



**Ministerio del Ambiente
y de los Recursos
Naturales Renovables**

BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS

38
ej.2

CARACAS / 4 / 92

MARNR

38

Fig. 2

***BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL
DE LAS CUENCAS DEL
TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS***

ABRIL, 1992

INDICE

	pag.
1.- INTRODUCCION	
2.- OBJETIVO	2
3.- INFORMACION BASICA	2
4.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO	2
5.- METODOLOGIA.	3
6.- PRECISION DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO	4
7.- PROCEDIMIENTO SELECCIONADO	4
8.- ANALISIS DE RESULTADOS	5
9.- CONCLUSIONES	7
10.- RECOMENDACIONES	7

BIBLIOGRAFIA

DEFINICION DE TERMINOS QUE INTERVIENEN EN LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO

INDICE DE TABLAS

	Nº DE TABLA
VALORES MEDIOS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO (Cuencas con control fluviométrico e informacion suficiente)	1
RESUMEN DE RESULTADOS	2
LAMINA ESCURRIDA Y ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL EN LAS CUENCAS CON INFORMACION INSUFICIENTE.	3

INDICE DE MAPAS

	Nº DE MAPA
MAPA DE ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL	1
MAPA DE EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIO ANUAL	2
MAPA DE PRECIPITACION MEDIA ANUAL	3

INDICE DE ANEXOS

	Nº DE ANEXO
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS	1
ESTACIONES HIDROMÉTRICAS CON INFORMACIÓN DE ESCURRIMIENTO	2
VALOR DEL FACTOR DE AJUSTE EN CADA CUENCA	3
ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL APLICANDO LA ECUACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO EN LAS ESTACIONES CLIMATOLÓGICA Y EL ESCURRIMIENTO AJUSTADO	4
EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL MEDIA ANUAL Y EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL AJUSTADA	5
PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL Y PRECIPITACIÓN AJUSTADA	6

BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LAS CUENCAS DEL TERRITORIO FEDERAL AMAZONAS

1.- INTRODUCCION

Se hace cada vez más importante definir la disponibilidad de agua, de manera de hacer uso adecuado de la misma, ya que la intervención del hombre sobre el medio ambiente, ha introducido cambios que afectan el ciclo hidrológico, modificando el régimen de los ríos.

Este es el punto de partida de los estudios de balance hídrico, los cuales constituyen la base para la ejecución de proyectos orientados a la utilización racional, control y distribución del recurso agua en el tiempo y el espacio.

El presente informe corresponde a las cuencas más importantes del Territorio Federal Amazonas, y forma parte de los estudios sobre balance hídrico, que a nivel nacional, realiza el MARNR, a través de la Oficina Coordinadora MARNR/UNESCO-PHI, y constituyen el complemento del "Informe de la Primera Fase de Balance Hídrico de Venezuela", en el cual se presentó como resultado los mapas: isoyético medio anual, el de isolíneas de evapotranspiración real y el de isolíneas de escurrimiento teórico; es decir, el escurrimiento obtenido de la ecuación de balance hídrico, sin tomar en cuenta el escurrimiento medido en la estación hidrométrica.

En este informe se muestran los resultados obtenidos una vez efectuados los ajustes entre la lámina escurrida (mm), calculada del mapa de isolíneas de escurrimiento teórico (mm), en cada una de las cuencas hasta la estación hidrométrica, con registros completos o que podían ser completados por métodos estadísticos; y el escurrimiento medido en la mencionada estación, así como las correcciones realizadas en el mapa de evapotranspiración real y de precipitación. De igual manera, se presentan los valores de los parámetros medios obtenidos tanto en cuencas con buen registro de información, como en las que la información es escasa.

La metodología utilizada fue la recomendada por UNESCO en la "Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur" y es la contribución de nuestro país al Balance Hídrico de América del Sur, esto ha permitido cumplir con una función nacional, como es la actualización de la evaluación del recurso agua en Venezuela, así como satisfacer un compromiso internacional dentro del marco del Programa Hidrológico Internacional (PHI-UNESCO).

El presente estudio fue realizado por la Ing. Carmen Fermín Regardíz, con asesoría del Prof. Abraham Salcedo, Profesor del Departamento de Meteorología e Hidrología, de la Universidad Central de Venezuela, y el Ing. Luis Felipe García, adscrito a la División de Estudios e Investigaciones Hidrológicas y Meteorológicas (DHM-DGSIASV-MARNR).

2.- OBJETIVO

El objetivo fundamental planteado es la actualización de la información relativa a los estudios de Balance Hídrico Superficial a nivel nacional, empleando una metodología común pautada por la UNESCO dentro del Programa Hidrológico Internacional (PHI) utilizando un periodo de registro de la información de 1965-1982. De esta manera se cubren no sólo la necesidad de información, actualizada y confiable, de las disponibilidades de agua, sino también los requerimientos del programa a nivel internacional.

