos de aguas. En el caso particular de que tratamos, las obras conducentes a estos resultados cuyos estudios están completos, o falta poco para terminarse, o que sugerimos deben comenzarse a la brevedad posible, son las siguientes:

- 1) Represa del río Palmar. En realidad lo mejor es completar el estudio ya hecho extendiéndolo para dos represas, una alta que serviría para aprovisionar el Distrito Maracaibo, incluyendo los campos petroleros y la ciudad, y otra más abajo para riego de las vegas inferiores del río. También se estudiaría la generación de fuerza eléctrica.
- 2) Represa de Agua Viva sobre el río Motatán. Estudio completo y listo para su ejecución.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

- 3) Represas en los ríos Limón, en el Distrito Mara, Negro y Apón, en el Distrito Perijá. Estas represas, como las anteriores, serían una de las maneras más directas de "sembrar el petróleo" en el corazón de la zona petrolera.
- 4) Estudio de obras necesarias para invertir el proceso actual de aumento de la salinidad del Lago de Maracaibo, sin interrupciones o molestias apreciables para la navegación. Si del estudio resulta que estas obras son practicables y se llevan a cabo, el Lago de Maracaibo sería eventualmente un gran cuerpo de agua dulce, utilizable por bombeo por todas las poblaciones, haciendas e industrias de la zona costera.
- 5) Como corolario del (4) las aguas subterráneas quedarían aseguradas contra una posible contaminación. Por el contrario, si no se ejecutaran dichas obras, las aguas subterráneas quedarían bajo amenaza de contaminación por agua salada, cada vez más fuerte; las instalaciones, tuberías etc. de las compañías petroleras, sufrirían cada vez más por la corrosión y la fauna misma del Lago sufriría el cambio consiguiente al aumento de la salinidad.

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

ANEXO 1.

CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO - PRECIPITACIONES CONOCIDAS

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

ANEXO 1.

CUENCA DEL LAGO DE MARACAIBO - PRECIPITACIONES CONOCIDAS

OBSERVATORIO	ESTADO	H O Y A	mm.	Años	N O T A S
Maracaibo	Zulia	No. 1	585	42	✓
La Concepción-	"	"	684	7	✓
Carrasquero	"	L i m ó n	776	5	✓
Mara	"	"	856	7	✓
La Paz	"	"	1128	7	✓
Sinamaica	"	"	912	5	✓
El Rosario	"	Palmar	1049	11	✓
Las Múcuras	"	"	1174	11	✓
Machiques	"	A p ó n	1486	10	✓
Tocuco	"	Sta. Ana	2924	3	
Tasajera	"	Catatumbo	1212	1	
Encontrados	"	"	1429	5	✓
Buena Esperanza	"	"	1683	1	
Casigua	"	"	2569	7	✓
El Guayabo	"	"	1623	1	
Ferreira	"	Escalante	1083	1	
Sta. Barbara	"	"	1108	1	
Concha	"	No. 7	1114	1	
El Calvario	"	"	1293	1	
Caracoli	"	C h a m a	1392	1	✓
Bobures	"	No. 8	1170	7	✓
Central Venezuela	"	"	1215	7	✓
Mene Grande	"	No. 9	1459	32	✓
San Lorenzo	"	"	1502	7	✓
Bachaquero	"	"	1293	7	✓
Pueblo Viejo	"	"	1316	7	✓
Lagunillas	"	"	1028	7	✓
Tía Juana	"	"	876	7	✓
Cabimas	"	"	646	7	✓
El Consejo	"	"	1158	3	
Quiróz	"	"	1335	5	✓
Palmarejo	"	"	604	7	✓
Altagracia	"	"	559	5	✓
Quisiró	"	"	583	4	
Guareros	"	"	736	5	✓
La Salina	"	"	652	8	✓
El Mene de Mauroa	Falcón	"	851	6	
Trujillo	Trujillo	Motatán	948	26	
Motatán	"	"	1023	13	
Sta. Ana	"	"	897	8	
Pampán	"	"	1542	9	
Valera	"	"	1021	10	
Escuque	"	"	951	10	

