

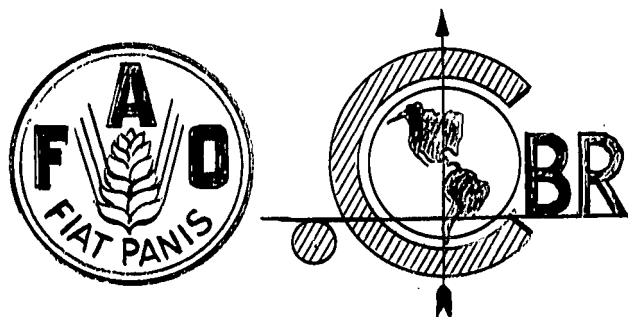
6325.
Hid. 21
81.5

GOBIERNO DE VENEZUELA
Y FONDO ESPECIAL DE LA O.N.U.

GRUPO DE HIDROLOGIA

CUENCA TURBIO-COJEDES

SINTESIS PRELIMINAR DE ESTUDIOS HIDROLOGICOS



CONSEJO DE BIENESTAR RURAL
Caracas, Julio 1965

FAO - CBR

GOBIERNO DE VENEZUELA
Y FONDO ESPECIAL DE
LA O.N.U.

GRUPO DE HIDROLOGIA

Síntesis Preliminar de Estudios Hidrológicos
según información acumulada para el momento,
con algunos comentarios relacionados con el
aprovechamiento hidráulico.

CUENCA TURBIO-COJEDES

Trabajo especial preparado con motivo de la
Convención General promovida por FUDECO,
Julio de 1965.

José María Ochoa Pile
Ingeniero Civil

I N D I C E

	<u>Página</u>
NOTAS PRELIMINARES	I
1. Panorámica General de la cuenca Turbio - Cojedes. El crecimiento de Barquisimeto.....	1
2. Efectos climatológicos. Hidrometría. Requerimientos de Riego.....	10
3. Cuadro General de Disponibilidad de Agua (tomando en cuenta las demandas del Sistema Majaguas).....	13
4. Problemas de Drenaje en la Zona Urbana de Barquisimeto. Hoyas la Ruezga y El Mamón.....	15
5. Hoya Arida (y Kárstica), Duaca-Agua Sala- da- Yucatán- El Cují-Nonavana.....	17
6. El Turbio en el Sector San Miguel-Barqui- simeto.....	19
7. El Turbio en el Sector Barquisimeto-Yari- tagua-Cabimba-El Totumo.....	26
8. Nuare-Charay.....	28
9. Sarare.....	29
10. Nirgua-Tucuragua.....	31
11. Recursos Extra-Cuenca El Tocuyo y Yacambú	32
APENDICE CON DATOS TECNICOS	
Río "Influyente y Río "Efluyente".....	a
Condición de "Recarga Rechazada".....	b
Cálculo Sedimentos de Fondo.....	c
Hidrógrafos del Río Turbio.....	
Avenida del 16-17 Feb. 1965.....	d

NOTAS PRELIMINARES

Técnicos y Auxiliares que integran el Grupo de

Hidrología y Actividades Principales:

Ing. John Allis, Hidrología General y Riego
Ing. Brian Goodier, Drenaje y Control de Inundaciones
Ing. León Camilo Salazar, Análisis Hidrológico
Ing. José María Ochoa Pile, Aguas Subterráneas,
Consultas Generales y Coordinación Técnica.
Instalaciones Hidrológicas (incluyendo Puentes de
Aforo), Aforos, Muestreos de Sedimentos, Experi-
mentos de Infiltración, Cálculos de LLuvias y Escu-
rrimientos, Elaboración de Hidrogramas, Cálculos de
Uso Consuntivo, etc..

Hidrometeorologista Luis Muñoz L.

" Carlos Winston Colmenares

" Lauro Morales

" Angel Andrade

Levantamientos de sitios de presas, nivelación de
pozos, control de niveles freáticos, levantamiento
de perfiles geofísicos por métodos de resistividad
(Dispositivo Wenner) y sondeos mecánicos del sub-
suelo.

Topógrafo Bérnido Medina

" Ramón González

Perforador Benito Alvarez. Ayudantes: Antonio
Alvarez, Gioverti Anzola, Tomás González y F.
Puertas.

Observador Meteorológico y Aforador: Rafael Cha-
vez Crespo.

Aforadores: José Mendoza Camacho, José V. Pimentel,
A. Campos, Régulo Salas, P. Cavet, Máximo Castella-
nos.

Hay 29 mireros y observadores controlando hidróme-
tros, pluviómetros, limnigrafos, etc.. en forma
continua.

El trabajo general de cartografía y restitución
utilizando vuelos recientes (1963) está a cargo
del cartógrafo Sr. Alfredo Mendoza. Cabe obser-

var que para el momento el Programa de Cuen-
cas Hidrográficas FAO - CBR ha concluido los
siguientes mapas generales de la cuenca Tur-
bio-Cojedes.

Mapa Topográfico General (Drenaje, Vialidad,
Poblaciones, Caseríos).

Mapa Forestal

Mapa Edafológico

Mapa de Tenencia de la Tierra

Mapa Geológico

Mapa de Industria Animal (Isolíneas de concen-
tración).

Estos mapas están a nivel semi-detallado y en
escala 1: 100.000.

El grupo de hidrología ha mantenido una estrecha
relación con los grupos de las otras disciplinas,
pero muy especialmente con el grupo de estudios geo-
lógicos, a cargo de los geólogos Dres. K.F. Dallmus
y W. Thoms, ya que la evaluación correcta de los
fenómenos hidrológicos (p. ejemplo el escurrimien-
to) presupone un buen conocimiento de las carac-
terísticas geológicas de las diversas subcuencas.
El Programa mantiene consultas continuas con los
despachos gubernamentales, empresas privadas y per-
sonas particulares para los fines de recoger infor-
mación técnica pre-existente o en proceso de reco-
lección. Cabe mencionar en forma muy especial los
siguientes organismos: oficina de Obras Hidráulicas
del Edo. Lara (MOP), Dirección de Obras Hidráulicas
(MOP), Oficina de Zona del MAC en Barquisimeto, Di-
rección de Recursos Naturales Renovables del MAC,
Ing. Agrícola del MAC, Dependencias de Hidrología
del INOS, Oficina Principal del C.B.R., SAS Acue-
ductos Rurales, Ingeniería del IAN, Observatorios
de las Fuerzas Aéreas y del Seminario Divina Pastora,
Comité de Hidrología de FUDECO, Cartografía Nacio-
nal, Estación Experimental de Occidente (CIA-IFPA)
C. A. Central Turbio, C.A. Central Tocuyo y C. A.
Central Yaritagua.

El Central río Turbio está proporcionando muchos datos sobre niveles freáticos y levantamientos geofísicos que se están incorporando al estudio general de las aguas subterráneas. Igual cosa ha hecho el Central Yaritagua. Esta última empresa lleva un control periódico de aforos y niveles freáticos en los pozos que están bajo su control, trabajo que está a cargo del Dr. Max Casalta. El Central Tocoayo ha proporcionado numerosas publicaciones en materia de hidrología y climatología de la región lareense.

El programa FAO-CBR presentará un informe integral de la cuenca Turbio-Cojedes para mediados del próximo año (Agosto, 1966) donde se harán recomendaciones específicas para el uso racional de todos los recursos tomando en cuenta los requerimientos que puedan surgir hasta el año 1980.

1. PANORAMICA GENERAL DE LA CUENCA TURBIO-COJEDES . EL CRE-
CIMIENTO DE BARQUISIMETO.

La cuenca Turbio-Cojedes está integrada por regiones de condiciones fisiográficas muy variadas y que podrían catalogarse según las cuatro agrupaciones generales que siguen a continuación:

- A. Regiones Húmedas Montañas del Oeste: Alto Turbio, Río Claro y Alto Sarare, integradas por altas serranías de esquistos silíceos y calcáreos, areniscas y calizas arrecifales y lutitas metamorfizadas con alta precipitación que puede fluctuar entre 1.000 y 2.000 milímetros. Hay cubierta forestal en las divisorias y sectores adyacentes. El escurrimiento anual suele ser alto pudiendo llegar a valores entre 40 y 50%. Los sectores calcáreos pueden influir en la forma como ocurre el escurrimiento, produciendo un drenaje más diferido con picos de crecientes más atenuados. Un ejemplo de esto es la cabecera del Sarare en Las Parchas. Incluimos en esta región los sectores de Caño Zancudo, Agua Negra, El Volcán, Páramo, San Miguel, Buena Vista, Río Claro y las cabeceras del Sarare, del Auro, del Guache Seco y ríos adyacentes. En esta región se produce pastos, hortalizas, papas y café. La carga de sedimentos en estas regiones es del orden de 1% por volumen o menos.
- B. Valles Aridos o Semi-Aridos: Incluye todos los sectores entre Yaritagua - Barquisimeto y Duaca. Planicies de la Ruezga y de Yucatán - El Cují - Tamaca - Nonovana, etc. Las planicies aquí corresponden a terrazas antiguas del Plio-Mioceno (ejemplo: terraza de la ciudad de Barquisimeto y Aeropuerto) denominadas por los geólogos Formación El Pegón y los aluviones recientes del río Turbio. Las terrazas viejas que integran las planicies de la Ruezga y el valle de Yucatán - El Cují - Duaca pueden tener un manto superficial llano (2-20 metros) de material aluvional reciente. En los alrededores de Barquisimeto se observa una serie de cerros y colinas que representan deslizamientos que ocurrieron durante

varias épocas geológicas. Estos deslizamientos se produjeron en un ambiente submarino cuando el actual sitio de la ciudad de Barquisimeto se encontraba a 600 - 1000 metros por debajo del nivel del mar. Los deslizamientos (llamados "bloques" o "masas alóctonas" por los geólogos) incluyen varias formaciones y así vemos, por ejemplo, que el cerro detrás de la Estación de Zonas Áridas de El Cují es una arenisca del Terciario que da unos suelos residuales ácidos-silíceos muy aptos para la siembra de piñas. En cambio el gran bloque de la formación de Carorita es una masa calcárea de varios kilómetros cuadrados a la orilla de la cual se ha montado la Planta de Cementos Lara; los suelos residuales son calcáreos y en los flancos de este cerro prosperan los cultivos de cocuiza.

Aquí la precipitación media es del orden de 600 mm, o menos con grandes variaciones de un año a otro; se logra agua subterránea en los sedimentos de terraza y en los aluviones recientes; el manto suele estar profundo en las terrazas altas (valles de Yucatán - El Cují, Terrazas del Aeropuerto) y llano en los aluviones del Turbio. Sin embargo, esta observación no es muy exacta y pueden darse condiciones opuestas (manto profundo en los aluviones de Tarabana, artesianismo en Potrerito y Valle Hondo al S.E. de Yucatán). En realidad es preferible consultar el mapa freático de la FAO-CBR para ver la profundidad de ocurrencia del agua freática.

Debe observarse también que el agua subterránea tiene en esta región una ocurrencia regmática: se da en diaclasas, grietas y fracturas de las rocas y en las calizas.

En cuanto a escurrimiento, esta región tiene dos sectores de características bien diferenciadas: El Sector Mamón - La Ruezga produce altos escurrimientos (C General de 20%, C para una tormenta puede llegar a 30 - 40%) y altas cargas de azolves que pueden ser del 25% por volumen.

(El Sector Mamón tiene menos carga de azolves).
El Sector El Cují- Yucatán-Agua Salada -Eneal-Duaca-Nonovana produce escurrimientos mínimos (C varía de 0% a 2%) debido a que gran parte de la región está integrada por sedimentos calcáreos de alta absorción y por los macizos de la Formación Capacho, una caliza que contiene una gran cantidad de sumideros, algunos de ellos de gran magnitud, que ocurren como pequeños valles de solución, rellenados . Los cultivos principales de esta sub-región son: caña de azúcar en los aluviones recientes (casi siempre con uso intensivo del agua del subsuelo), maíz y frutos en menor grado, piña y cocuiza en las planicies y colinas que no cuentan con agua de riego. En los sectores áridos se practica asimismo la cría de caprinos.

Nota: (La formación Capacho se observa muy bien en el alto que está en la carretera Yaritagua- Barquisimeto . En la parte más alta de la carretera, antes de iniciar el descenso hacia la Alcabala de Barquisimeto, se ven banqueros o cortes efectuados en la caliza y a la mano derecha (bajando) hay un vallecito redondo a manera de ponchera donde se sume toda el agua de lluvia. Por otra parte, obsérvese aquí que las pequeñas hoyas que drenan hacia la Alcabala no muestran zanjas o quebradas de erosión).

- C. Valles Semi-Húmedos que incluyen las vecindades de Sarare, Los Cristales, Gamelotal, El Totumo, El Altar, El Rodeo, Yaritagua, Uribeque, Sabana de Parra, Sabana de Londres, Pilancones, Nuare, Nuarito y Charay.

Por regla general las zonas de valles muestran dos tipos de sedimentos: 1) La Formación Pegón, manifestándose como restos de terrazas muy antiguas redondeadas por la erosión*, con una capa superficial de arcillas rojas, granzones y arenas (semi-lateritas) que muestran una asociación muy característica de

*/ Entiéndase bien: la erosión a través de épocas geológicas-- la erosión de corto período (anual o aun secular) es insignificante.

paja "saeta" y chaparros con pequeñas manchas de bosques en algunos lugares (generalmente, las depresiones).

2) Los aluviones recientes.

Un detalle muy característico de esta región es el gran cono de deyección en las vecindades de Urachiche, Sabana de Parra, Mayurupí y Norte de Yaritagua. Aquí la divisoria de los ríos Turbio Yaracuy se da en relleños de valle.

La precipitación de las regiones mencionadas varía 800 a 1300 mm., la erosión de los sedimentos de valle es insignificante, pero puede darse el caso de sedimentos lavados de montañas adyacentes. El escurrimiento general es elevado y puede variar entre el 20 y 30%. En muchos lugares el basamento de esquistos aflora a través de los sedimentos más recientes. Dentro de los valles y colinas que integran esta región se dan algunos cerros altos entre los cuales debemos mencionar el cerro al sur de Yaritagua --- una masa de gneis (granito metamorfizado) que representa una rara ocurrencia en la región. Por lo tanto el cerro de Yaritagua es una antigua intrusión de lava ácida. En la costa de los ríos Nuare, Charay y Buría puede observarse una topografía de valles antecedentes exhumados. Estos valles antiguos fueron excavados en una fase altamente metamorfizada de la Formación Capacho en donde los esquistos calcáreos están recristalizados o marmorizados. La solubilidad de la roca resultante es muy baja y como quiera que hay una sucesión de gargantas angostas y pendientes muy planas, se cuenta aquí con excelentes sitios para embalsar las aguas de lluvia. Por otra parte, las rocas están saturadas y en condición de flujo freático hacia los ríos (los ríos son "efluentes"). Como ya se dijo, las aguas son limpias con cargas de sedimentos muy bajas.

En estos sectores se cultiva principalmente la caña en los suelos mejores conjuntamente con maíz y frutales; los suelos desarrollados en una

ecología de sabanas (semi-lateritas y latosoles) se usan para cría de ganado vacuno.

- E. Montañas Húmedas del Norte y Este: Incluye el macizo montañoso del río Tucuragua, las serranías de Chivacoa y Nirgua con los valles intermontanos correspondientes y las serranías con bosques pluviales que se extienden en el trayecto Urachiche-Duaca - Mariara.

La mayor parte del volumen anual de agua que fluye hacia el río Cojedes se origina en esta región, que tiene escurrimientos elevados. Las serranías están integradas por esquistos micáceos, calcáreos y silíceos, algunas areniscas y grandes masas de calizas arrecifales a niveles elevados; cerca de Nirgua se observan masas de esquistos cloríticos (mica verde, puede observarse esta formación en el alto del valle antes de llegar a Bejuma en la vía que viene de Valencia). Las principales formaciones geológicas que se encuentran en esta región son: Aguardiente, Las Brisas y La Quinta (silíceas-micáceas) Capacho y Apón (calizas). Los valles del río Tucuragua son valles en "vé" o valles con planicies muy angostas de edad joven a mediana. La topografía es abrupta. Estos valles están por lo general bien forestados y hay poca erosión, pero en algunos lugares se está extendiendo el cultivo de conucos. Las partes planas del valle de Nirgua están integradas por terrazas antiguas de la formación Pegón, los cerros adyacentes a la población y en la vía de Santa Cruz tienen muchas porciones erodadas que están contribuyendo cierta carga de sedimentos al río Buría o Nirgua. No es difícil controlar la erosión en estos sectores; las partes desforestadas de las serranías se están utilizando para cría de ganado vacuno y las terrazas, vegas angostas adyacentes a los ríos y colinas suaves se utilizan para siembras de cítricas, papas y hortalizas. Hay cultivos de café en las alturas, pues este cultivo ha decaído mucho en la región de Nirgua.

Las serranías en el trayecto Urachiche-Duaca están cubiertas con bosques o pastos y hay poca erosión la minar--- los sedimentos proceden de los procesos normales de disección de las vías de drenaje. En este trayecto se pueden observar calizas arrecifales de gran espesor (Formación Apón) montadas sobre un basamento de esquistos. Esto da lugar a manantiales de contacto que llevan mucho carbonato de calcio en solución; este mineral se redeposita luego formando capas de travertinas y tufas. Este efecto puede observarse en el manantial del cerro de Mayurupí donde está el vivero de frutales para la reforma agraria (CBR-IAN). Las serranías adyacentes a Duaca están integradas por calizas con grandes cavidades de solución--- en algunos valles la lluvia se infiltra en su totalidad y el coeficiente de escurrimiento es cero. Es muy posible que en las divisorias de esta zona Kárstica las aguas freáticas están drenando hacia la cuenca del río Aroa.