3.- INFORMACION BASICA

3.1. Pluviométrica

Registros de precipitación media anual suministrados por la División de Información Hidrológica y Meteorológica SINAIHME (DHM-DGSICASV-MARNR).

3.2. Hidrométrica

La información hidrométrica suministrada por la División de Información Hidrológica y Meteorológica SINAIHME (DHM-DGSIASV-MARNR).

3.3. Cartográfica

Mapa a escala 1:1.000.000 de CODESUR, impreso en la Dirección de Cartografía Nacional, Edición Preliminar 1975.

4.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Territorio Federal Amazonas está ubicado al sur de la República de Venezuela, con una superficie de 178.895 Km² que representa el 19.5 % del territorio nacional (*).

El 31 % del Territorio Federal Amazonas está ocupado por zonas altas que forman parte del Escudo Pre-Cámbrico Guayano-Brasilero, destacándose entre las elevaciones más importantes: Sipapo-Cuao-Aracapo, Yutaje, Yaví, Parú, Duida y en el extremo sur el Pico Phelps, Sierra La Neblina, Imerí, Untarán y Taperipécó.

(* Se explica con mayor detalle en el 'Informe de la Primera Fase del Balance Hídrico de Venezuela'

El 75 % de la vegetación es endémica, la mayor parte se encuentra en los tepuyes, y en las zonas más elevadas existen géneros con afinidad andina...

La mayor parte del Territorio corresponde a zonas boscosas húmedas, bosques de galería que se localizan a lo largo de los ríos y zonas de sabanas que ocupan una grandes extensiones.

La temperatura media anual en la zona presenta pocas variaciones entre 25.0 °C y 27.0 °C, y en zonas más altas de las montañas puede llegar a 18.0 °C.

La precipitación es abundante durante todo el año, encontrándose valores máximos que superan los 3400 mm, y mínimos de 1400 mm, está influenciada por la acción de la Convergencia Intertropical, en la zona se presenta un alto grado de nubosidad al igual que de humedad, lo cual unido a la alta precipitación media anual, permite considerar a la zona de clima muy húmedo.

El más importante río de la zona es el Orinoco y sus principales afluentes en el Territorio Federal Amazonas son: Padamo, Matacuní, Brazo Casiquiare, Negro, Ventuari, Atabapo, Sipapo

5.- METODOLOGIA

La metodología seleccionada dentro del marco de los modelos sugeridos por UNESCO, en la "Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur", requiere la cuantificación de los parámetros que intervienen en el balance hídrico mediante la obtención de isolíneas de precipitación, evapotranspiración real y escurrimiento, los cuales serán el producto del cálculo teórico de la ecuación del balance cuya forma general para cualquier cuerpo de agua e intervalo de tiempo será:

$$P + Q_{si} + Q_{ui} - E - ET - Q_{so} - Q_{uo} - S - n = 0$$

Donde:

- P - Precipitación
- Q_{si} - Entrada de agua superficial a la cuenca o cuerpo de agua
- Q_{ui} - Entrada de agua subterránea a la cuenca o cuerpo de agua
- E - Evaporación
- ET - Evapotranspiración
- Q_{so} - Salida de agua superficial
- Q_{uo} - Salida de agua subterránea
- S - Variación de almacenamiento
- n - Término residual de discrepancia, error de medición o estimación

Los términos de cambio de almacenamiento para extensas áreas y largos períodos de tiempo, como es el caso del presente estudio, pueden considerarse nulos; por lo que la ecuación quedaria reducida de la siguiente manera:

$$P - Q = ETR + n$$

Donde:

- P - Precipitación media anual del período
- Q - Ecurrimiento medio anual del período
- ETR - Evapotranspiración media anual del período
- n - Término de discrepancia

6.- PRESICION DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO

La precisión del balance hídrico depende de la confiabilidad y precisión de la información hidrometeorológica, la cual lleva un cierto grado de incertidumbre por cuanto cada una de ellas está sujeta, en menor o mayor proporción, a errores que son difíciles de detectar, en muchos casos. Esta información no es totalmente satisfactoria en virtud de una serie de circunstancias, tales como: tipo de instrumentos, periodicidad con que es recabada la información, capacidad del personal que efectúa su recopilación y procesamiento, y el cuidado que se presta para su publicación.

Dentro de las componentes que conforman la ecuación del balance, el parámetro que se considera está sujeto a menores errores es el escurrimiento, razón por la cual resulta el más preciso. En el caso de la precipitación, el grado de precisión disminuye, ya que el error en su medición depende del funcionamiento de los instrumentos.

Para la evaluación de la evapotranspiración real no existen métodos prácticos de medición directa, por lo que su estimación debe ser efectuada por métodos indirectos, que si bien proporcionan resultados aceptables, requieren de otros elementos meteorológicos, los cuales pueden convertirse en fuentes de errores.