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

OBSERVATORIO	ESTADO	H O Y A	mm.	Años	N O T A S
Las Cruces	Trujillo	Motatán	931	10	
Jajó	"	"	980	10	
Monay	"	"	1586	10	
Guamas	"	"	1231	12	
Chejendé	"	"	1072	11	
Carache	"	"	701	9	
Cuicas	"	"	1261	10	
Agua Viva	"	"	974	7	
Sabana Grande	"	"	1406	12	
Villegas	"	"	1112	11	
Valle Hondo	"	"	916	12	
Cristalina	"	"	1184	11	
San Lázaro	"	"	729	3	
La Quebrada	"	"	1005	3	
Sabana Mendoza	"	No. 8	1099	9	
Mérida	Mérida	C h a m a	1700	12	
Timotes	"	Motatán	968	8	
Mucuchíes	"	C h a m a	657	13	
Tabay	"	"	1607	1	
Lagunillas	"	"	571	4	
Chiguará	"	"	639	4	
Estanquez	"	"	499	1	
Sta. Cruz	"	"	1099	5	
El Vigía	"	"	1450	1	
Mesa Bolívar	"	"	930	1	
La Palmita	"	"	1188	1	
Tovar	"	"	1511	10	
Bailadores	"	"	758	12	
Azulita	"	No. 8	1567	9	
Pueblo Hondo	Tachira	Escalante	726	1	
Sabana Grande	"	"	658	1	
La Grita	"	Catatumbo	m999	7	
El Cobre	"	"	829	5	
Seboruco	"	"	803	4	
Michelena	"	"	851	5	
Lobatera	"	"	734	6	
Ureña	"	"	908	4	
Colón	"	"	1126	1	
Boca Grita	"	"	2147	1	
Mesa Seboruco	"	"	2125	1	
La Fría	"	"	2484	1	
Estación Tachira	"	"	1961	1	
San Pedro del Río	"	"	645	1	
Borotá	"	"	833	1	
San Antonio	"	"	456	1	
Las Delicias	"	"	824	1	
Páramo Zumbador	"	"	1021	1	
Rubio	"	"	752	1	
Laureles	"	"	1139	1	

OFICINA AGUERREVERE S. A. Y ESTUDIOS Y PROYECTOS S. A.