Las Zonas Adyacentes a Barquisimeto.

Un hecho fundamental que surge en el estudio de la cuenca Turbio-Cojedes es el de que la zona adyacente a Barquisimeto (La Ruezga, Planes de Baragua, Planicies El Cují-Duaca, Valles de Yaritagua) cuenta con una disponibilidad de cerca de 100.000 hectáreas de los mejores suelos que tiene Venezuela para fines de regadío, suelos de zonas semi-desérticas, muy poco lavados por la lluvia. Como se sabe, generalmente la disponibilidad de agua en estas regiones es poca, aun llegándose a represar la totalidad del escurrimiento pluvial. El gran potencial de tierras irrigables plantea una situación permanente de escasez del recurso agua para fines agrícolas, y esta condición se hace más aguda ante la circunstancia de que en este núcleo de perpetua sed se está desarrollando, en forma vigorosa, el gran centro metropolitano de Barquisimeto con sus ciudades satélites de Cabudare y Yaritagua. El consumo urbano potencial representa un caudal que no se logra en la zona, ni siquiera con la restricción total de la agricultura y, forzosamente,

el agua para Barquisimeto debe traerse de fuentes relativamente distantes. Ciertamente debe hacerse un esfuerzo bien grande para rescatar con obras de regadío alguna pequeña porción de las grandes reservas de suelos adyacentes a Barquisimeto. La alta rentabilidad agrícola de las tierras de los desiertos larenses justifican inversiones elevadas para obras de riego, ciertamente en exceso de los Bs 5.000 - 8.000 en hectárea que se ha gastado en la construcción de algunos sistemas de riego en Venezuela.

El Crecimiento de Barquisimeto.

Los datos correspondientes a los cuatro últimos censos de población realizados en Venezuela indican un módulo de crecimiento bastante bien definido para Barquisimeto. La extrapolación de los datos puede hacerse usando dos métodos generales:

- 1) Uso de papel semi - logarítmico que da una tendencia vegetativa correspondiente a la ecuación:

$$Y = Y_0 \epsilon^{ax}$$

donde Y = Población para un cierto año.
 Y_0 = Población en el año del primer censo.
 x = Años, a partir del primer censo, hasta el año en que se calcula la población.

$$\epsilon = 2,718.....$$

a = Coeficiente modular del crecimiento

Este método suele exagerar el futuro crecimiento.

- 2) Uso de papel log-log. Se logran esencialmente los mismos resultados obtenidos con un ajuste por mínimos cuadrados. (Parábola de segundo grado, forma: $Y = a + b X + c X^2$).

Este método es mucho más conservador en el sentido de que salen valores más bajos.

Usando mínimos cuadrados resulta para el crecimiento de Barquisimeto la ecuación:

$$Y = 37.000 + 2928X + 138X^2$$

X = Años a partir de 1936

Población y Requerimiento de agua resultante si se usa un coeficiente de 500 litros/habitante/día (aconsejable para los centros metropolitanos modernos):

<u>Población</u>	<u>Demanda de Agua</u>
Año 1965 230.000	1.390 lit/seg.
Año 1970 300.000	1.730 "
Año 1980 450.000	2.600 "
Año 2000 950.000	5.500 "

Estas cifras se han tomado del papel log-log.

En Venezuela se ha usado hasta ahora un coeficiente de 300 lit/hab/día, pero la información proveniente de muchos países indica que el uso de este coeficiente de diseño redundará en desarrollo restringido. La demanda de agua de Barquisimeto si usamos el actual coeficiente de 300 lit/hab/día (desaconsejable) sería:

1965	-	835	lit/seg
1970	-	1.040	"
1980	-	1.560	"
2000	-	3.300	"

De hecho el crecimiento de la población podría incrementarse muy por encima de lo calculado (cambio modular positivo) si no hay limitación del agua. Se sabe que los organismos de alta planificación del Gobierno Nacional están interesados en "bloquear" artificialmente el desarrollo demo-

gráfico de la zona "megalopolitana" de Caracas,* / desviando el establecimiento de industrias hacia regiones más distantes.

No se escapa a nadie que esta decisión se reflejará directamente en el crecimiento de Barquisimeto y, por ende, en el requerimiento de agua.

* / (Megalópolis = Super-metrópolis = Conjunto de zonas metropolitanas solapadas. En el caso de Caracas tendremos con el tiempo la super-ciudad Valles del Tuy -Valles de Aragua - Caracas - Maracay - Valencia).

2. EFFECTOS CLIMATOLOGICOS. HIDROMETRIA. REQUERIMIENTOS DE RIEGO.

La precipitación anual en la cuenca Turbio-Cojedes presenta grandes variaciones regionales. Observamos 1600 mm en las cabeceras de la Tucuragua y valores similares en las cabeceras del Turbio y del Sarare; los valles de Sarare dan una media del orden de 1200 mm; la zona entre Yaritagua y Nirgua llega a 1000 mm o algo menos e igual valor rige en las serranías que se extienden en el trayecto Urachiche - Duaca . Las divisorias que se encuentra al Norte y Oeste del valle semi-desértico de Yucatán alcanzan valores altos que tal vez sobrepasen los 1000 mm ^{*/} (Simara - Mariara y Montañas al Norte de El Eneal). Aquí se da un marcado efecto de inducción orográfica - el bloqueo de la circulación este por las montañas da lugar a remanso, enfriamiento y lluvia orográfica. El sector semi-desértico Barquisimeto-Ruezga, etc. representa una "sombra orográfica".

Mucho más importante que el valor medio de la precipitación es la desviación standar, σ , de los eventos. Esto indica la variación que puede esperarse para las bajas frecuencias. Normalmente, los eventos observados se dibujan en papel de probabilidades de Hazen para calcular la ocurrencia de acuerdo con la ley de Gauss.

Se sabe que en los sectores áridos de la cuenca (Barquisimeto - Yucatán y vecindades) σ tiene valores grandes, lo que indica una lluvia anual inestable, con grandes variaciones de un año a otro.

Los eventos del rango menor dan los siguientes valores:

LLUVIA ZONAS ARIDAS

Frecuencia	1	en	5	años:	66,5%	del promedio
"	1	en	10	" ;	50,0%	" "
"	1	en	20	" ;	36,2%	" "
"	1	en	50	" ;	20,2%	" "

^{*/} Esto se verificará por primera vez con las instalaciones pluviométricas montadas por FAO-CBR en Simara, Agua Salada y Mariara.

Por lo tanto la precipitación que puede darse una vez en 20 años, digamos en la zona de Barquisimeto, tendría un valor $550 \text{ mm} \times 0,362 = 200 \text{ mm}$. Iguales efectos rigen en las otras hoyas áridas del estado Lara: Quíbor, Tocuyo, Carora, Bobare, etc.

Vemos entonces que en las zonas adyacentes a Barquisimeto es desaconsejable el aprovechamiento de cuenca pequeñas para usos que requieren estabilidad del suministro.

Puede usarse una cuenca pequeña para cultivos de corto período, en los cuales la superficie de siembra puede ajustarse rápidamente según el volumen que se haya logrado embalsar para un determinado período de lluvias. Por ejemplo, el cultivo de hortalizas y papas es aconsejable bajo estas condiciones. Se dan dos períodos anuales de lluvias para llenar los embalses:

Primer Período: Mayo - Junio - Julio

Segundo Período: Septiembre - Octubre - Noviembre

Los sectores que se aproximan a la cuenca del Yaracuy y en general las montañas húmedas de gran altura (cabeceras del Sarare, cabeceras del Turbio) tienen una lluvia más estable.

LLUVIAS ZONAS HUMEDAS (Eventos del Rango menor)

Frecuencia	1	en	5	años:	76,5%	del	promedio
"	1	en	10	años:	65,4%	"	"
"	1	en	20	años:	55,2%	"	"
"	1	en	50	años:	43,9%	"	"

*/ Lluvia media anual en Barquisimeto.

Esgurrimiento General Cuenca del Turbio.

Si usamos la precipitación media y el área de la cuenca que el MOP afora en Puente Tononó (Yaritagua) resulta un coeficiente de esgurrimiento medio para este sector de la cuenca de 7 a 8%. Se debe señalar que en la cuenca alta hay grandes variaciones en los valores de C : La gran cuenca de Duaca - Yucatán - El Cují tiene 0-2%, las hoyas de la Ruezga y Mamón una media de 15-18% y el Alto Turbio con alta precipitación y rocas de baja permeabilidad 30-40-50%.