Una buena herramienta para la obtención de un balance hídrico más ajustado a la realidad es el uso de isolíneas de cada uno de los parámetros que él intervienen. La elaboración de estos mapas en forma conjunta puede facilitar su calibración.

7. PROCEDIMIENTO SELECCIONADO

El período de registro utilizado en el estudio del Territorio Federal Amazonas fue 1970-1983 y se aplicó el test de la variancia para determinar la consistencia de la serie; en las estaciones de la misma zona que no tenían el período completo y con el recomendado por UNESCO (1965-1982).

Las estaciones climatológicas seleccionadas fueron las mismas que se utilizaron en los estudios agroclimáticos realizados en la Dirección de Hidrología y Meteorología, debido a que las series de precipitación y evaporación ya habían sido sometidas a análisis de calidad de los datos. (Anexo N° 1)

Las estaciones hidrométricas utilizadas fueron las que tenían el registro completo para el período seleccionado o aquellas en las cuales la ganancia de información era permisible para completar los registros. (Anexo N° 2).

El escurrimiento teórico se calculó en cada una de las estaciones seleccionadas, por la ecuación del balance hídrico como la diferencia entre la precipitación media anual y la evapotranspiración media anual, con estos valores se elaboraron los mapas de isolíneas de escurrimiento teórico. (Anexo N° 4).

La región se dividió en las principales cuencas hasta los puntos donde existe control fluviométrico, lo que permitió calcular un factor de ajuste por cada cuenca, de manera de ajustar el escurrimiento calculado en cada estación con la ecuación del balance hídrico al escurrimiento medido en la estación hidrométrica (Anexo N° 3). Con este factor de ajuste se procedió a corregir los valores de escurrimientos calculados en cada estación climatológica por la ecuación del balance para trazar luego el nuevo mapa de isolíneas de escurrimiento (Anexo N° 4, Mapa N° 1).

De igual manera se corrigió entonces, utilizando los mismos factores de ajuste calculados anteriormente, el mapa de isolíneas de evapotranspiración (Anexo N° 5) y el mapa de isoyetas, (Anexo N° 6), con el objetivo de cumplir con la ecuación de balance en los valores de los parámetros medios de cada una de las cuencas. (Mapas N° 2 y 3, Tabla N° 1).

En la Tabla N° 2, se presenta el resumen de los resultados de las cuencas con control fluviométrico, las cuales fueron utilizadas para la realización de este estudio.

8.- ANALISIS DE RESULTADOS

Se hizo necesario hacer ajustes al mapa de isolíneas de precipitación media anual presentado en el "Informe de la Primera Fase del Balance Hídrico de Venezuela", con el objeto de cumplir con la ecuación del balance hídrico. Sin embargo, se puede observar que el patrón de las isolíneas tiende a ser el mismo con pocas variaciones hacia el norte de la región. Hacia el sur se presenta una disminución, con respecto al mapa del primer informe, en los valores de precipitación y en algunas áreas inter-isoyéticas. (Mapa N° 3)

TABLA No. 1

VALORES MEDIOS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN LA
ECUACION DEL BALANCE HIDRICO
(Cuencas con control fluviometrico e informacion suficiente)

RIO	ESTACION	SERIAL	Pm (mm)	ETR (mm)	Le (mm)	n (%)
Ocamo	Sta. Maria	856	1588.1	948.9	675.6	-5.3
Orinoco	Sta. Maria	851	1682.6	874.9	803.7	-0.5
Orinoco	Tamatama	830	2026.0	1018.5	1002.8	0.5
Casiquiare	Solano-Tamatama	738-735	2484.0	1061.9	1387.2	-2.5
Orinoco	Guachapana	835	2457.9	1179.9	1188.0	8.2
Parucito	Sanoja	888	2202.4	1128.2	984.4	9.9
Manapiare	San Juan	800	2382.7	946.3	1362.8	5.8
Ventuari	Yekuana	910	2534.2	965.8	1626.3	-3.5
Ventuari	Ciudad Piaroa	912	2846.8	1326.9	1468.8	-4.7
Ventuari	Kanaripo	915	2507.0	1110.4	1594.0	-4.5

Pm - Precipitacion media anual (mm)
 ETR - Evapotranspiracion Real media anual (mm)
 Le - Lamina Escurrida (mm)
 n - Termino de discrepancia (%)
 Periodo de Registro : 1970-1983

