

ANÁLISIS DE FACTORES HIDRICOS DE LA SUBCUENCA DEL RIO SARAI

Heana Arauz Beita¹

RESUMEN

A nivel nacional se han realizado diferentes investigaciones aplicando el METODO DE BALANCE HIDRICO DE THORNTHWAITE Y MATHER 1957. Esta metodología brinda información específica sobre la disponibilidad de humedad en el suelo, cantidad que se evapotranspira, exceso y déficit mensual en el suelo, etc.

En la subcuenca del río Sarai, ubicada en la Reserva Indígena de Ujarrás, se aplicó tal metodología, cuyo objetivo fue establecer que mediante la relación de algunas propiedades físicas del suelo, factores hídricos y climáticos de la subcuenca, se podría determinar la distribución espacial y temporal de la recarga de aguas subterráneas, según zona climática, unidad geomorfológica y uso de suelo.

1. Investigadora del Proyecto Dinámica Exógena y Morfología Aplicada (MADE). Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

INTRODUCCION

Tanto las aguas superficiales como subterráneas son aguas disponibles que pueden ser recogidas o desviadas para su uso.

Estas incluyen tanto la precipitación, corrientes superficiales, lagunas y manantiales. Un conocimiento de estas fuentes y sus potenciales da una mayor visión de las posibles expansiones de la agricultura y el uso intensivo del suelo. (Donahue R. L., et al., 1981).

Una de las formas más adecuadas para analizar las fuentes de agua que puedan ser aprovechables es mediante un balance hídrico, el cual relaciona factores edafológicos y climáticos (precipitación, escorrentía superficial), evapotranspiración potencial, uso de suelo y profundidad de raíces.

El sistema de clasificación climática de Thornthwaite y Mather (1957), en su metodología de Balance Hídrico incluye como variables fundamentales las diferentes capacidades de campo de los suelos, precipitación y evapotranspiración potencial. Este sistema ha sido empleado en estudios agroclimáticos alrededor del mundo.

A nivel nacional también se han realizado diferentes investigaciones aplicando el método de Thornthwaite y Mather 1957. En estudios agroclimáticos de Costa Rica en general y otros particulares sobre las condiciones hídricas de los cantones de Esparza, San Mateo, Atenas, Orotina, Garabito, etc., se empleó una metodología de balance hídrico a nivel decadal (Herrera, 1985).

Chan (1988), realizó una investigación sobre la influencia climática de las depresiones de la Sierra Volcánica Central, donde analiza factores climáticos, así como la distribución de las aguas subterráneas, en la cuenca aplicando el sistema de Thornthwaite y Mather.

METODOLOGIA DEL BALANCE HIDRICO

En la subcuenca se determinó la recarga anual según zona climática, unidad geomorfológica y uso del suelo. Para ello fue necesario calcular balances hídricos mediante la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather (1957). Donde se tomaron en cuenta las diferentes capacidades de campo de los suelos, además de las variables fundamentales (precipitación media mensual y evapotranspiración potencial). (Hernando, L.: Balance Hídrico de la Cuenca del río Poás, publicado en esta misma Revista).

De lo cual se obtienen los siguientes resultados: exceso medio mensual de agua, déficit medio mensual en el suelo, etc.

Por lo tanto un balance se puede definir como: un procedimiento matemático por medio del cual se relacionan los valores medios mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial con la capacidad de retención de humedad del suelo en un punto determinado. (Herrera, 1988).

Además de las variables que utiliza Thornthwaite y Mather en su sistema, fueron incluidas otras variables como escorrentía superficial (método de hidrogramas), y humedad del suelo disponible. (Cuadro No. 1).

Lo primero que se hizo fue corregir la precipitación mensual eliminando de ella la cantidad que se pierde por escorrentía. La escorrentía superficial mensual (E_s) y la precipitación resultante (P_c).

Luego mediante el método de Hargreaves (1981) se estima la evapotranspiración potencial mensual.

Se determina la diferencia mensual entre la precipitación (P_c) y la evapotranspiración potencial (ETP), o sea $P_c - ETP$. Si los valores son positivos, la precipitación excede a la evapotranspiración potencial por lo que esta última es totalmente cubierta; si los valores son negativos, la precipitación no satisface las necesidades meteorológicas.

Después se determina la pérdida potencial acumulada (PPA) de agua por mes sumando los valores negativos de $P_c - ETP$.

Se calcula la humedad del suelo disponible actual (HSD) por mes, la cual está determinada por la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y la profundidad de las raíces cuando los valores de $P_c - ETP$ son positivos y además por la pérdida potencial acumulada cuando son negativos. La humedad del suelo disponible actual fue calculada mediante la siguiente fórmula:

$$-(PPA * A)$$

$$HSD = LAD * e \quad (\text{Derivado de Thornthwaite y Mather, 1957})$$

Donde:

$$LAD \text{ (Lámina de agua disponible)} = ((CC - PMP) * Pro) / 10 \text{ (mm.)}$$

CC = Capacidad de campo (%)

Pro = Profundidad de raíces (cm.)

PPA = Pérdida potencial acumulada (mm.)

A = $1.02 / LAD$

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

HSD = Humedad del suelo disponible actual (mm.)

**CUADRO N° 1
BALANCE HIDRICO**

ZONA CLIMATICA: I
UNIDAD MORFOLOGICA: AREA DE DEPOSITACION
USO DEL SUELO: BOSQUE
AREA: 0.31 Km²

PROFUNDIDAD DE RAICES: 200 cm.
AGUA DISPONIBLE: 31.6%
LAMINA DE AGUA DISPONIBLE: 632.0 mm.

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
P (mm)	48.6	51.7	94.3	241.9	469.2	358.3	265.6	416.1	497.3	602.7	277.6	58.6	3.381.8
Es (mm)	8.2	2.0	1.8	5.5	29.2	115.2	9.9	66.6	39.4	171.4	30.3	2.0	481.5
Pc (mm)	40.4	49.7	92.5	236.4	440.0	243.1	255.7	349.5	457.9	431.3	247.3	56.6	2.900.2
ETP	130.7	132.2	161.2	157.1	151.2	137.2	141.4	145.8	137.7	128.2	119.0	120.6	1.662.2
Pc-ETP	-90.3	-82.6	-68.7	79.3	288.8	105.9	114.3	203.7	320.2	303.2	128.3	-64.0	-64.0
PPA		154.3	236.8	305.5	—	—	—	—	—	—	—	—	570.0
HSD		493.0	429.8	385.5	464.8	632.0	632.0	632.0	632.0	632.0	632.0	632.0	632.0
^HSD	77.0	63.2	44.2	79.3	167.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	62.0
ETA	117.4	112.9	136.8	157.2	151.2	137.2	141.4	145.8	137.7	128.2	119.0	118.6	1.603.2
D	13.3	19.4	24.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	59.1
G	0.0	0.0	0.0	0.0	121.6	105.9	114.3	203.7	320.2	303.2	128.3	0.0	1.297.1
R (KMS3)		0.00	00.0	0.00	0.00000376	0.00000328	0.00000354	0.00000631	0.00000992	0.00000939	0.00000397	0.00	0.000401

Esta fórmula es la que se utilizó para estimar la humedad del suelo disponible actual en los meses en que la precipitación excede a la evapotranspiración potencial.