El sector de la cuenca entre Yaritagua y San Rafael de Onoto arroja un coeficiente de 17%. Aquí también se dan muchas áreas de sedimentos profundos en los conos de deyección que no esgurren casi nada, en cambio los sectores de montaña darían un 20% de esgurrimiento. Este valor es relativamente bajo si comparamos con el Alto Tocuyo, en donde se logra un valor C de 40% o más. En esto influye mucho el factor altimétrico: las montañas del Alto Tocuyo llegan a cotas de 2000 y 3000 metros con bajas temperaturas y poco uso consuntivo de la cubierta vegetal, en cambio las montañas de relativamente baja altura, 1000 a 1300 metros, que abundan en esta cuenca, tienen mayor uso consuntivo y el rendimiento en agua esgurrida es menor.

Esgurrimiento en la cuenca del Sarare.

Aquí tenemos valores generales que llegan al 22% o más para toda la cuenca. El valor en las zonas de montañas sobrepasa el 30% pero cuando los ríos llegan a los grandes depósitos de valles hay pérdidas por infiltración (ríos "influyentes" que alimentan el manto freático). En las zonas de abajo, en Agua Blanca, el río pasa a ser "efluente" o sea que se alimenta del manto freático, pero hay grandes pérdidas por evapotranspiración de bosques y pastos.

Requerimientos de Riego

La lámina de agua que debe aplicarse para el sostenimiento de los cultivos es de un 1 metro aproximadamente; con 50% de eficiencia de aplicación se necesitan por lo tanto unos 2 metros de agua = 20.000 metros^3 por hectárea = 0,6 lit/seg/ha. Se suele usar un módulo de 1 lit/seg/ha.

3. CUADRO GENERAL DE DISPONIBILIDAD DE AGUA (tomando en cuenta las demandas del Sistema Majaquas).

Cualquier planificación que se haga en la parte alta de la cuenca Turbio-Cojedes en cuanto a uso de aguas debe tomar en cuenta el programa del MOP en las Majaquas. Allí se tiene pensado desarrollar un sistema de riego de 90.000 has. brutas. Al descontar un 20% que es la superficie normalmente ocupada por canales, derechos de vía, carreteras, drenajes, edificaciones, etc., resulta una superficie neta de riego de 72.000 has. con un requerimiento de riego del orden de 400 mm. por año o menos y con una eficiencia de aplicación del 60% tendríamos una lámina total de 0,67 m. ó 6700 m³/hectárea. Para 72000 has. resulta una demanda de 480 millones de m³. Esto podemos llevarlo a 500 millones de m³ si consideramos algunas pérdidas por percolación en los embalses. Las superficies de los embalses son considerables y podría darse mucha pérdida por evaporación, pero en la zona de las Majaquas.

Precipitación Anual $\approx$ Evaporación Anual
de manera que las pérdidas por evaporación quedan compensadas.

Por otra parte, cabe recordar que todo el sector Majaquas cuenta con una potente mesa freática aflorada que permite la operación del regadío en grandes sectores con costos de operación muy baratos, ya que se trata de niveles de bombeo muy llanos. Si se utiliza este recurso, como seguramente se hará para la segunda etapa del Plan Majaquas, se logran los siguientes beneficios:

- 1) Mayor provisión de agua.
- 2) Recursos que no se ven afectados por años de bajo escurrimiento.
- 3) Mejora del drenaje general de la región, que es muy deficiente.

Si se admite una cifra de 500 millones de m³ como adecuada para servir el Plan Majaquas nos queda la disponi-

bilidad siguiente:

Escurrecimiento Anual medio del Turbio-Cojedes	620 millones m3
Escurrecimiento Anual medio del Sarare	200 " "
	820 millones m3

Restar 500 millones de m3 Sistema Majaguas.

DISPONIBLE PARA LA CUENCA

ALTA: 320 MILLONES DE m3

IGUAL A 10.000 LIT/SEG.

Vale la pena repetir una vez más que la evaluación cabal del recurso freático en la zona Majaguas es una operación que debe intentarse en primer momento. Se debe tener a la vista la premisa básica de que, históricamente, el balance hídrico local (lluvia + afluencia de aguas subterráneas) ha sostenido la existencia de decenas de miles de hectáreas de bosques de plantas higrófilas. Al removerse el bosque por desforestación, el consumo integral del bosque queda disponible para ser aplicado al cultivo mediante operaciones de bombeo. Sería oneroso para la nación restringir el desarrollo de las cuencas altas (que como hemos visto, tienen grandes recursos de suelo en condiciones semi-desérticas, ideales para la agricultura). si en la cuenca baja pueden darse redundancias.

4. PROBLEMAS DE DRENAJE EN LA ZONA URBANA DE BARQUISIME-
TO: HOYAS LA RUEZGA Y EL MAMON.

Las hoyas de La Ruezga y El Mamón representan un problema para el crecimiento urbano de Barquisimeto ya que han determinado una extensa zona de condición "non - edificandi" por los frecuentes aniegos que ocasionan. Las zonas afectadas son tierras planas pegadas al actual casco de la ciudad donde la urbanización puede hacerse con costos relativamente pequeños en cuanto al suministro de agua, fuerza y facilidades sanitarias, pero queda el problema de los aniegos.

En los actuales momentos FUNDALARA se dispone a rescatar estas tierras mediante la construcción de un canal provisional que tendría como factor de seguridad una berma muy alta y de estabilidad suficiente como para manejar las avenidas más severas que pudieran darse.

FAO-CBR está estudiando estas pequeñas cuencas en forma muy intensiva; se ha colocado una malla de pluviógrafos y pluviómetros que se leen para cada lluvia y dos estaciones hidrométricas que se leen en forma continua cuando hay escurrimiento de aguas.

Para el momento ya se han logrado dos hidrógrafos unitarios de estas cuencas - esta operación es fácil llevarla a cabo en cuencas pequeñas ya que la poca extensión permite la ocurrencia simultánea de una tormenta en toda la superficie.

Los primeros datos indican lo siguiente:

Tiempo concentración Mamón	3,5 horas
"	" Ruezga
	5,0 horas

Escurrecimiento Primera lluvia	invierno	10%
Otras lluvias	más del	20%

FAO-CBR recomienda la construcción del embalse El Mamón como una medida que disminuirá sensiblemente la amenaza de las inundaciones, a la vez que dará un cierto caudal de agua. Nominalmente esto podría ser del orden de 250 litros por segundo o algo más, pero es de esperarse que se den pérdidas por infiltración que podrían ser de cierta magnitud. —

Se dijo anteriormente que todo el sector adyacente a Barquisimeto cuenta con formaciones rocosas que, si bien tienen una permeabilidad primaria muy baja, pueden tener muchos escapes de tipo regmático. Por este motivo, el rendimiento directo de agua del embalse El Mamón se verá una vez que esté en operación. Las fugas por infiltración se aprovecharían en todos los pozos que se encuentran en las planicies adyacentes, como un rendimiento indirecto por recarga artificial de los acuíferos. En todo caso, la presa está más que justificada ante el objetivo fundamental de control de inundaciones.

Como medida complementaria para controlar las inundaciones de La Ruezga, el Dr. Brian Goodier de FAO-CBR está iniciando el estudio de un canal de desviación que cortaría toda la hoya alta más abajo de Villa Rosa pasándola a la vertiente de Quíbor. Esta es una solución muy práctica que, conjuntamente con la presa El Mamón, deja totalmente resuelto el problema.

El escurrimiento anual medio de las cuencas Mamón-La Ruezga es del orden de 20 millones de m³ de los cuales llegarían unos 15 millones de m³ al aforo del MOP en Tono-nó, ya que se dan muchas pérdidas por infiltración no solamente en los aluviones del río Turbio sino en los mismos aluviones de La Ruezga. FAO-CBR ha observado algunas pequeñas avenidas que, pasando por los puentes de la vía Quíbor, no llegaron al puente Guardagallo de la Alcabala Barquisimeto-Yaritagua.

5. HOYA ARIDA (y Kárstica) DUACA-AGUA SALADA -YUCATAN
EL CUJI - NONAVANA.

Ya se comentó con anterioridad que esta hoyá se caracteriza por coeficientes de escurrimiento muy bajos que están entre el 0 y 2%. Hay algunos sitios de embalse, pero, básicamente, nos encontramos con el tropiezo de que no hay escurrimiento que valga la pena embalsar y el volumen que se logre embalsar está sujeto a grandes pérdidas por infiltración. La geología local favorece altamente la infiltración del agua; tenemos las terrazas sedimentarias de la Formación Pegón, las calizas de la Formación Carorita y los grandes macizos kársticos de la Formación Capacho. Las formaciones Algarí (areniscas) y Barquisimeto (lutitas silíceas y calcáreas) son menos permeables y producen algún escurrimiento dentro de la zona.