TABLA No. 2

RESUMEN DE RESULTADOS

RIO	ESTACION	SERIAL	AREA Km2	FACTOR DE AJUSTE	Qm m3/s	Qm (mm)	Le (mm)	Q (m3/s)	Pm (mm)	ETR (mm)	n (%)
Ocamo	Sta. Maria	0856	9596.9	1.752	217.0	713.1	675.6	205.6	1588.1	948.9	5.3
Orinoco	Sta. Maria	0851	25565.4	1.601	655.0	808.0	803.7	651.5	1682.6	874.9	0.5
Orinoco	Tamatama	0830	39617.0	1.112	1253.3	997.7	1002.8	1259.3	2026.0	1018.5	0.5
Casiquiare	Tamatama	0738	42379.8	1.121	1911.8	1422.4	1387.2	1864.2	2484.0	1061.9	2.5
	Solano	0735									
Orinoco	Guachapana	0835	54450.0	0.927	1896.0	1098.1	1188.0	2051.2	2457.9	1179.9	8.2
Parucito	Sanoja	0888	3555.9	1.323	101.0	895.7	984.4	111.0	2202.4	1128.2	9.9
Manapiare	San Juan	0800	5776.6	0.820	236.0	1288.4	1362.8	249.6	2382.7	946.3	5.8
Ventuari	Yekuana	0910	7244.0	0.969	387.0	1685.2	1626.3	373.6	2534.2	965.8	-3.5
Ventuari	Ciudad Piaroa	0912	20489.0	0.886	1001.3	1541.2	1468.8	951.4	2846.8	1326.9	-4.7
Ventuari	Kanaripo	0915	41256.2	0.805	2183.2	1668.8	1594.0	2085.3	2507.0	1110.4	-4.5

Qm - Esgurrimiento medio anual medido en la estacion hidrometrica (m3/s)

Qm - Esgurrimiento medio anual medido en la estacion hidrometrica (mm)

Le - Lamina escurrida en cada cuenca ajustada al esgurrimiento medido en la estacion hidrometrica

Q - Esgurrimiento en cada cuenca ajustado al esgurrimiento medido en la estacion hidrometrica (m3/s)

Pm - Precipitacion media anual (mm)

ETR- Evapotranspiracion Real media anual (mm)

n - Termino de discrepancia (%)

Periodo de registro : 1970-1983

Este método resultó muy ventajoso ya en la zona existe escasa información por inexistencia de estaciones en grandes áreas; se estimaron los centros de alta precipitación, tomando en cuenta la topografía de la zona, la trayectoria de los vientos, y el análisis de las zonas adyacentes donde existe información.

En general, se observan altas precipitaciones en las áreas montañosas del Territorio, superando los 3000 mm, en el Macizo de Sipapo, Sierra Parima y Sierra de Tapirapécó.

En las zonas bajas, penillanura del Casiquiare y cuenca baja del Ventuari, se localizan las máximas precipitaciones, donde predominan los bosques ombrofilos siempreverdes, generalmente densos y altos, con zonas periodicamente inundables.

En el mapa de evapotranspiración real medio anual corregido (MAPA N° 2), no conserva el mismo patrón de isolíneas que el presentado en el primer informe, sin embargo, se puede observar que los máximos valores de ETR se presentan en la penillanura del Casiquiare y la cuenca del río Negro, así como también al Noroeste del Territorio, en las cuencas bajas de los ríos Cataniapo, Cuaio, Autana, Sipapo y Guayapo, coinciden con valores altos de precipitación y escurrimiento. Los valores más bajos de ETR corresponden al sur del Territorio, Sierra de Tapirapécó, con alta precipitación y escurrimiento moderado en relación con el resto de la zona.

En el mapa de isolíneas de escurrimiento corregido mediante el factor de ajuste obtenido en cada cuenca, se puede observar que tienden a conservar, aproximadamente, el mismo patrón de isolíneas que el presentado en el informe de la primera fase del balance, y que en el mapa isoyético. (Mapa N° 1).

Se consideró el término de discrepancia como la diferencia entre la lámina escurrida calculada en cada una de las cuencas con medición en el mapa de escurrimiento ajustado y el escurrimiento medio anual medido en la estación hidrométrica, el cual en todos los casos resultó menor al 10 %

De los mapas de precipitación, evapotranspiración real y escurrimiento medios anuales se determinaron los valores medios anuales de precipitación, evapotranspiración real, la lámina escurrida, en las cuencas con registros completos y hasta la estación hidrométrica, pudiéndose obtener los valores medios del resto de las cuencas del Territorio. En el Tabla N° 3 se muestran los valores de escurrimiento medio anual de las cuencas con información insuficiente las cuales fueron calculados del mapa de isolíneas de escurrimiento. (Mapa N° 1).