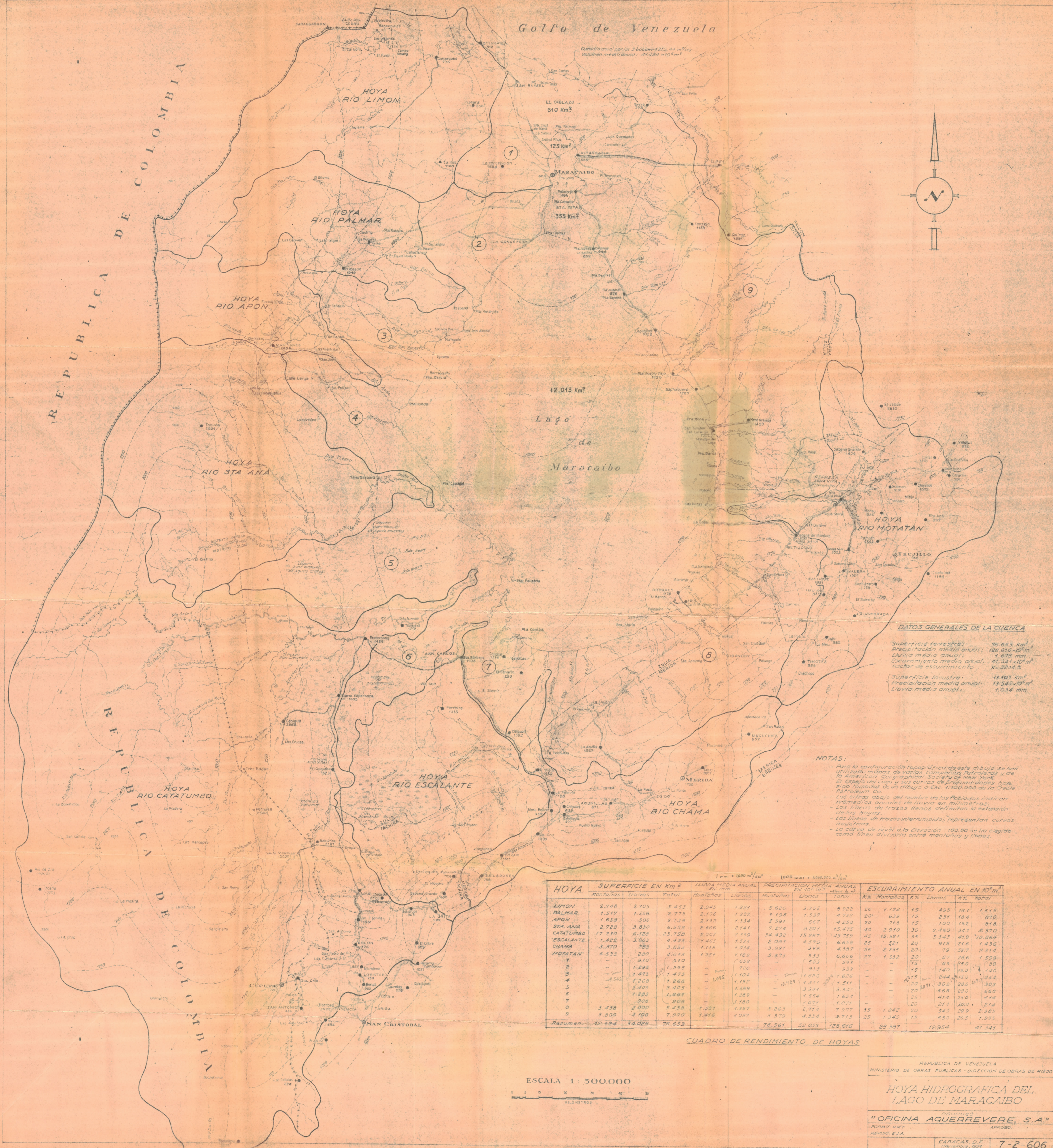
APARTADO 1253

CARACAS, VENEZUELA

ANEXO 2.

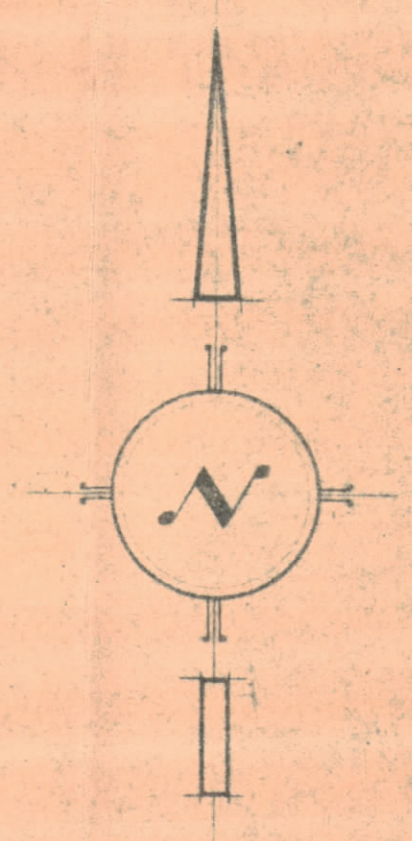
CUENCA HIDROGRAFICA DEL LAGO DE MARACAIBO.

Dibujo: 7-2-806.