La sub-hoya de El Cují (100 km. cuadrados) está represada por un pequeño embalse construido por el MAC. Después de varios años de operación este embalse aún tiene altas pérdidas por infiltración vertical del vaso de almacenamiento. Recientemente se pudo observar que para precipitaciones de 60 mm. en las cabeceras de Simara, que dieron origen a pequeñas avenidas de 0,50 m. de tirante en la montaña, no llegó ni una gota de agua al embalse; una condición de cero escurrimiento con las primeras lluvias.

En toda la hoyá se logra agua subterránea a profundidad variable; hacia las montañas del oeste y del norte el manto suele estar a 60 y 70 metros, en la zona de Duaca-Eneal a 10 - 30 metros, Tamacá 40 metros, Las Tunas 20 metros; en Potrerito hay brotes artesianos de acuíferos confinados.

Por regla general los acuíferos en el sector Algarí -El Cují - Tamaca - Potrerito son de mediana a baja permeabilidad, pero se dan sectores de alta permeabilidad. En Las Tunas se ha localizado una zona de gravas profundas usando métodos geofísicos. Aquí se debe lograr buena producción. En las planicies adyacentes a El Eneal y Duaca se logran muchas zonas de alta permeabilidad. FAO-CBR ha nivelado todos los pozos de este sector y tiene listo el mapa de curvas de nivel del manto freático. En los actuales mo-

mentos se inician las pruebas de bombeos para evaluar las constantes físicas de los acuíferos: transmisibilidad, T, coeficiente de almacenamiento, S, etc..

El IAN tiene una serie de asentamientos campesinos en este sector. El criterio general es que las parcelas deben operar con una economía de "dry - farming"... cultivos de piña y cocuiza adaptables al medio árido. Está claro que la situación económica de los aparceros puede mejorarse notablemente si se les dota de pequeñas porciones de agua, digamos 2 lit/seg por parcela. En este sentido el Dr. Orazio Graziani de la FAO indica la conveniencia de dotar cada parcela con una hectárea de viñedos. Los cálculos preliminares indican un beneficio del orden de Bs 15.000 por año y por familia, utilizando el renglón uva únicamente.

6. EL TURBIO EN EL SECTOR SAN MIGUEL - BARQUISIMETO.

La utilización racional de los recursos de agua del río Turbio es un asunto complejo que amerita la evaluación cuidadosa de una serie de factores que vamos a presentar enseguida en la forma más breve posible.

El escurrimiento medio anual que llega a Puente Tononó (Yaritagua) es de 100 millones de m³ según los aforos del MOP. En los actuales momentos esto puede ser menos, del orden de los 90 millones de m³, ya que el río ha pasado a una condición "influyente" (inyección de agua al subsuelo) al darse una gran baja de la mesa (20-40 metros) en el sector Barquisimeto - Cabudare - Los Rastrojos - Central Turbio y puntos más abajo. En el sector de relleno aluvial entre el Bosque de Macuto y la Hacienda San José también se han dado grandes bajas de la mesa, los datos del verano pasado indican que ^{*}las reservas de este sector están agotadas en gran parte. —

FAO-CBR ha comprobado pérdidas por infiltración del orden de 370 a 400 litros/segundo por kilómetro de río; en los 20 kilómetros que hay entre Barquisimeto y Yaritagua la infiltración puede llegar a 8.000 litros/segundo. Obsérvese en la gráfica (apéndice) como se modifican los hidrógrafos del río entre San Miguel y Puente Tononó: De un volumen escurrido de 255.000 m³ en San Miguel sólo llegó a Pte. Tononó un residuo de 48.900 m³, las pérdidas fueron de más del 81%. Ciertamente, esta avenida ocurrió en pleno verano, con uno de los muchos "frentes fríos" que produjeron lluvias generalizadas en el verano de 1965.

En los actuales momentos se estudia el régimen del río en San Miguel (estación INOS), Tononó (MOP), Cabimba (FAO-CBR) y El Totumo (FAO-CBR).

La recesión de los acuíferos en el sector adyacente a Barquisimeto - Cabudare y Bosque de Macuto es del orden

^{*}/ Sobre este particular FAO-CBR levantó un informe técnico especial que fue enviado a la Presidencia del INOS.

de 3 metros por año y el volumen removido anualmente de las reservas por bombeo excesivo es del orden de 20 millones de m³.

Aquí debe buscarse el incremento de la infiltración natural mediante las siguientes medidas:

- a) Escarificar el fondo del río continuamente durante la época de crecientes para aumentar la infiltración.
- b) Retardar las avenidas y regar más la superficie de aniego con el uso de bermas construídas con bulldozer utilizando el material de cantos del fondo del río.
- c) Construir galerías filtrantes de alcantarillas de gran diámetro (variar diámetros telescópicamente) dotados de filtros gradados. En esta forma puede tomarse agua limpia para inyectarla mediante lagunas excavadas en zonas de gran zón aflorado y de mesa freática profunda.
- d) Hacer lo mismo del punto "C", pero en vez de galerías filtrantes utilizar lagunas desarenadoras, si resultan más económicas. (Hay el problema de limpieza periódica de las lagunas y deben diseñarse para que la operación pueda realizarse a poco costo).

Los limnógrafos instalados por FAO-CBR indican una recuperación del manto freático de 70 cm. en el sector adyacente al río, con las avenidas del mes de mayo. Como quiera que el coeficiente de drenaje de los sedimentos no confinados del Turbio es del orden del 15% (Rendimiento Específico, Sy) la recarga ha sido del orden de un millón de litros por hectárea en los sectores adyacentes al río.

Además del limnógrafo que funciona en el Bosque de Ti-

* / Este valor fué determinado drenando una mezcla de cantos, gravas, arenas, limos removidos del pozo limnográfico del Bosque de Titicare. El experimento se realizó con los ingenieros -alumnos del V Curso Nacional de Riego y Drenaje de la Universidad Central y representa un valor típico para mezclas de arenas y gravas.

titicare (y que se utiliza para medir uso consuntivo por el método de W.N. White), FAO-CBR ha instalado limnigrafos en la confluencia de los ríos Turbio y Titicare (pozo cedido gentilmente por el Dr. Ayala de la Fábrica de Cementos Lara) y en la Alcabala de Carabalí (colaboración gentil del Sr. Rafael Bartolomé). Aparte de esto, se miden niveles periódicamente en una serie de pozos diseminados en la zona con el fin de ver las variaciones estacionales y la progresión neta de los abatimientos, donde los hay.

Si admitimos una media de 90 millones de m³ de escurrimiento en Tononó podemos distribuir la contribución aproximada por hoya en la siguiente forma:

	<u>CONTRIBUCION APROXIMADA</u>
Hoya San Miguel	45 millones de m ³
Hoya Mamón Ruezga	15 millones de m ³
Hoya Río Claro	8 millones de m ³ (o menos)
Hoya El Cují-Agua Salada-Duaca	7 millones de m ³ (o menos)
Hoyas Las Animas y Quebradas en Vecindad de Cabudare	15 millones de m ³
Hoya Buenavista	<u>90 millones de m³</u>

La hoya del río Claro tiene un regular flujo-base en las cabeceras, caudal que se aprovecha para el acueducto de Barquisimeto. Las avenidas del río Claro tienden a embalsarse en el bolsón de granzón aluvial del río, y como este depósito está más alto que el bolsón aluvial Turbio, se produce mucha fuga lateral, notablemente en el sector del Bosque de Titicare, donde la fuga lateral del Río Claro aporta un volumen anual de más de 10 millones de m³. Este aporte se integra en el flujo base del Turbio.

La construcción de un embalse en San Miguel es una

obra que debe examinarse con mucho cuidado ya que se estima que no menos de 60 millones de m³ parten de esta vertiente río abajo y de este volumen un 25% por lo menos pasa a recargar los acuíferos del Turbio. El embalse en San Miguel podría operar como un instrumento regulador de las crecientes del cual se podrían tomar a lo sumo unos 30 millones de m³ de agua por año dejando el resto del escurrimiento para usos de ribereños y recarga de acuíferos.

La construcción de un embalse en Yaritagua (Barranco Amarillo, cerca de El Rodeo) parece una empresa más aconsejable. Allí se pueden represar los excedentes del Alto Turbio, una vez que se hayan deducido 20 millones de m³ para compensar la explotación excesiva de los acuíferos en las inmediaciones de Barquisimeto. Al plantear el embalse de Yaritagua también debe considerarse que la desviación de las cabeceras de La Ruezga y la construcción del dique El Mamón le restaría otros 10 millones de m³ de aporte anual.

Volumen que podría embalsarse en Yaritagua:

Deduciendo aporte Ruezga-Mamón y la recarga de los acuíferos del Río Turbio.	60 millones m ³
--	----------------------------

Deduciendo Aporte Ruezga-Mamón-San Miguel y Recarga Acuíferos Turbio	35 millones m ³
--	----------------------------

En cualquiera de los dos casos, la regulación del volumen correspondiente podría lograrse con una presa baja de no más de 15 metros de altura ^{*}/ que obviaría en buena medida el problema de fundación que representa una masa arrecifal de la formación Apón (caliza) que se encuentra sobre los esquistos impermeables del basamento local.