CFR/

TABLA No. 3

LAMINA ESCURRIDA Y ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL
EN LAS CUENCAS CON INFORMACION INSUFICIENTE

RIO	ESTACION	SERIAL	AREA (Km2)	Le (mm)	Q (m3/s)
Cataniapo	Gavilan	745	793.1	1833.3	46.1
Cuao	El Murcielago	787	5688.5	1743.7	314.5
Autana	Laja de Loro	701	2567.5	2402.1	195.6
Sipapo	Raudalito	901	2045.5	2452.0	159.0
Guayapo	Las Peñas	798	2573.3	2350.7	191.8
Orinoco	Trapichote	840	99543.4	1389.4	4385.6
Paru	El Pauji	892	4177.2	1478.5	195.8
Cunucunuma	Cerro Tabicure	791	6459.6	1814.3	371.6
Padamo	Juanacata	891	6036.6	1620.6	310.2
Matacuni	Cerro Serenama	806	1255.8	1584.3	63.1
Manaviche	Calojeteri	802	8172.8	450.9	116.9
Mavaca	Boca de Mavaca	801	5648.9	910.8	163.1
Orinoco	Boca de Mavaca	826	15029.2	902.2	430.0
Orinoco	La Esmeralda	825	3859.6	1170.4	1431.1

9.- CONCLUSIONES

- 9.1. Debido a la inexistencia de estaciones en grandes áreas, la metodología se ajustó perfectamente, sin embargo, a medida que se tenga una buena información con períodos de registros más extensos y continuos, el balance el balance dará mejores resultados.
- 9.2. En el mapa isoyético (MAPA N° 3), se puede observar que en las zonas montañosas existe influencia de lluvia orográficas como el caso de la Sierra de Tapirapécó y La Neblina, Cerro Duida, Sierra Parima y la Serranía de Maigualida, donde las masas de aire precipitan del lado de barlovento, originando centros de baja precipitación en sotavento.
- 9.3. En las zonas bajas, penillanura del Casiquiare y cuenca baja del Ventuari, se pueden observar centros de alta precipitación, provocadas por las frecuentes formaciones de nubes convectivas alimentadas por las altas temperaturas de superficie existentes.
- 9.4. Los máximos valores de evapotranspiración real (Mapa N° 2), se localizan en las zonas bajas, lo que podría explicarse por cantidad de agua disponible, a que son áreas periódicamente inundables, las altas temperaturas que aumentan el poder evapante de la atmósfera y al tipo de vegetación predominante en el área.
- 9.5. El mapa de escurrimiento, (Mapa N° 1) es el resultado del ajuste con el escurrimiento medido en las estaciones hidrométricas. Se observa que el patrón de isolíneas presenta la misma tendencia que el mapa isoyético.

10.- RECOMENDACIONES

- La evaluación del recurso hídrico mediante el Balance Hídrico Superficial permitió detectar algunos problemas con respecto a la densidad de la red climatológica e hidrométrica. La actual ubicación de estaciones, con extensas áreas desprovistas de instrumentos de medición, trae como consecuencia un mayor esfuerzo en la interpolación de la información, y por lo tanto genera incertidumbre. Se recomienda que el MARNR, realice un análisis de la red existente en el Territorio Federal Amazonas y determine la selección de sitios para la ubicación de nuevas estaciones, de tal forma de complementar la existente.
- Se debe mejorar la forma de medición, recopilación y traslado, y procesamiento de la información de campo, con sistemas modernos, que permitan garantizar la calidad de la información.
- Se sugiere, que en el futuro, cuando se obtenga un período de registro continuo y de longitud recomendable, en aquellas cuencas donde la información es incompleta o escasa, se realice una verificación en los mapas de isolíneas de los parámetros que intervienen en el balance para dichas cuencas.
- En caso de cuencas internacionales, sería altamente beneficioso la coordinación binacional en la realización de tareas comunes, para de evitar la duplicidad de esfuerzos en las investigaciones hidrológicas, y ajustar los valores resultantes en las áreas coincidentes.

BIBLIOGRAFIA

1. CRUZ LL., CARLOS J. "Balance Hídrico Superficial de la Cuenca del Río Itenez (Amazonia-Bolivia-Brasil)", PHIDAB, Bolivia, 1987.
2. ESCOBAR, M. y LAZO, G. "Caracterización Climática y Agroclimática del Territorio Federal Amazonas", Tesis de Grado. UCV, Caracas, 1988.
3. FERMIN R., C., PEREZ M., R., CORDOVA S., K. "Informe de la Primera Fase del Balance Hídrico de Venezuela". MARNR. Caracas. 1989.
4. GARCIA, LUIS F. "Hidrología e Inundaciones en la Región Sur del Orinoco" (Sin Publicar).
5. GOLDBRUNNER, A. "Atlas Climatológico-Período (1951-1970)". FAV., Maracay, 1984.
6. GOLDBRUNNER, A. "El Clima de Venezuela y su clasificación". FAV. Maracay.
7. GOLDBRUNNER, A. "Las causas meteorológicas de las lluvias de extraordinaria magnitud en Venezuela". FAV. Maracay.
8. HUBER, O y ALARCON, C. "Mapa de Vegetación de Venezuela". Oscar Todtmann, Editores. MARNR, Caracas, 1988.
9. LINSLEY, R., M. KOHLER, y J. AULER "Hidrología para Ingenieros", Editorial Mc Graw-Hill Latinoamericana, S.A. (traducido de la segunda edición en inglés de Hydrology for Engineers). Colombia, 1977.
10. MARNR. "Atlas de Vegetación de Venezuela", Caracas, 1985.
11. MARNR. "Mapa de la vegetación actual de Venezuela". Proyecto VEN 79/001/B. Sistemas Ambientales Venezolanos. Caracas, 1982.
12. MARNR. "Sistemas Ambientales Venezolanos". Estado Bolívar, Caracas, 1983.
13. MILLER, AUSTIN. "Climatología" 4ta. Edición. Ediciones Omega S.A.