El cambio en la humedad del suelo (ΔHSD) se obtiene de la diferencia de la humedad del suelo de un mes a otro. Los valores negativos indican la cantidad de agua cedida a las plantas, los positivos muestran que el suelo se recarga hasta alcanzar la cantidad máxima que puede retener (LAD). La evapotranspiración actual (ETA) es igual a la potencial cuando los valores de $\text{Pc}-\text{ETP}$ son positivos. Cuando son negativos la ETA es la suma de la precipitación Pc y el ΔHSD .

El siguiente paso es calcular el déficit de la humedad del suelo (D) el cual es la diferencia entre la ETP y la ETA.

La ganancia de humedad (G) se refiere a aquella agua que percola hacia capas inferiores del suelo, cuando en éste la precipitación excesiva origina un aumento progresivo de humedad, la cual rebasa la humedad que el suelo puede retener. Se calcula la HSD del mes anterior a la $\text{Pc}-\text{ETP}$ del mes que interesa y restando este producto la HSD de este mismo mes.

Por último, se calcula la recarga mensual. Esta se estimó multiplicando la G de cada mes por el área de cada cultivo.

Temperatura

Al no existir ninguna estación en la subcuenca que contara con datos térmicos fue necesario utilizar el método de las alturas formulado por Herrera (1988), para estimar temperaturas máximas, mínimas y medias.

El método consiste exactamente en la aplicación de varias ecuaciones no lineales en las cuales se correlaciona temperatura y altitud.

Las variables que se utilizan en la ecuación son las siguientes:

$$y = a + bx$$

Donde

y = Temperatura media (oC) estimada en un punto de altitud x.

a = Temperatura media a nivel del mar.

b = Grado de variación de la temperatura por cada ascenso de un metro.

x = Altitud del punto donde se desea estimar la temperatura.

Para determinar cualquiera de estas variables en un punto altimétrico dado simplemente basta sustituir la variable x por la altitud en mts. (Herrera, 1988).

Para comprobar la efectividad del método, se aplicó a los datos de la estación la Piñera, la cual se localiza a 6 Kms. aproximadamente al sur de la subcuenca.

La evapotranspiración potencial

La evapotranspiración potencial se estimó con base en la metodología de Hargreaves (1981). El cual sugiere que uno de los métodos que podrían utilizarse para estimar la evapotranspiración potencial en estaciones con datos de temperatura solamente puede expresarse por medio de la siguiente fórmula:

$$ETP = ((0.17 * RA * \sqrt{TD}) (0.0075) + (32 + 1.8 \text{ oC})) * N \quad (\text{Hargreaves, 1981}).$$

ETP = Evapotranspiración potencial del mes (mm.).

RA = Radiación extraterrestre en el tope de la atmósfera (mm/día). Varía según la latitud y el mes. Según tablas de (Herrera, 1985).

TD = Oscilación entre las temperaturas máxima, media y mínima media del mes.

oC = Temperatura promedio del mes (oC).

N = Número de días del mes.

Para la subcuenca la evapotranspiración potencial se calculó cada 200 mts. (Según curvas de nivel). Y posteriormente los datos se utilizaron para realizar los balances hídricos según zonas climáticas.

Precipitación y Escorrentía Superficial

Se utilizaron los datos promedios mensuales de precipitación de 16 años de registro (1970-1986) de la estación pluviográfica Ujarrás No. 098018 del Instituto Costarricense de Electricidad. Se encuentra ubicada a 500 mts. aproximadamente, al sureste de la subcuenca (parte baja).

Debido a la carencia de datos de precipitación también se evaluaron los datos de precipitación promedio mensual de la estación Bolas No. 098015 la cual se localiza al sureste del área de estudio. Esta al igual que la estación Ujarrás presenta dos períodos bien definidos (seco y lluvioso). También se tomaron en cuenta los datos del Atlas climatológico de Costa Rica con el fin de obtener mayor confiabilidad de los datos.

De acuerdo con lo anterior se comprobó que el patrón de distribución mensual de las precipitaciones es muy similar en las diferentes subcuencas cercanas al área de estudio.

Para determinar la escorrentía superficial en la subcuenca se utilizó el método de separación gráfica de hidrogramas. (Davis, 1971).

En el área de estudio no existe ninguna estación hidrométrica, fue necesario

seleccionar una subcuenca cercana a ésta que contara con características muy similares en cuanto a geología, topografía, geomorfología, etc., además de un régimen mensual de precipitaciones muy similares a la subcuenca del río Saraí. Por lo tanto se emplearon los datos de caudales medios diarios del año civil 1981 de la Estación Hidrométrica Cabagra 98-31-12.

Luego de elaborar un hidrograma mensual, (enero a diciembre), se procedió a delimitar el flujo base a cada uno. Y posteriormente se procedió a corregir los datos de precipitación mensual, eliminando de ella la cantidad que se pierde por escorrentía superficial. (P-Es).

AREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la subcuenca del río Saraí, la cual se localiza en el pie de monte de la Cordillera de Talamanca, limitando con la parte sureste del Valle de El General. Está definida por las siguientes coordenadas geográficas:

Latitud norte	09° 13' 33" y 19° 17' 57"
Longitud oeste	83° 18' 54" y 83° 21' 27"

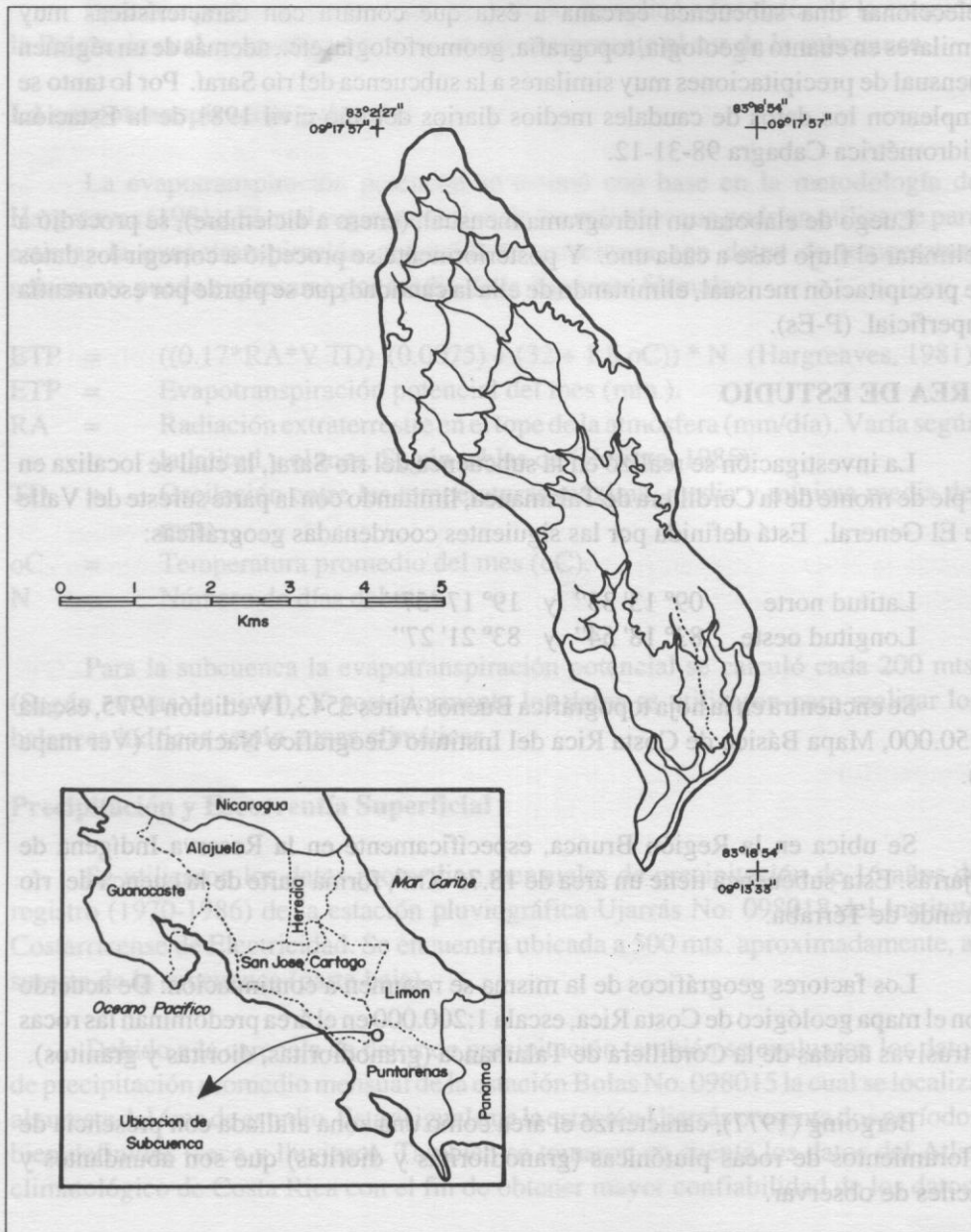
Se encuentra en la hoja topográfica Buenos Aires 3543, IV edición 1975, escala 1:50.000, Mapa Básico de Costa Rica del Instituto Geográfico Nacional. (Ver mapa 1).

Se ubica en la Región Brunca, específicamente en la Reserva Indígena de Ujarrás. Esta subcuenca tiene un área de 18.75 Km², forma parte de la cuenca del río Grande de Térraba.

Los factores geográficos de la misma se resumen a continuación: De acuerdo con el mapa geológico de Costa Rica, escala 1:200.000 en el área predominan las rocas intrusivas ácidas de la Cordillera de Talamanca (granodioritas, dioritas y granitos).

Bergoing (1977), caracterizó el área como una zona afallada con presencia de afloramientos de rocas plutónicas (granodioritas y dioritas) que son abundantes y fáciles de observar.

Murcia (1976) menciona que las formaciones graníticas resultan permeables por fisuración en sus primeros metros pero tales fisuras van escaseando a medida que se profundiza resultando la masa totalmente impermeable, por lo que recomienda la construcción de galerías para conseguir caudales de relativa importancia. Por lo tanto la subcuenca reúne condiciones óptimas para la formación de acuíferos beneficiando así mayor recarga de aguas subterráneas.



MAPA N° 1.
UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO. SUBCUENCA RIO SARAI, B.A.

CLIMA

De acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional, la Región Pacífico Sur comprende la parte sur de la provincia de Puntarenas y parte de la provincia de San José (Valle de El General).

Debido a la acción topográfica de la región, la precipitación promedio anual varía bastante. En la zona costera ésta oscila entre los 3.000 mm. y 4.000 mm. En el Valle de El General se presenta el mínimo de precipitación de la región con 2.200 mm. anuales y en la Península de Osa el máximo con más de 5.000 mm. anuales.

En la región hay dos períodos (seco y lluvioso) siendo abril y noviembre, meses de transición entre los dos. El mes más lluvioso suele ser octubre y el más seco febrero.

Las temperaturas medias anuales oscilan entre 25 y 30°C, en las cercanías a las costas, disminuyendo con la elevación hasta observar valores menores a 10°C en las partes altas de la Cordillera de Talamanca.

Específicamente en lo que se refiere a la subcuenca del río Sarají se utilizaron los datos promedios mensuales de precipitación de un período de 16 años de registro (1970 - 1986) de la estación pluviográfica Ujarrás 098018 del Instituto Costarricense de Electricidad.

De acuerdo con los datos de precipitación promedio mensual, en el área existen 2 períodos muy definidos, acentuándose el período seco en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo con datos inferiores a los 100 mm., o sea menos de un 5% de la precipitación anual (Cuadro 2), y un período lluvioso que se inicia en abril (mes de transición entre ambos períodos) con 241.9 mm., o sea 7.5% de la precipitación total anual.

En el mes de mayo la precipitación aumenta considerablemente alcanzando 469.2 mm. o sea un valor de 13.87% de la precipitación total.

Posteriormente en los meses de junio (358.37 mm.), julio (265.55 mm.) y agosto (416.0 mm.) la precipitación disminuye. Esto obedece a la presencia del veranillo de San Juan (Fig. 1).