El viejo proyecto del MOP en este sitio (con altura de dique 30 metros) presentaba problemas considerables de inyección de cemento en el estribo izquierdo de la presa.

^{*}/ Existen planos y estudios completos para el dique del Barranco Amarillo elaborados por el MOP.

Problema de Azolves en el Turbio.

El aporte de azolves por erosión laminar de la cuenca alta más arriba de Barquisimeto es un problema de orden menor - los azolves aquí proceden más que todo de lo que podríamos llamar procesos normales de erosión - disección de quebradas, etc. El río Turbio ha cortado su lecho en rocas blandas de la Formación Barquisimeto (que yace conformalmente en estos parajes) casi siempre a un costado de la falla del Turbio. La Formación Barquisimeto cuenta con una gruesa sección de lutitas-silíceas-carbonáceas de color negro (que meteorizan a color blanco o crema) y las corrientes del río están atacando muy activamente estos estratos blandos, produciendo un limo gris-negro que se observa en todo el trayecto del río.

En lo cuantitativo la carga de azolves no es muy elevada. Los muestreos hechos por FAO-CBR en el Alto Turbio durante las avenidas indican una concentración de 0,2% por peso de carga suspendida variando en tamaño de grava menuda a limo muy fino.

Tamaño 60% que pasa 0,30 mm

Tamaño 10% que pasa 0,05 mm

El tamaño efectivo indica una arena fina o limo grueso.

Para convertir sedimento por peso a sedimento por volumen hay que tomar en cuenta el factor profundidad de azolves en el embalse, ya que a mayor espesor de azolves mayor consolidación normal.

Podemos usar las siguientes relaciones que provienen del muestreo de azolves en una gran cantidad de embalses (Transactions Amer. Soc. of Civil Engineers - Hydraulics Journal, Sept. 1962):

<u>Profundidad de Azolves en el Embalse</u>		<u>Kgs de Sedimento por m3.</u>
5 pies	(1,52 m)	940
10 "	(3,05 m)	1060
20 "	(6,10 m)	1200 (extrapolado)
30 "	(9,15 m)	1290 (extrapolado)

La publicación mencionada indica una serie de valores entre 3 y 10 pies, pero como la consolidación es en general un efecto que da un ploteo semi-logarítmico según la teoría de Consolidación de Terzaghi, se hizo un gráfico con los datos indicados en papel semi-log., encontrándose una disposición rectilínea como era de esperarse. En esta forma se pueden extrapolar los datos.

Para embalses que fueren a contar con 6 metros de capacidad muerta tendríamos entonces 1200 kg. de sedimento para lograr un m3 de azolve in situ en el embalse.

Para cargas de sedimento de 0,2% por peso tenemos 2 Kg. de sedimento por m3 de agua. Luego para lograr los 1200 kg. requeridos para un metro cúbico de tierra en el embalse necesitaríamos 600 m3 de agua.

600 m3 de agua = 1 m3 de sedimento en el embalse

Sedimentos suspendidos por volumen: 1,68 por mil
(digamos 0,2 por ciento)

Carga de Fondo.

En Venezuela nunca se ha medido formalmente el arrastre de fondo y esto puede dar un volumen adicional que varía del 5 al 150% de la carga suspendida según las condiciones.

La carga de fondo puede estimarse teóricamente usando el método Du Boys- Straub, o alternativamente el método

más reciente de Einstein.

El autor ha tanteado estos métodos^{*/} encontrando que a lo sumo la carga de sedimentos de fondo podría ser otro tanto como la carga suspendida con lo que tendríamos 0,4% por volumen para embalses construídos en el Alto Turbio (digamos San Miguel).

Sedimentos de un Embalse en Yaritagua.

Aquí el MOP ha determinado una carga suspendida media de 0,4% por peso. Usando el criterio anterior carga de fondo = carga suspendida llegaríamos a 0,7% por volumen.(total).

La erosión de los sectores áridos especialmente las planicies de La Ruezga y El Mamón contribuye mucho al aumento de la carga de azolves en Yaritagua. Afortunadamente la contribución volumétrica total de agua de mala calidad es poca y con las obras de El Mamón y la desviación de las cabeceras de La Ruezga, el factor azolve en Yaritagua disminuye considerablemente.

^{*/} FAO-CBR Special Report No. 1 by the Hydrology Consultant and Technical Coordinator - Appendix 1 Notes on Bed-load.

7. EL TURBIO EN EL SECTOR BARQUISIMETO - YARITAGUA -
CABIMBA - EL TOTUMO.

A partir del Sector Albarial en las vecindades de Yaritagua y en dirección aguas abajo del valle del Turbio, los acuíferos regionales demuestran bastante estabilidad. La afluencia freática subterránea que proviene de las hoyas kársticas de la región al Nor-oeste de Yaritagua, se manifiesta en una serie de zonas artesianas que le dan estabilidad a la explotación del subsuelo. En un sector al S.E. de El Rodeo las aguas del subsuelo son de mala calidad para fines de riego y se impone la necesidad de regar periódicamente con agua de mejor calidad a fin de evitar la salinización de los suelos. Esto podría hacerse con la pequeña presa de Yaritagua que embalsaría el escurrimiento residual de la hoya del Turbio, como ya se explicó en las páginas precedentes. (La presa también regaría el parcelamiento Las Velas del IAN)

Un poco más abajo, en la zona de El Totumo, la hoya de la Quebrada Pilancones se presta para embalsar crecidas de invierno. La geología local está integrada por fases calcáreas relativamente solubles de la Formación Capacho. Hay un sector cavernoso en la confluencia de la Quebrada Pilancones con el Turbio en el Hato El Totumo. Se observan muchas cuevas y la grava del fondo de Quebrada está bien cubierta por carbonato de calcio redepositado. Sin embargo, los geólogos estiman que el sector silíceo que se encuentra aproximadamente 1 kilómetro aguas arriba del hidrómetro (mira fluvial) FAO-CBR, permitiría la función de embalse */; se puede observar aquí que el pequeño flujo base de la quebrada se sostiene; con una condición kárstica generalizada este pequeño flujo base desaparecería. Unos kilómetros más abajo nos encontramos con el sitio del embalse Las Palmas propuesto por el MOP. El material subyacente es la formación Apón, una caliza notoriamente cavernosa con cavidades de solución del orden de kilómetros que afloran en todos los cerros y colinas locales. En las vecindades de El Altar se observan a la orilla de la carretera grandes cuevas con estalactitas y estalagmitas.

*/ Se ha estimado una regulación del orden de 1.000 lit/seg. para esta hoya en años de lluvia normal.

Los geólogos estiman que el embalse Las Palmas puede tener grandes fugas en algunas zonas de contacto lateral, aunque el sitio de presa en sí parece no ofrecer problemas según las investigaciones hechas hasta ahora por el MOP.

Todo el sector antes descrito abunda en terrazas de la Formación Pegón con los típicos suelos de gravas rojas y arcillas y las asociaciones vegetales de paja de sabana y chaparros alternando con pequeños bosques.

8. NUARE - CHARAY

Son dos cuencas paralelas que se encuentran al Sureste de Yaritagua y a 40 km. de Barquisimeto por lo que respecta a la zona de represamiento. Las cuencas cuentan con 450 km. 2 de hoya. La precipitación media de este sector es del orden de 1000 mm y con un escurrimiento de 20% llegamos a una regulación del orden de 3000 lit/seg. o algo menos. Es muy fácil aumentar el caudal regulado practicando una derivación parcial del escurrimiento del río Burí o Nirgua (por gravedad).

Se ha constatado que estas vertientes tienen excelentes sitios de embalse en los trayectos más abajo de Manzanita. Con tapones de menos de 30 metros de altura ubicados en gargantas angostas, se logran unos reservorios de gran volumen. La geología local está integrada por esquistos impermeables con mantos suprayacentes de la Formación Pegón. Hay un manto freático que drena hacia las depresiones de los ríos (los ríos son "efluentes" y por lo tanto no hay posibilidad alguna de pérdidas por infiltración).

Ciertamente, es éste un recurso muy potente para el suministro urbano de Barquisimeto y Yaritagua y para dotar de aguas de riego a los sectores Nuarito, Pozón, Charay, El Rodeo, Uribeque */, etc. El suministro tendría que ser por bombeo, pero con desniveles muy pequeños del orden de 20 metros o menos.

El suministro urbano de Barquisimeto implica un desnivel de bombeo de 300 metros. Obsérvese que es ésta una solución inmediata mucho más viable que el bombeo desde el futuro embalse Las Palmas que queda mucho más distante y con mayor desnivel de bombeo. Esta alternativa se ha ponderado varias veces en los medios oficiales.

Finalmente, debe decirse que son hoyas limpias con cargas de sedimentos muy bajas.