14. MINISTERIO DE LA DEFENSA. "Atlas Climatológico (período 1951-1970)", Maracay, 1964.
15. MONTMOLLIN, F., OLIVIER, R., ZWAHLEN, F. "Cartographie automatique des elements du bilan hydrique". Service Hydrologique National. Berne. 1979. Francés.
16. PEREZ M., J. "Fundamentos del Ciclo Hidrológico", U.C.V., Dpto. de Meteorología e Hidrología, Caracas, 1979.
17. RIVAS, C., "Manejo y Procesamiento de la Información Climatológica para Fines Agrícolas", MARNR, Caracas, 1986.
18. SANCHEZ C., J. "Mesoclimas en Venezuela", FONAIAP, Caracas, 1981.
19. SPIEGEL, M. "Probabilidad y Estadística". Editorial Mc. Graw-Hill. Bogotá, 1975.
20. SOKOLOV, A. A., CHAMPMAN, T. G. Versión española: Rafael Heras. "Métodos de Cálculo del Balance Hídrico. Guía Internacional de Investigación y Métodos" Instituto de Hidrologia de España/ UNESCO. 1981. Español.
21. VILLARROEL, E. , ARIJOJA, P. "Balance Hídrico del Territorio Federal Amazonas". Tesis de Grado. UCV. Caracas. 1989.
22. UNESCO. "Guía Metodológica para la Elaboración del Balance Hídrico de América del Sur", ROTLAC, Montevideo, 1982.
23. UNESCO. "Primer Taller sobre el Balance Hídrico de América del Sur. (La Paz, 12-15 de Mayo de 1987). Informe Final", ROSTLAC. Montevideo, 1987.

*DEFINICION DE LOS TERMINOS DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN
EN LA ECUACION DEL BALANCE HIDRICO*

Precipitación:

Se denomina precipitación al agua que proviene de la humedad atmosférica y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve o granizo.

Evapotranspiración Real (ETR):

Es la cantidad de agua que realmente pasa a la atmósfera por el proceso de evapotranspiración y su valor máximo es la evapotranspiración potencial (ETP).

Evapotranspiración Potencial (ETP):

Es la cantidad de agua que si estuviera disponible sería evapotranspirada desde una superficie dada.

Escurrimiento:

Se refiere a la escorrentía superficial, la cual corresponde al volumen de agua que avanza sobre la tierra hasta alcanzar algún canal o depresión que pueda transportar una corriente de agua.

Término de Discrepancia:

Este término incluye los componentes del balance hídrico que no fueron tomados en cuenta y errores de cálculos

ANEXOS

ANEXO No. 1

ESTACIONES CLIMATOLOGICAS

ESTACION	SERIAL	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
Puerto Paez	5484	06 11 00	67 27 00	47
Puerto Ayacucho	6424	05 37 15	67 36 37	74
Yavi	6601	05 36 00	65 53 00	169
Cacuri	7601	04 47 00	65 16 00	169
La Esmeralda	8602	03 11 00	65 32 00	106
San Carlos de Rio Negro	9401	01 56 00	67 03 00	119
Tamatama	9402	03 08 37	65 48 06	112
Kanaripo	9403	04 05 33	66 05 20	123
Sta.Barbara del Orinoco	9404	03 56 07	67 08 24	120
Sn.Fernando de Atabapo	9405	04 00 00	67 40 00	112
Isla de Raton	9406	05 08 00	67 48 00	96
Yekuana	9408	05 04 00	65 13 00	138
Sn. Juan de Manapiare	9410	05 14 00	66 10 00	140
Guarinuma	9412	03 31 00	67 23 00	130
Acaana	9413	03 31 00	65 47 00	98
Capihuara	9414	02 34 00	66 20 00	85
Sta.Maria de los Guaicas	9415	02 48 00	65 15 00	116

ANEXO No. 1

ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
(cont.)