En setiembre la precipitación aumenta a 497.28 mm. o sea un 14.70% de la precipitación total anual.

En el mes de octubre se producen las mayores precipitaciones alcanzando un valor de 602.71 mm. o sea un 17.82% de la precipitación anual.

Siendo entonces los meses de mayo, setiembre y octubre donde se producen los mayores montos de precipitación.

CUADRO N° 2
ESTACION UJARRAS 525 m.s.n.m.
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL
PERIODO 1970 - 1986

MESES	PRECIPITACION PROMEDIO	VALORES DE PRECIPITACION	DESVIACION ESTANDAR	DATO MENSUAL (ATLAS CLIMATOLOGICO)
Enero	48.6 mms.	1.43%	68.78	50-100 mms.
Febrero	51.7 mms.	1.52%	50.48	50-100 mms.
Marzo	94.3 mms.	2.18%	76.00	50-100 mms.
Abril	241.9 mms.	7.15%	128.71	200-250 mms.
Mayo	469.20 mms.	13.87%	168.21	300-400 mms.
Junio	358.37 mms.	10.59%	132.75	300-400 mms.
Julio	265.55 mms.	7.85%	119.48	250-300 mms.
Agosto	416.06 mms.	12.30%	195.11	400-500 mms.
Setiembre	497.28 mms.	14.70%	166.22	400-500 mms.
Octubre	602.71 mms.	17.82%	162.01	500-600 mms.
Noviembre	277.59 mms.	8.19%	42.03	250-300 mms.
Diciembre	58.55 mms.	1.73%	48.78	-150 mms.

En noviembre (mes de transición entre ambos períodos) las precipitaciones disminuyen a un 8.19% para dar paso al período seco.

TEMPERATURA Y EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL

Con respecto del comportamiento de las temperaturas en los meses del período lluvioso éste es muy homogéneo tanto en las temperaturas máximas, mínimas y medias.

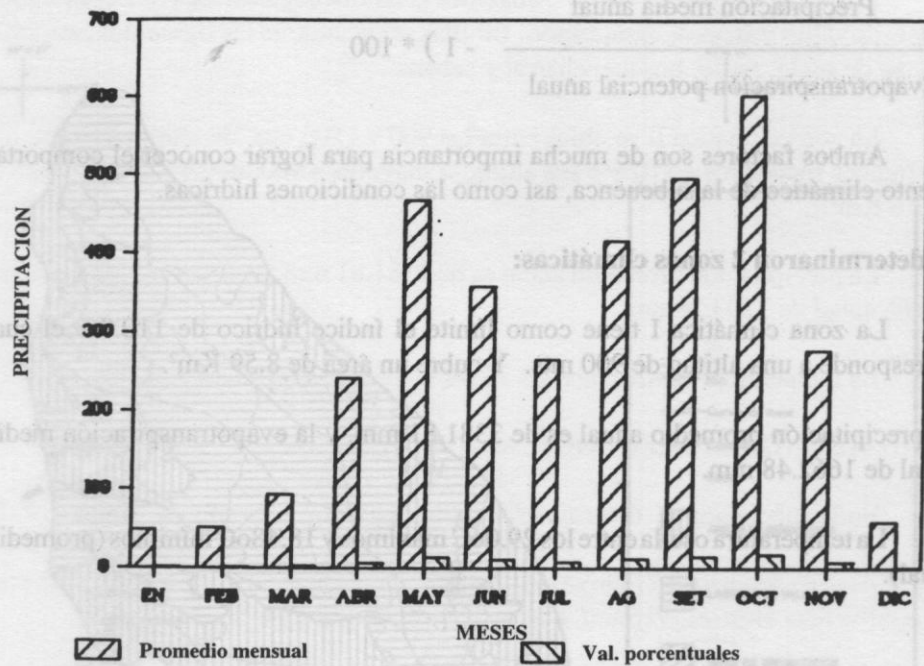


FIGURA N° 1
PRECIPITACION PROMEDIO MENSUAL.
ESTACION UJARRAS. PERIODO 1979-1986.

Específicamente en la subcuenca las máximas temperaturas se presentan en los meses de enero, febrero y marzo los cuales corresponden al período seco.

Las temperaturas mínimas se registran en los meses del período lluvioso, julio, agosto y setiembre.

En general las temperaturas en la subcuenca oscilan entre los 27oC máximo y los 16.80oC mínimos (promedio mensual). La temperatura promedio es de 22oC (Fig.2).

La evapotranspiración potencial promedio anual de la subcuenca es de 131.84 mm.

INDICE HIDRICO Y ZONAS CLIMATICAS

Para determinar las zonas climáticas fue necesario calcular el índice hídrico según Thornthwaite (Herrera, 1985). Mediante la siguiente fórmula:

$$\left(\frac{\text{Precipitación media anual}}{\text{Evapotranspiración potencial anual}} - 1 \right) * 100$$

Ambos factores son de mucha importancia para lograr conocer el comportamiento climático de la subcuenca, así como las condiciones hídricas.

Se determinaron 2 zonas climáticas:

La zona climática I tiene como límite el índice hídrico de 110.0% el cual corresponde a una altitud de 900 mts. Y cubre un área de 8.59 Km².

La precipitación promedio anual es de 3381.81 mm. y la evapotranspiración media anual de 1662.48 mm.

La temperatura oscila entre los 29.0oC máximos y 18.48oC mínimos (promedio anual).