Golfo de Venezuela

Comedera para 3 bocas = 135, 44 m³/seg
Volumen medio anual = 41.284 x 10⁶ m³



DATOS GENERALES DE LA CUENCA

Superficie terrestre: 76.653 Km²
Precipitacion media anual: 120.616 mm
Lluvia media anual: 41.341 x 10⁶ m³
Escorrentamiento: 28.387 x 10⁶ m³
Factor de escorrentamiento: K = 32,14 %
Superficie lacustre: 13.103 Km²
Precipitacion media anual: 13.545 x 10⁶ m³
Lluvia media anual: 1.034 mm

NOTAS:

- Para la configuracion topografica de este dibujo se han utilizado mapas de varias Compañias Reograficas y de la American Geographical Society of New York.
- El espacio del Lago y sus curvas de elevaciones han sido tomados de un dibujo a Esc. 1:100.000 de la Carta Geografica de Venezuela.
- Las cifras abajo del nombre de las Pobladas indican promedios anuales de lluvia en milimetros.
- Los limites de trazos llenos delimitan la extension de las Hoyas.
- Las lineas de trazos interrumpidos representan curvas isoyeticas.
- La curva de nivel a la elevacion 100.00 se ha elegido como linea divisoria entre montañas y llanos.

HOYA	SUPERFICIE EN Km ²			LLUVIA MEDIA ANUAL EN mm			PRECIPITACION MEDIA ANUAL EN 10 ⁶ m ³			ESCORRENTAMIENTO ANUAL EN 10 ⁶ m ³					
	Montañas	Llanos	Total	Montañas	Llanos	Total	Montañas	Llanos	Total	K% Montañas	K% Llanos	K% Total			
LIMON	2.748	2.705	5.453	2.045	1.221	3.266	3.302	6.922	20	1.704	15	495	18,1	1.613	
PALMAR	1.517	1.258	2.775	2.106	1.222	3.328	1.537	4.752	20	639	15	231	19,4	870	
APON	1.639	500	2.139	2.192	1.334	3.526	667	4.258	20	719	15	100	19,2	818	
STA ANA	2.720	3.830	6.550	2.666	2.141	7.274	8.201	15.475	40	2.910	30	2.450	34,7	5.370	
CATATUMBO	17.230	4.129	21.359	2.002	3.339	34.492	15.267	39.759	45	15.581	35	5.343	41,9	20.864	
ESCALANTE	1.422	3.003	4.425	1.465	1.625	3.090	2.083	4.375	25	521	20	79	21,6	1.436	
CHAMA	3.570	293	3.863	1.114	1.034	2.148	3.94	4.387	26	2.235	20	79	52,7	2.314	
MOTATAN	4.233	260	4.493	1.251	1.129	2.380	5.873	3.93	57	2.235	20	79	52,7	2.314	
1	-	910	910	-	652	-	593	6.006	27	1.532	20	87	26,6	1.599	
2	-	1.295	1.295	-	720	-	933	933	-	-	-	89	15,0	99	
3	-	1.473	1.473	-	1.104	-	1.026	1.626	-	-	-	140	15,0	140	
4	-	1.268	1.268	-	1.192	-	1.511	1.511	-	-	-	301	20,0	302	
5	-	2.405	2.405	-	1.389	-	3.341	3.341	-	-	-	668	20,0	668	
6	-	1.203	1.203	-	1.289	-	1.554	1.654	-	-	-	414	25,0	414	
7	-	306	306	-	1.180	-	1.071	1.071	-	-	-	214	20,0	214	
8	3.438	2.000	5.438	1.531	1.837	3.368	5.263	2.744	7.977	35	1.842	34	29,9	2.385	
9	3.500	4.100	7.600	1.866	1.057	2.923	5.379	4.334	9.713	25	1.345	15	650	20,5	1.995
Recumen:	42.624	34.029	76.653	-	-	-	76.561	52.035	120.616	-	-	28.387	12,954	41.341	

CUADRO DE RENDIMIENTO DE HOYAS

ESCALA 1 : 500.000
0 5 10 20 30 40 50
KILOMETROS

REPUBLICA DE VENEZUELA
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS - DIRECCION DE OBRAS DE RIEGO

HOYA HIDROGRAFICA DEL LAGO DE MARACAIBO

RESERVA
"OFICINA AGUERREVERE, S.A."
FORMA: 8MT
REVISO: EJA

CARACAS, D.F.
Enero, 1954

7-2-606

2-211-8-1