*/ En gran parte tierras del IAN destinadas a asentamientos campesinos.

9. SARARE:

En los valles de Sarare tenemos una condición general de alta precipitación y niveles freáticos altos en las zonas más bajas del valle (hacia Agua Blanca). En las partes altas los ríos Sarare, Auro, Guache Seco, Roldana, etc. forman, al salir de la serranía, grandes conos de deyección en donde se dan fugas de consideración - el agua se inyecta al subsuelo. El manto freático en los conos de deyección puede darse a 50-70 metros. Toda la superficie del valle abunda en agua subterránea y es fácil lograr la dotación de riego complementario en los meses de verano por operaciones de bombeo.

En este sentido, observamos que el parcelamiento del IAN en Sabana Alta está montado en los conos de deyección donde el agua subterránea está a niveles relativamente profundos. Aquí la política a seguir es la construcción de pozos paralelos a la carretera Sarare-Acarigua y el bombeo de las aguas a las tierras altas. Hay unos pequeños sitios de diques en las gargantas donde los ríos emergen de las montañas.

Las cabeceras de Las Parchas más arriba de Sarare tienen varios sitios de diques donde se pueden regular caudales de cerca de 1000 litros por segundo. Se ha propuesto la utilización de estos recursos para el suministro de Barquisimeto a 28 km. de distancia.

Una gran parte del valle se utiliza para ganadería y no hay que dudar que la zona se presta mucho para esto aunque hay grandes trayectos de suelos agrícolas de buena calidad. En el Hato Torrellero se practica una ganadería de alta intensidad y con técnicas muy avanzadas.

En las dos cuencas abundan los sitios para hacer pequeños represamientos y terrenos ondulados que pueden regarse con equipos de aspersión para el riego de papas y frutales (cítricos). De hecho esta modalidad se practica en muchas partes. Inclusive se cultivan las vegas y colinas adyacentes al río Nirgua en esta forma.

10. NIRGUA - TUCURAGUA

Zonas de macizos montañosos y valles intermontanos que alcanzan mayor magnitud en la región de Nirgua. Allí se dan planicies grandes de sedimentos de la Formación Pegón. Las montañas cerca de Nirgua acusan cierto grado de erosión y hay erosión notable en algunos sectores de la vía que va a Santa Cruz. La zona adyacente a Nirgua tiene un cierto requerimiento de riego y es posible remediar esto en parte construyendo un pequeño embalse en la garganta de la Formación Aguardiente (esquistos silíceos) que se encuentran al pié de las terrazas de las Polleras.

Más abajo en la confluencia (Tres Bocas) del río San Gerónimo con río Nirgua y una quebrada local hay un sitio de dique señalado por Italconsult como un punto propicio para atajar el alto Nirgua con el fin de pasar el agua a la vertiente del Yaracuy, mediante un túnel. Los reconocimientos iniciales de FAO-CBR indican que pueden presentarse problemas de índole geológica: - grandes fallamientos y contacto con las calizas de la Formación Apón.

La región del río Tukuragua está cubierta de bosque en gran parte, pero con la apertura de carreteras de penetración está proliferando la tala de los bosques y la implantación de conucos y siembras de pastos.

Esta misma condición se observa en gran parte de las serranías de la vertiente del Alto Nirgua. Ciertamente la sustitución del bosque por pastos no es una operación objetable (puede inclusive mejorar el rendimiento hidráulico de la cuenca al disminuir el alto uso consuntivo tan propio de los bosques bajos), pero desgraciadamente la práctica nacional de quemar los pastos en el verano resulta en la destrucción gradual del humus, pérdida de la eficiencia hidrológica y erosión eventual.

Las cuencas Nirgua-Tukuragua aportan grandes volúmenes de agua al sistema Majaguas. En los actuales momentos las cargas de sedimentos son bajas, pero esta condición puede alterarse radicalmente en el futuro a menos que se ponga en vigencia un buen plan de conservación de suelos en estas dos vertientes.

11. RECURSOS EXTRA - CUENCA

Hay dos cuencas adyacentes que aparentemente jugarán un papel importante en el suministro urbano de Barquisimeto y por lo tanto debemos incluirlas en esta panorámica general de la cuenca Turbio-Cojedes. Se trata de las hoyas de los ríos Tocuyo y Yacambú.

Río Tocuyo

En el caso del Tocuyo tenemos una cuenca desértica con una superficie actual de cultivos (aguas abajo de las presas que se proponen) del orden de 9.000 hectáreas que se extienden entre el Tocuyo y Siquisique. La superficie potencial de cultivos es del orden de las 20.000 hectáreas. El único sitio de presa que parece viable por los momentos es el del Alto Tocuyo (Lamedero - Las Adjuntas). Hay otros sitios de presas más abajo (por ejemplo Arenales), pero hay que desecharlos por el problema de los azolves. En el caso de los valles de Curarigua, Morere y Baragua los sitios de presas resultan desechables por razones bien sea de geología o de azolves.

En la actualidad el flujo-base en El Tocuyo es del orden de 4.000 lit/seg. o algo más durante los meses de lluvia; en esta misma época los ribereños de aguas abajo están bien servidos ya que el aporte de las otras vertientes fluviales (Curarigua y Baragua) es de cierta magnitud y aparte de esto tienen los escurrimientos de las vertientes torrenciales del Morere, Atarigua, etc.

En el verano la contribución de las hoyas Curarigua y Baragua baja a niveles de orden de 600 lit/seg. o menos, el Tocuyo se baja a 1500 lit/seg. o menos y empieza una escasez general que provoca conflictos entre todos los ribereños.

Como quiera que el Alto Toucyo puede regularse en

unos 7.000 - 8.000 lit/ seg. en años de lluvia media, el MOP y el INOS tienen el proyecto de contruir las presas Lamedero - Las Adjuntas para dejar unos 5.500 - 6.500 lit/seg. fijos (en años de lluvia media) llevándose 1500 lit/seg. a Barquisimeto (gradualmente en la medida que lo exija la demanda de agua). Eventualmente, cuando Barquisimeto cuente con recursos más potentes, se dejará toda el agua regulada para el servicio de la región, decisión muy justa, pues como hemos visto, la zona puede usar una gran cantidad de agua, muy por encima del máximo caudal que se puede regular dado el rendimiento hidráulico de la hoya. En todo caso, debe admitirse que la regulación de un caudal fijo del orden de 5.500 lit/seg. durante todo el año (para años de lluvia normal) representa una mejora de las condiciones actuales.

Yacambú:

En el Yacambú tenemos un recurso muy potente, la hoya corresponde a la cabecera alta de Acarigua y encierra el 34% de la hoya que el MOP afora en el Puente Acarigua-Guanare. Este aforo da mil millones de m3 como promedio anual de escurrimiento. Por lo tanto, en paridad de condiciones hidrológicas, corresponde al Yacambú un volumen anual de escurrimiento del orden de 340 millones de m3 o 11.000 lit/seg. Sin embargo, sabemos que el Yacambú representa la parte geológicamente más impermeable de la hoya del Acarigua y también la zona más lluviosa, */ por lo tanto, el escurrimiento es ciertamente superior a la cifra indicada.

*/ El MAC llegó a medir 2000-2300 mm en la fila donde está ubicada la antigua Estación Experimental de Zonas Altas (edificaciones propuestas para fines de turismo en la actualidad).

El sitio de dique reúne condiciones muy convenientes para una construcción relativamente barata. Queda el problema de la conducción del agua a las hoyas áridas de Lara - preferiblemente hacia Quíbor con el fin de lograr beneficios de regadío en los valles de Quíbor a la vez que un suministro muy potente para el consumo urbano de Barquisimeto. Las soluciones del problema de conducción pueden intentarse en base a un túnel de gravedad con bombeo parcial. Es de observarse que el bombeo a través de una altura relativamente pequeña (digamos 150 - 200 metros) reduciría grandemente el recorrido del túnel. La energía para hacer esto podría lograrse en parte con una instalación hidroeléctrica que aproveche un caudal fijo que se deje circulando hacia el bajo Acarigua. Este es un proyecto que debe estudiarse con mucho cuidado ya que representa toda una gama de alternativas técnicas.

A manera de ilustración indicamos la siguiente: Supongamos que se logre una regulación de 11.000 lit/seg. Si dejamos 6.000 lit/seg. descargando hacia los llanos de Acarigua a través de una altura de 90 - 100 metros logramos energía suficiente para elevar 5.000 lit/ seg. 100 metros, con lo que se logra un trayecto de túnel de unos 18 kilómetros o menos. En los actuales momentos se construyen túneles de 40 y más Kilómetros en muchos países, la máquina denominada "Jumbo" acusa un rendimiento de 0,8 km. por mes */ trabajando en rocas muy duras (ígneas) con un diámetro de galerías de más de 6 metros.

*/ Túneles que se construyen en Australia.