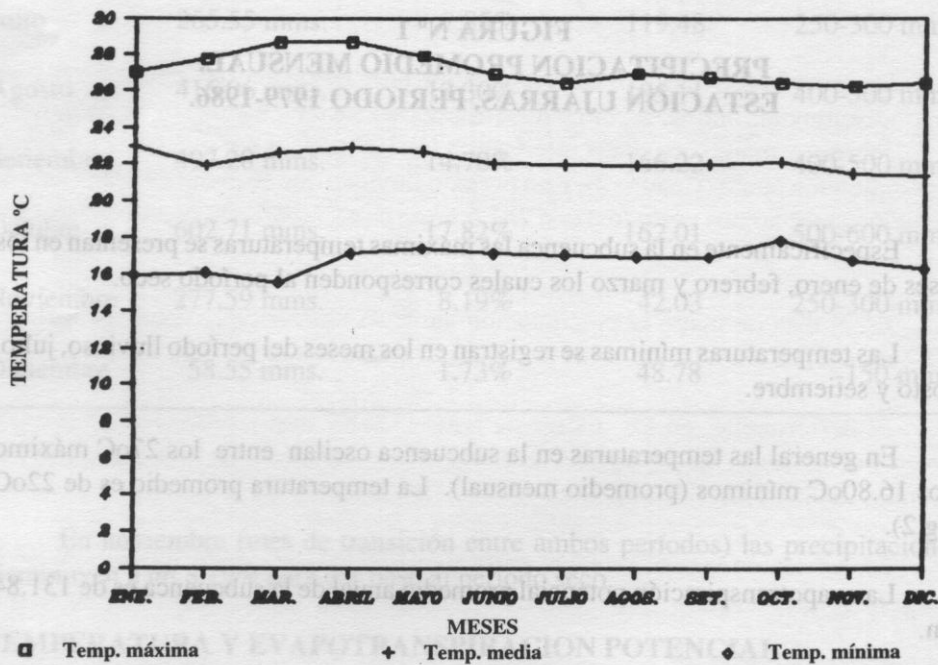
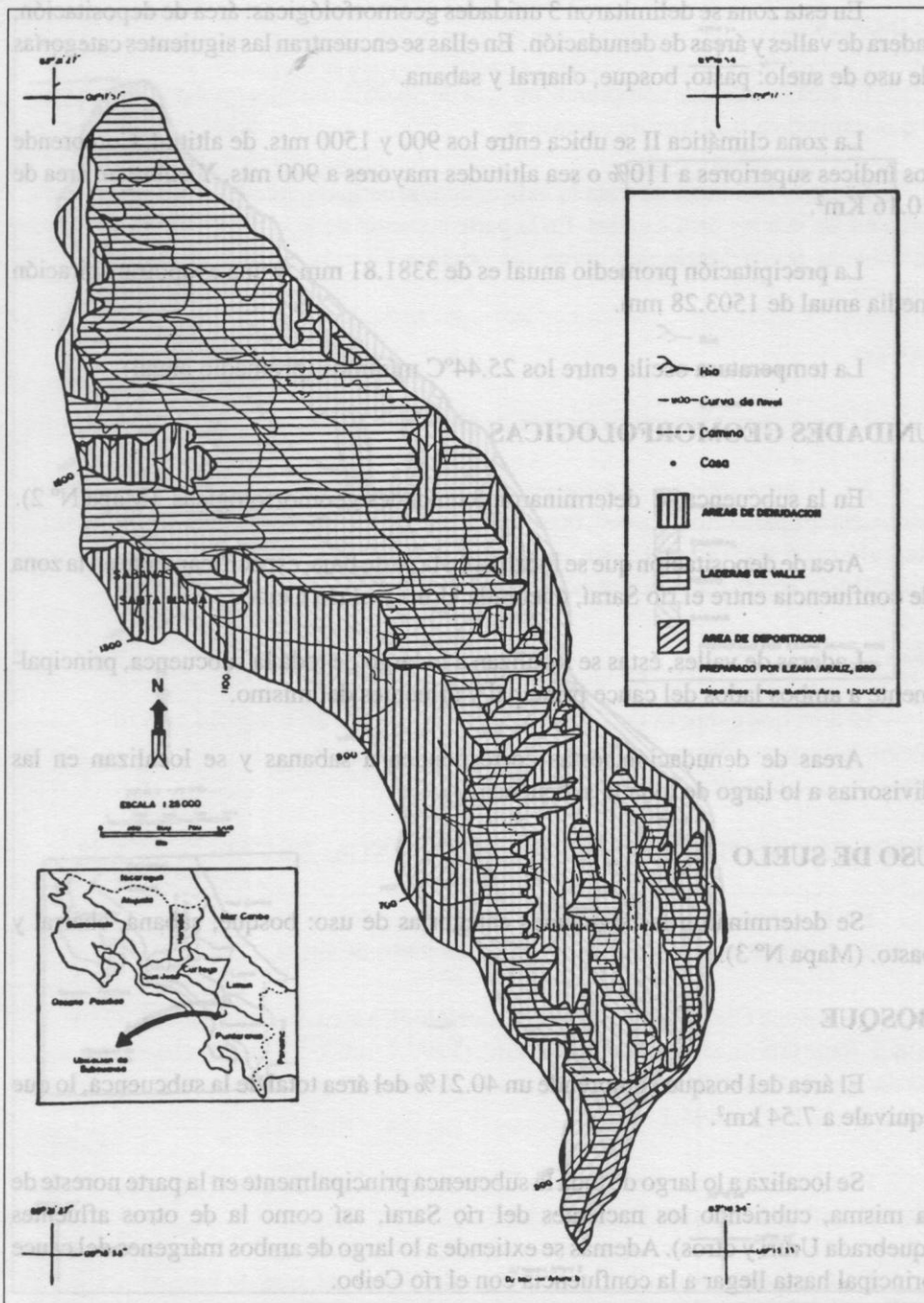


FIGURA N° 2
TEMPERATURAS MAXIMAS, MEDIAS Y MINIMAS.
SUBCUENCA DEL RIO SARAI.



El bosque es formado principalmente por las siguientes especies: Roble, Cedro, Amargo, Cedro Blanco, Agave, etc. La altura de estas variaciones de las raíces tiene un promedio de 300 cm.

MAPA N° 2
UNIDADES GEOMORFOLOGICAS.
SUBCUENCA RIO SARAI.

En esta zona se delimitaron 3 unidades geomorfológicas: área de depositación, ladera de valles y áreas de denudación. En ellas se encuentran las siguientes categorías de uso de suelo: pasto, bosque, charral y sabana.

La zona climática II se ubica entre los 900 y 1500 mts. de altitud. Comprende los índices superiores a 110% o sea altitudes mayores a 900 mts. Y cubre un área de 10.16 Km².

La precipitación promedio anual es de 3381.81 mm. y una evapotranspiración media anual de 1503.28 mm.

La temperatura oscila entre los 25.44°C mínimos (promedio anual).

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

En la subcuenca se determinaron 3 unidades geomorfológicas. (Mapa N° 2).

Área de depositación que se localiza en la parte baja, específicamente en la zona de confluencia entre el río Saraí, quebrada Ururi y el río Ceibo.

Laderas de valles, éstas se localizan a lo largo de toda la subcuenca, principalmente a ambos lados del cauce principal y afluentes del mismo.

Áreas de denudación, éstas corresponden a sabanas y se localizan en las divisorias a lo largo de toda la subcuenca.