ESTACION	SERIAL	LATITUD	LONGITUD	ELEVACION
Platanal	9416	02 22 00	64 40 00	250
Sta. Rosa de Amadona	9418	01 27 00	66 55 00	300
Ciudad Piaroa	9419	05 52 00	66 22 00	132
Yutaje	9420	05 37 00	65 57 00	95
Laja de Garza	9421	04 39 00	67 42 00	107
Gavilan	9422	05 44 00	67 16 00	81
El Limon-Parhuena	9423	05 57 00	67 25 00	62
Boca de Mavaca	9424	02 31 00	65 11 00	210
Sn. Antonio del Orinoco	9425	03 28 00	66 46 00	129
Las Carmelitas	9426	04 06 00	66 36 00	126
Maroa	9430	02 43 00	67 38 00	80
Arapacoa-Chivacoa	9431	01 52 00	67 34 00	52
La Democracia	9434	02 30 30	67 17 30	79
Yavita	9450	02 55 00	67 27 00	80
Mamurividi	9511	01 32 00	66 32 00	70
Sta. Lucia	9512	01 10 00	66 55 00	296
Sierra Parima	9701	02 48 00	64 18 00	810

ANEXO No. 2

ESTACIONES HIDROMETRICAS CON
INFORMACION DE ESCURRIMIENTO

RIO	ESTACION	SERIAL	LATITUD	LONGITUD	AREA DE CUENCA*
Ocamo	Sta. Maria	856	024645	651255	9596.9
Orinoco	Sta Maria	851	024720	651355	25565.4
Orinoco	Tamatama	830	030750	655230	39617.0
Casiquiare	Tamatama-Solano	735 738	030730 015710	655305 665740	42379.8
Orinoco	Guachapana	835	031800	670155	54450.0
Parucito	Sanoja	888	052025	660235	3555.9
Manapiare	San Juan	800	051915	660240	5776.6
Ventuari	Yekuana	910	050230	653850	7244.0
Ventuari	Ciudad Piaroa	912	050320	662020	20489.0
Ventuari	Kanaripo	915	040500	665030	41256.2

* Area de la cuenca en Km2

ANEXO No. 3

VALOR DEL FACTOR DE AJUSTE EN CADA CUENCA

RIO	ESTACION	SERIAL	Factor de Ajuste
Ocamo	Sta. Maria	0856	1.752
Orinoco	Sta. Maria	0851	1.601
Orinoco	Tamatama	0830	1.112
Casiquiare	Solano-Tamatama	0738-0735	1.121
Orinoco	Guachapana	0835	0.927
Parucito	Sanoja	0888	1.323
Manapiare	San Juan	0800	1.219
Ventuari	Yekuana	0910	0.969
Ventuari	Ciudad Piaroa	0912	0.886
Ventuari	Kanaripo	0915	0.805

ANEXO No. 4

ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL APLICANDO LA ECUACION
DEL BALANCE HIDRICO EN LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
Y ESCURRIMIENTO AJUSTADO

ESTACION	SERIAL	Q (mm)	Qaj (mm)
Puerto Paez	5484	680.2	---
Puerto Ayacucho	6424	799.7	1217
Yavi	6601	979.2	803
Cacuri	7601	1172.4	1177
La Esmeralda	8602	866.2	779
Sn. Carlos de Rio Negro	9401	1683.2	---
Tamatama	9402	1404.4	1253
Kanaripo	9403	1411.1	1756
Sta. Barbara del Orinoco	9404	1467.8	2234
Sn. Fernando de Atabapo	9405	1147.7	1747
Isla de Raton	9406	885.2	1347
Yekuana	9408	1113.0	1118
San Juan de Manapiare	9410	1042.2	885
Guarinuma	9412	1617.8	2462
Acaana	9413	1332.4	1445
Capihuara	9414	1688.6	1506
Sta. Maria de los Guaicas	9415	760.3	684

Q(mm) - Esgurrimiento medio anual en mm, calculado por la ecuacion del balance hidrico en cada estacion

Qaj(mm) - Esgurrimiento ajustado en mm

ANEXO No. 4

ESCURRIMIENTO MEDIO ANUAL APLICANDO LA ECUACION
DEL BALANCE HIDRICO EN LAS ESTACIONES CLIMATOLOGICAS
Y ESCURRIMIENTO AJUSTADO
(cont.)

ESTACION	SERIAL	Q (mm)	Qaj (mm)
Platanal	9416	717.2	448
Sta. Rosa de Amadona	9418	1517.2	---
Ciudad Piaroa	9419	1470.3	1735
Yutaje	9420	1501.2	1231
Laja de Garza	9421	1440.5	2193
Gavilan	9422	1129.5	1719
El Limon-Parhuena	9423	1027.4	---
Boca de Mavaca	9424	654.5	409
San Antonio del Orinoco	9425	1723.7	1870
Las Carmelitas	9426	1360.3	1689
Maroa	9430	1740.8	---
Arapacoa-Chiricoa	9431	1356.5	1210
La Democracia	9434	1494.1	---
Yavita	9450	1719.2	2616
Mamurividi	9511	1420.4	1267
Santa Lucia	9512	1449.8	---
Sierra Parima	9701	520.0	297

Q (mm) - Esgurrimiento medio anual en mm, calculado por la
ecuacion del balance hidrico en cada estacion