JMO/ayb
IMPRESIONES CBR
23-6-65 - 320

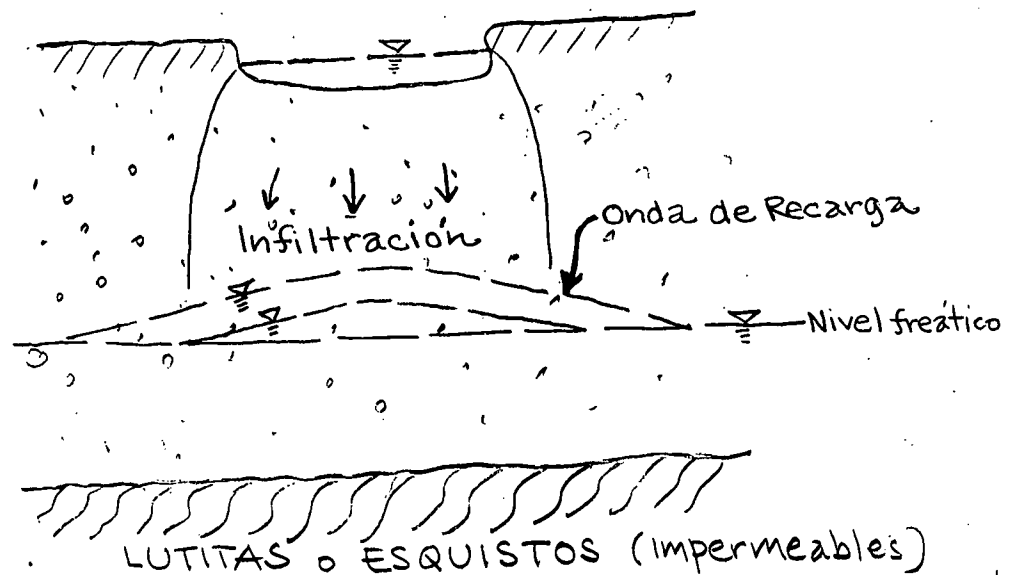
A P E N D I C E

DATOS TECNICOS

CRITERIO RIO "INFLUYENTE"

(El Turbio en la vecindad de Barquisimeto)

Infiltración al manto freático



Criterio río "Efluyente"

(El Turbio en la vecindad de Yaritagua)

El manto freático drena el río

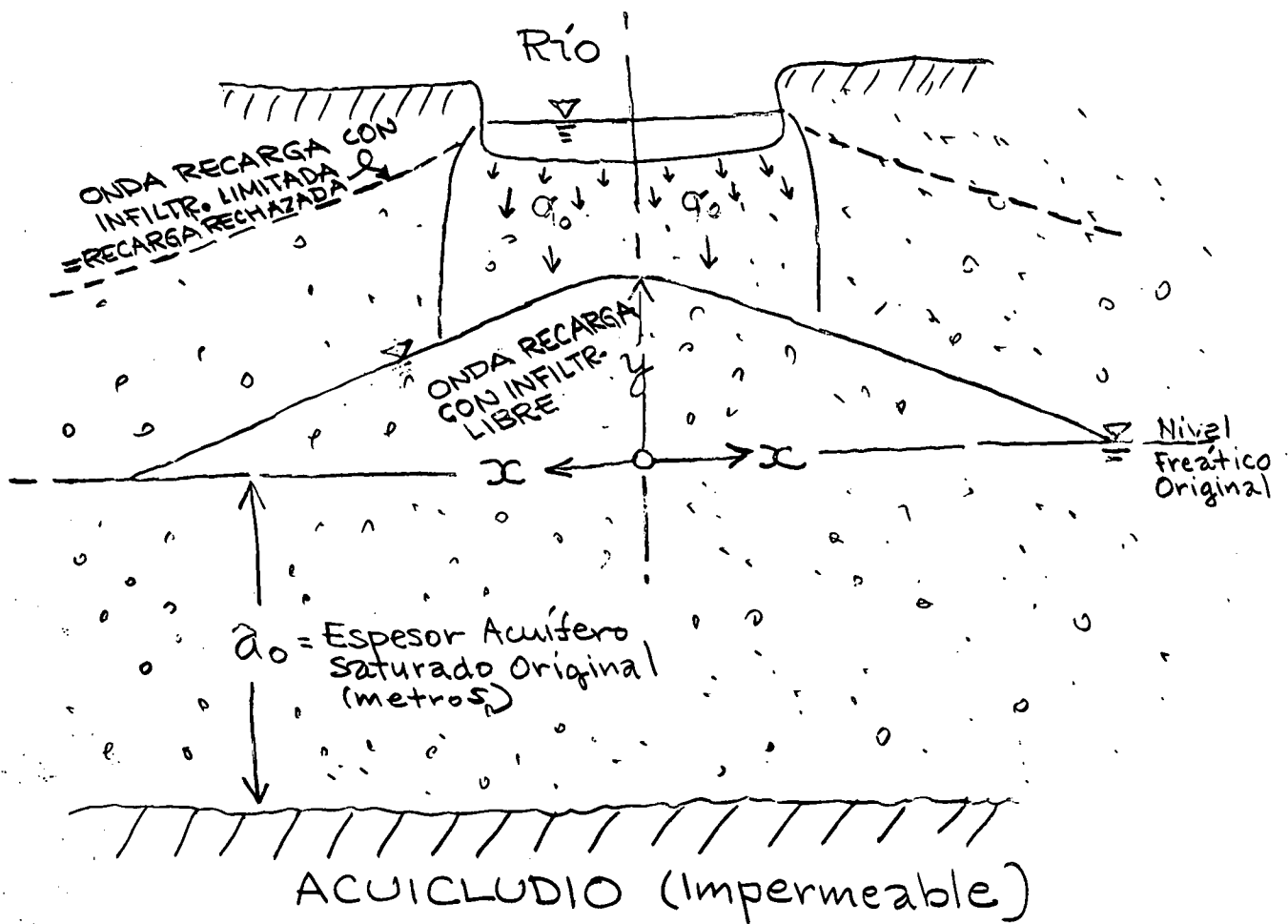


CONDICION DE "RECARGA RECHAZADA"

Ejemplo: El Turbio en Titicare (manto freático muy llano ---- 2 metros)

La onda de recarga pega en el fondo del río, limitando la infiltración.

Investigar con la ecuación de Boussinesq.



$$y_{(x=0)} = q_0 \sqrt{\frac{4t}{ka_0 \pi n_e}}$$

n_e = Porosidad que drena (Generalmente 0,15, 6 15%)

q_0 = Gasto infiltración en Sennancho (m³/seg.)

t = Tiempo infiltración en seg.

k = Constante de Darcy m³/seg.

CALCULO SEDIMENTOS DE FONDO ("BED LOAD")

CRITERIO DU BOYS STRAUB

$$q_s = C_s \tau (\tau - \tau_c)$$

$$\tau = \gamma y S$$

q_s = Sed. por Vol. por pié de ancho FONDO

γ = Peso Esp. del Agua

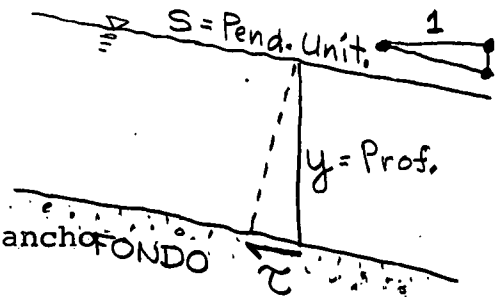
τ_c = Esfuerzo de corte crítico o
Fuerza tractiva crítica según
diámetros sedimentos de fondo.

C_s = Parámetro que indica susceptibilidad
al movimiento.

Valores de C_s derivados por Straub en
la Univ. de Minnesota (experimentos con
flumes)

Diam a (mm)	1/8	1/4	1/2	1	2	4
C_s (pié ⁶ /lib-seg ²)	0,81	0,48	0,29	0,17	0,10	0,06
T_c (lib/pié ²)	0,016	0,017	0,022	0,032	0,051	0,09

NOTA: Convertir τ_c a Kgs / m² o
trabajar la ecuación en libras y piés.



-24

RIO TURBIO

HIDROGRAFOS DE LA AVENIDA

OCURRIDA LOS DIAS FEB 16-17 1965

Vol. en San Miguel $255 \times 10^3 \text{ m}^3$

Vol. en Tononó $48,9 \times 10^3 \text{ m}^3$

PERDIDAS $> 81 \%$

Tiempo Recorrido entre las dos estaciones: 14 horas 12 min.

San Miguel

Q m³/seg

-20

-16

-12

-8

-4

-0

HORA →

4:00

6:00

9:00

12:00

15:00

18:00

FEB. 16

-4

-2

-0

Pte. Tononó
(Yaritagua)

Q m³/seg.

HORA →

18:00

21:00

24:00

3:00

6:00

FEB 16 | FEB 17