USO DE SUELO

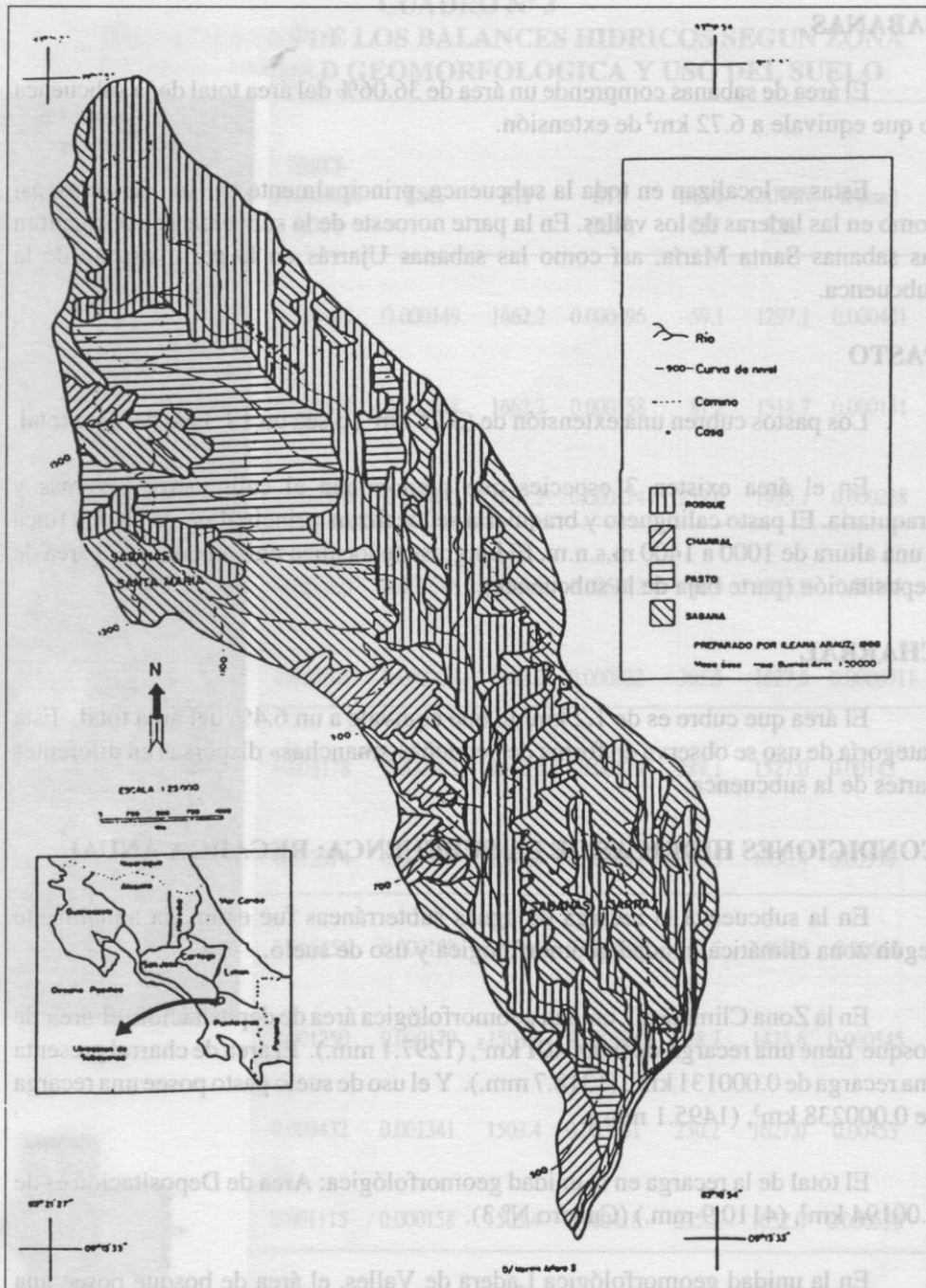
Se determinaron las siguientes categorías de uso: bosque, sabana, charral y pasto. (Mapa N° 3).

BOSQUE

El área del bosque comprende un 40.21% del área total de la subcuenca, lo que equivale a 7.54 km².

Se localiza a lo largo de toda la subcuenca principalmente en la parte noreste de la misma, cubriendo los nacientes del río Saraí, así como la de otros afluentes (quebrada Ururi y otros). Además se extiende a lo largo de ambos márgenes del cauce principal hasta llegar a la confluencia con el río Ceibo.

El bosque es formado principalmente por los siguientes árboles: Roble, Cedro Amargo, Cedro Blanco, Cristóbal, María, Roblecillo, Espavel, Lagarto Amarillo, etc. La altura de éstos, varía entre los 10 y 30 mts. de altura. La profundidad de las raíces tiene un promedio de 200 cms.



MAPA N°3
USO DEL SUELO.
SUBCUENCA RIO SARAI. 1988.

SABANAS

El área de sabanas comprende un área de 36.06% del área total de la subcuenca lo que equivale a 6.72 km² de extensión.

Estas se localizan en toda la subcuenca, principalmente en las divisorias, así como en las laderas de los valles. En la parte noroeste de la subcuenca se encuentran las sabanas Santa María, así como las sabanas Ujarrás en la parte sureste de la subcuenca.

PASTO

Los pastos cubren una extensión de (3.25 km²), o sea un 17.33% del área total.

En el área existen 3 especies que predominan el calingüero, kingrass y braquiaria. El pasto calingüero y braquiaria se localizan principalmente en una finca a una altura de 1000 a 1400 m.s.n.m. El kingrass se localiza únicamente en el área de depositación (parte baja de la subcuenca).

CHARRAL

El área que cubre es de 1.2 km² lo que equivale a un 6.4% del área total. Esta categoría de uso se observa en forma de pequeñas «manchas» dispersas en diferentes partes de la subcuenca.

CONDICIONES HIDRICAS DE LA SUBCUENCA: RECARGA ANUAL

En la subcuenca la recarga de aguas subterráneas fue estimada anualmente según zona climática, unidad geomorfológica y uso de suelo.

En la Zona Climática I, unidad geomorfológica área de depositación, el área de bosque tiene una recarga de 0.000401 km³, (1297.1 mm.). El área de charral presenta una recarga de 0.000131 km³, (1318.7 mm.). Y el uso de suelo pasto posee una recarga de 0.000238 km³, (1495.1 mm.).