Qaj (mm) - Esgurrimiento ajustado en mm

ANEXO No. 5

EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIA ANUAL Y
EVAPOTRANSPIRACION REAL AJUSTADA

ESTACION	SERIAL	ETR	ETRaj
Puerto Paez	5484	1066.7	---
Puerto Ayacucho	6424	1244.2	1894
Yavi	6601	1215.0	997
Cacuri	7601	1168.5	1173
La Esmeralda	8602	1557.5	1401
Sn. Carlos de Rio Negro	9401	1474.9	---
Tamatama	9402	1557.5	1401
Kanaripo	9403	1437.4	1786
Sta Barbara del Orinoco	9404	1511.2	2300
Sn. Fernando de Atabapo	9405	1474.9	2245
Isla de Raton	9406	1268.5	1931
Yekuana	9408	1231.5	1236
Sn. Juan de Manapiare	9410	1262.7	1036
Guarinuma	9412	1474.9	2245
Acaana	9413	1557.5	1689
Capihuara	9414	1474.9	1316
Sta. Maria de los Guaicas	9415	1479.8	1331

ETR - Evapotranspiracion real en mm

ETRaj - Evapotranspiracion real ajustada en mm

ANEXO No. 5

EVAPOTRANSPIRACION REAL MEDIA ANUAL Y
 EVAPOTRANSPIRACION REAL AJUSTADA
 (cont.)

ESTACION	SERIAL	ETR	ETRaj
Platanal	9416	1357.3	848
Sta. Rosa de Amadona	9418	1376.2	---
Ciudad Piaroa	9419	1263.9	1492
Yutaje	9420	1270.8	1043
Laja de Garza	9421	1570.9	2391
Gavilan	9422	1324.8	2016
El Limon-Parhuena	9423	1237.9	---
Boca de Mavaca	9424	1393.0	870
San Antonio del Orinoco	9425	1616.9	1754
Las Carmelitas	9426	1363.1	1693
Maroa	9430	1474.9	---
Arapacoa-Chiricoa	9431	1544.2	1378
La Democracia	9434	1474.9	---
Yavita	9450	1474.9	2245
Mamurividi	9411	1474.9	1316
Sta. Lucia	9512	1376.2	---
Sierra Parima	9701	999.2	570

ETR - Evapotranspiracion real en mm

ETRaj - Evapotranspiracion real ajustada en mm

ANEXO No. 6

PRECIPITACION MEDIA ANUAL Y PRECIPITACION AJUSTADA
PERIODO: 1970-1984

ESTACION	SERIAL	Pm (mm)	Paj (mm)
Puerto Paez	5484	1942.2	
Puerto Ayacucho	6424	2271.4	
Yavi	6601	2437.6	2000*
Cacuri	7601	2664.2	
La Esmeralda	8602	2693.2	2422*
Sn.Carlos de Rio Negro	9401	3509.6	
Tamatama	9402	3289.2	2958*
Kanaripo	9403	3164.2	
Sta.Barbara del Orinoco	9404	3309.1	
Sn.Fernando de Atabapo	9405	2913.1	
Isla de Raton	9406	2392.3	
Yekuana	9408	2605.4	
Sn.Juan de Manapiare	9410	2560.1	2100*
Guarinuma	9412	3566.3	
Acaana	9413	3211.6	
Capihuara	9414	3514.5	3135*
Sta.Maria delos Guaicas	9415	2488.9	1555*

Pm - Precipitacion media anual (mm)

Paj - Precipitacion ajustada (mm)

* Solo se ajusto la precipitacion en estacion ubicadas en las cuencas que no cumplieran con la ecuacion del balance hidrico, una vez corregidos los mapas de escurrimineto y evapotranspiracion real.

ANEXO No. 6

PRECIPITACION MEDIA ANUAL Y PRECIPITACION AJUSTADA
 PERIODO: 1970-1984
 (cont.)

ESTACION	SERIAL	Pm (mm)	Paj (mm)
Platanal	9416	2306.0	1140*
Sta. Rosa de Amadona	9418	3326.0	
Ciudad Piaroa	9419	3036.5	
Yutaje	9420	3079.2	2526*
Laja de Garza	9421	3345.1	
Gavilan	9422	2725.7	
El Limon-Parhuena	9423	2516.3	
Boca de Mavaca	9424	2276.7	1422*
Sn. Antonio del Orinoco	9425	3554.9	
Las Carmelitas	9426	3024.6	
Maroa	9430	3571.7	
Arapacoa-Chiricoa	9431	3221.5	2874*
La Democracia	9434	3409.6	
Yavita	9450	3548.1	
Mamurividi	9511	3215.8	2869*
Santa Lucia	9512	3138.6	
Sierra Parima	9701	1687.7	963*

Pm - Precipitacion media anual (mm)

Paj- Precipitacion ajustada (mm)

- * Solo se ajusto la precipitacion en aquellas estaciones ubicadas en las cuencas que no cumplan con la ecuacion del balance hidrico, una vez corregido los mapas de escurrimiento y evapotranspiracion real.