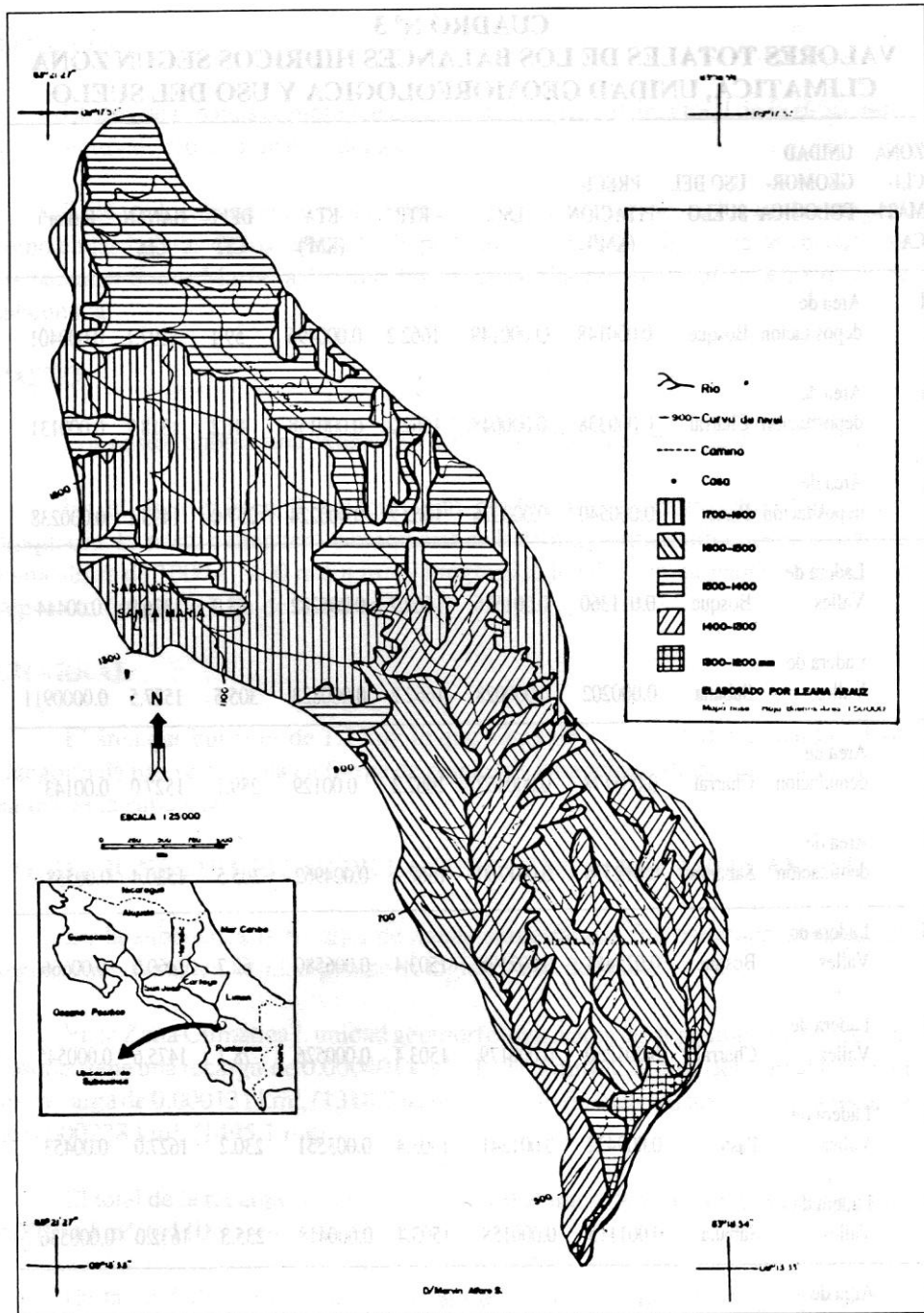
El total de la recarga en la unidad geomorfológica: Área de Depositación es de 0.00194 km³, (4110.9 mm.) (Cuadro N° 3).

En la unidad geomorfológica Ladera de Valles, el área de bosque posee una recarga de 0.00444 km³, (1326.9 mm.), y el área de sabana tiene una recarga de 0.0000911 km³, (1527.5 mm.).

La recarga de aguas subterráneas en esta unidad es de 0.0045 km³, (2854.4 mm.).

CUADRO N° 3
VALORES TOTALES DE LOS BALANCES HIDRICOS SEGUN ZONA CLIMATICA, UNIDAD GEOMORFOLOGICA Y USO DEL SUELO

ZONA CLIMATICA	UNIDAD GEOMORFOLOGICA	USO DEL SUELO	PRECIPITACION (KM³)	ESC.	ETP	ETA (KM³)	DEFICIT	GANANCIA	R (km³)
I	Area de depositación	Bosque	0.000148	0.000149	1662.2	0.000496	59.1	1297.1	0.000401
I	Area de depositación	Charral	0.000338	0.000048	1662.2	0.000158	81.2	1318.7	0.000131
I	Area de depositación	Pasto	0.000540	0.000076	1662.2	0.000224	257.0	1495.1	0.000238
I	Ladera de Valles	Bosque	0.011360	0.001616	1662.2	0.005282	88.9	1326.9	0.00444
I	Ladera de Valles	Sabana	0.000202	0.000028	1662.2	0.000823	305.5	1527.5	0.0000911
I	Area de denudación	Charral	0.003178	0.000452	1662.2	0.00129	289.1	1527.0	0.00143
I	Area de denudación	Sabanas	0.012374	0.001760	1662.2	0.004962	305.5	1530.4	0.00558
II	Ladera de Valles	Bosque	0.015451	0.002198	1503.4	0.006580	62.7	1460.0	0.00666
II	Ladera de Valles	Charral	0.001250	0.000179	1503.4	0.000526	78.7	1475.6	0.000545
II	Ladera de Valles	Pasto	0.009432	0.001341	1503.4	0.003551	230.2	1627.0	0.00453
II	Ladera de Valles	Sabana	0.001115	0.000158	1503.4	0.000418	235.3	1632.0	0.000536
II	Area de denudación	Sabana	0.007100	0.001010	1503.4	0.002656	238.0	1635.4	0.00343
TOTAL (km³)			0.0639	0.00915		0.02696			0.0280



MAPA N° 4
DISTRIBUCION DE LA RECARGA ANUAL, MM. 1989.
SUBCUENCA RIO SARAI.

Con respecto de la unidad geomorfológica área de denudación, el uso de suelo charral posee una recarga de 0.00143 km^3 , (1527.0 mm.), y el área de sabana presenta una recarga de 0.00558 km^3 , (1530.4 mm.).

Esta unidad presenta una recarga total de 0.00701 km^3 , (3054.5 mm.) (Cuadro N° 3).

En la Zona Climática II unidad geomorfológica Ladera de Valles, el bosque presenta una recarga de 0.00666 km^3 , (1460.0 mm.). El área de charral posee una recarga de 0.000545 km^3 , (1457.6 mm.), y el área de sabana una recarga de 0.000536 km^3 , (1632.0 mm.). Esta unidad presenta una recarga total de 0.0122 km^3 , (6194.2 mm.).

En la Unidad Geomorfológica área de denudación, el uso de suelo sabana presenta una recarga de 0.00343 km^3 , (1635.4 mm.).

La recarga de aguas subterráneas varía en un mismo uso del suelo, esta oscila entre los 1200 y 1700 mm. anuales en toda la subcuenca. (Mapa N° 4).

Las áreas cubiertas por sabana y pasto tanto en la parte alta y baja de la subcuenca aportan la mayor recarga. (1600-1700 mm.). Las cubiertas por los usos charral y bosque aportan la menor recarga de aguas subterráneas (1200-1300 mm.).

En general, la magnitud y duración temporal de la recarga en la subcuenca varía de acuerdo con el tipo de vegetación y profundidad de raíces.

CONCLUSIONES

En el caso de las áreas cubiertas por bosque y charral presentan un comportamiento similar, ambos poseen raíces más largas que el pasto y sabana lo que les facilita extraer mayor cantidad de agua de capas más profundas, lo cual contribuye a que aporten menor cantidad de agua a la recarga ya que necesitan mayor cantidad para su sobrevivencia.

Mientras que el pasto y sabana poseen una profundidad de raíces mucho menor, por lo tanto necesitan menos cantidad de agua para sobrevivir, generando mayor recarga a los acuíferos de la subcuenca.

Es importante mencionar que el pasto y sabana empiezan a generar recarga a partir del mes de abril hasta noviembre, mientras que el bosque y charral necesitan más tiempo para empezar a aportar recarga a la subcuenca.

El comportamiento de algunos parámetros del balance hídrico como déficit,

ganancia y lámina de agua disponible varían en un mismo uso de suelo, aportando a la vez distintas cantidades de agua para la recarga.

RECOMENDACIONES Y LIMITACIONES

La subcuenca del río Saraní de acuerdo con los factores físicos analizados reúne las condiciones óptimas de disponibilidad de aguas que pueden ser aprovechables para ser utilizadas como fuente de agua potable para la ciudad de Buenos Aires.

Sin embargo se requiere de la protección inmediata por lo menos de la parte alta de la subcuenca donde se localizan la mayor parte de las nacientes que dan origen al río Saraní. Así como de las franjas de vegetación que se encuentran a lo largo del río principal y sus afluentes.

Se debe evitar la ganadería extensiva en áreas de fuertes pendientes, con el fin de disminuir el pisoteo del ganado y por consiguiente evitar la degradación del suelo. Así como la turbidez de las aguas lo cual dificulta el funcionamiento normal de la planta de tratamiento del acueducto.

Con respecto de las limitaciones, en los datos de precipitación se utilizaron únicamente los de la estación pluviográfica Ujarrás, ya que no existe ninguna otra estación cercana a la subcuenca. Por lo que se utilizaron los mismos datos de precipitación promedio mensual para toda la subcuenca, lo cual podría estar subestimando la precipitación en la parte alta de la misma. Al no existir datos térmicos en el área de estudio fue necesario utilizar el método de las alturas tomando como base los datos de la estación La Piñera para su comprobación.

Actualmente existen lugares en las diferentes regiones del país que no cuentan con información sobre (precipitación temperatura, evapotranspiración potencial, etc.). En este caso la subcuenca del río Saraní para la cual fue necesario emplear datos de estaciones cercanas a la misma.

BIBLIOGRAFIA

- Bergoing, J. P. «**GEOMORFOLOGIA -AREA DEL CANTON DE BUENOS AIRES, PROVINCIA DE PUNTARENAS**». UCR - MOPT 1977.
- Chan, M. «**INFLUENCIA CLIMATICA DE LAS DEPRESIONES EN LA SIERRA VOLCANICA CENTRAL, DEPRESION LA PALMA, CUENCA DEL RIO PARA**, 1988.
- David, S. et al. **HIDROGEOLOGIA**. Ediciones Ariel. Barcelona, España. 1971. 563 pp.
- Donahue, R. L. «**INTRODUCCION A LOS SUELOS Y CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS**». Editorial Prentice Hall International 1981. 624 pp.
- Hernando, L. «**BALANCE HIDRICO DE LA CUENCA DEL RIO POAS**». Tesis. Heredia, Costa Rica. 1988. 160 pp.
- Hargreaves, G. H. **CLIMATE AND TRIRD WORLD AGRICULTURAL**. En: Revista Interciencia. Vol. 6. Caracas, Venezuela, Julio-Agosto 1981. pp. 234-238.
- Herrera, W. **ANALISIS CLIMATICO DE SIETE VARIANTES DEL BALANCE HIDRICO APLICADO A COSTA RICA**. Tesis Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 1988. 298 pp.
- Herrera, W. **CLIMA DE COSTA RICA**, EUNED. San José, Costa Rica, 1985. 118 pp.
- ICE. **BOLETIN HIDROLOGICO. OFICINA DE HIDROLOGIA**. San José, Costa Rica. 1984. 250 pp.
- I.G.N. **HOJA TOPOGRAFICA -BUENOS AIRES 3543 IV**. Escala 1:50.000. San José, Costa Rica
- Murcia, A. **AGUAS SUBTERRANEAS, PROSPECCION Y ALUMBRAMIENTO PARA RIEGOS**. I edición. 1976
- Strahler, A. **GEOGRAFIA FISICA**: 5ta. edición. Barcelona. Editorial Omega, 1981. 767 pp.
- Thornthwaite C. W. and Mather, J. R. 1957. **INTRODUCTIONS AND TABLES FOR COMPUTING POTENCIAL EVAPOTRANSPIRATION AND THE WATER BALANCE**. Drexel Institute Climatology. Publications in climatology. Vol. X, #3. Third printing, New Jersey.

RESUMEN

En muchas poblaciones de Costa Rica existen problemas de abastecimiento de

Wilberth Herrera
Consultor en Hidrología Aplicada y Climatología,
Asistente de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional.