

ANÁLISIS DE LOS RECURSOS HIDRÍCOS EN LA CUENCA DEL RÍO TIBÁS

Wilberth Herrera¹

Gonzalo Hernández²

RESUMEN

El problema del desabastecimiento periódico de agua potable, afecta a la población de San Isidro de Heredia desde hace un par de décadas aproximadamente. El análisis del potencial hidrológico del río Tibás, por medio de una metodología denominada «Evaluación indirecta de los recursos hídricos», demuestra que este río ubicado al norte de San Isidro de Heredia, posee suficiente caudal durante todo el año, como para solventar parcial o totalmente, el problema del agua en este asentamiento.

INTRODUCCION

En muchas poblaciones de Costa Rica existen problemas de abastecimiento de

1 Geógrafo Físico. Consultor en Hidrología Aplicada y Climatología.

2 Docente de la Escuela de Ciencias Geográficas. Universidad Nacional.

agua; varias pueden ser las causas, pero a veces resulta paradójico que ciertas comunidades situadas en zonas muy lluviosas con riachuelos y ríos permanentes padecen déficit de agua potable, un ejemplo de este caso, es el del cantón de San Isidro de Heredia.

El empleo de una metodología denominada Evaluación Indirecta de los Recursos Hidráulicos, puede contribuir a la realización de estudios preliminares sobre la riqueza potencial de recursos fluviales en cuencas sin registros de aforo y con limitada información climatológica. Esta técnica puede convertirse en alternativa para la medición del potencial hidrológico de una cuenca.

Esta metodología de evaluación indirecta ha sido aplicada en esta investigación para calcular si el caudal de la microcuenca del río Tibás es insuficiente para solventar, en parte o totalmente la crisis de agua potable que afecta la comunidad del cantón de San Isidro en la provincia de Heredia.

La información obtenida, en forma preliminar no es suficiente para diseñar obras de ingeniería, pero si fundamental, pues indica si se debe o no continuar con estudios más detallados. Su importancia radica en que puede aplicarse a cualquier cuenca, aunque no se disponga en el momento de los datos de aforo necesarios. De esta manera se puede conocer mejor la potencialidad de nuestros recursos hídricos y su papel en la explotación sostenida del recurso agua.

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Las comunidades del cantón de San Isidro de Heredia, especialmente el centro urbano, han experimentado durante más de dos décadas serios problemas con el abastecimiento de agua potable, sobre todo en la época seca. Esta situación es paradójica si tenemos en cuenta que al norte del cantón, en las laderas de los volcanes Barva y Zurquí existe una red hidrográfica cuyas aguas deberían ser aprovechadas para abastecer las comunidades de San Isidro del vital líquido. Antes de cuestionarse del por qué de esta situación, es necesario conocer si estas cuencas hidrográficas realmente poseen condiciones hidrológicas importantes como para construir en ellas obras de captación; hasta el momento no existen estudios al respecto y mucho menos estaciones de aforo que permitan tener un conocimiento bien fundamentado sobre el caudal de estos ríos. Conocidos el o los problemas, se ha establecido en esta investigación la hipótesis y los objetivos que a continuación se detallan.

HIPOTESIS

El río Tibás en el punto altimétrico de los 1660 m.s.n.m, transporta suficiente caudal durante todo el año como para solventar las necesidades de agua de los 8528 habitantes del cantón de San Isidro de Heredia.

OBJETIVOS

Determinar si las necesidades de agua potable de la comunidad del cantón de San Isidro de Heredia, pueden ser solventadas por el caudal del río Tibás.

Aplicar el método de Evaluación Indirecta de los Recursos Hidráulicos, en una cuenca con información hidroclimatológica limitada, el caso de la cuenca del río Tibás.

Determinar las condiciones climatológicas y el balance hidrológico en la cuenca alta del río Tibás.

I. INFORMACION GENERAL

1. Cuenca en estudio

El área de estudio comprende la cuenca superior del río Tibás, entre los 1660 m.s.n.m., de altitud, se ha escogido éste ya que la misma posee características hidrográficas y geomorfológicas representativas de las otras cuencas existentes en la zona.

La posición geográfica media es de:

10° 04' 15" Norte y

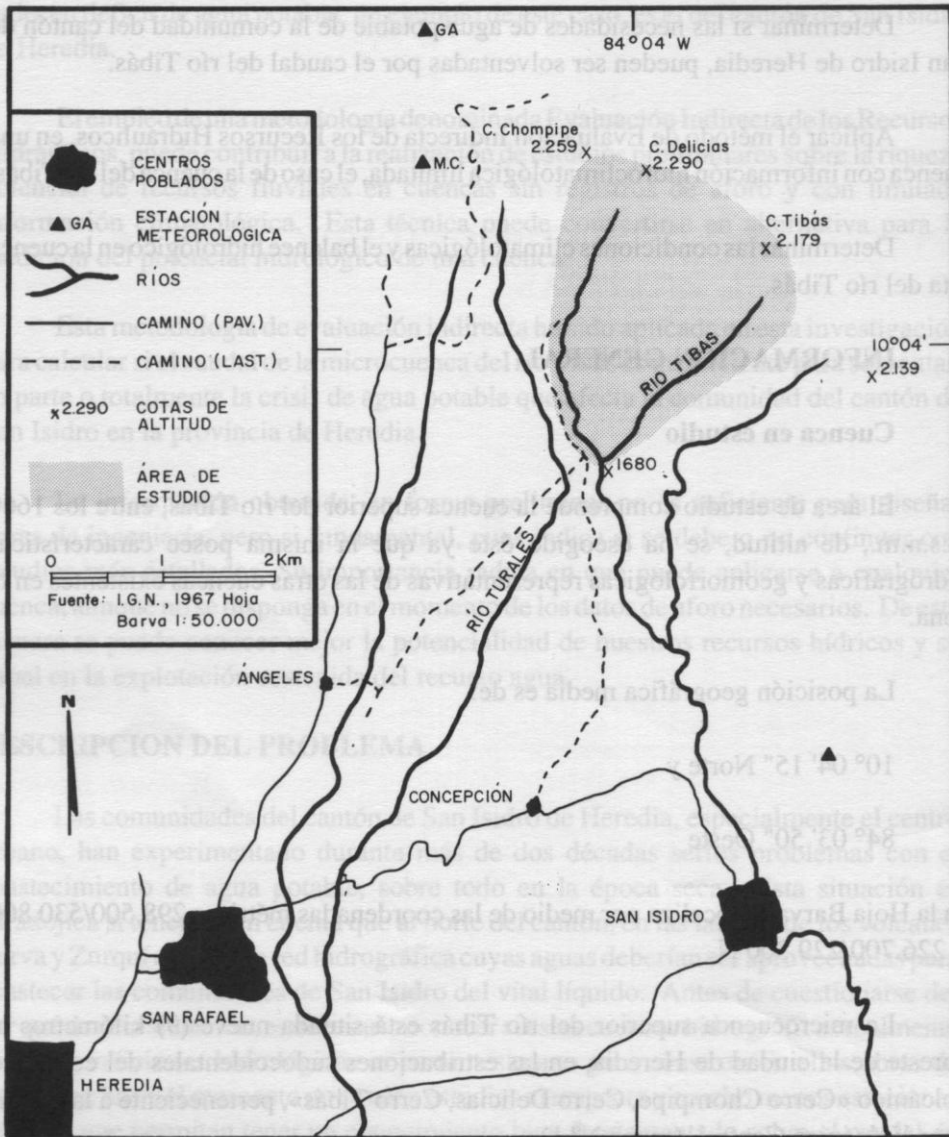
84° 03' 50" Oeste

en la Hoja Barva se localiza por medio de las coordenadas métricas 298.500/530.800 E 226.700/229.300 N

La microcuenca superior del río Tibás está situada nueve (9) kilómetros al noreste de la ciudad de Heredia, en las estribaciones sudoccidentales del complejo volcánico «Cerro Chompipe, Cerro Delicias, Cerro Tibás», perteneciente a la Cordillera Volcánica Central. (mapa N° 1).

Las aguas de este pequeño curso fluvial son transparentes, limpias y potables hasta los 1600 m.s.n.m. de altitud, hacia abajo, la contaminación humana enturbia las aguas del mismo.

En la altitud de 1660 m.s.n.m., existe una pequeña presa y toma de agua para abastecer en parte las necesidades de agua del cantón de San Rafael, provincia de Heredia.



MAPA N° 1

II. CONDICIONES BIOFISICAS DE LA CUENCA

2.1. Superficie

Esta investigación se concreta a la parte alta del río Tibás, entre los 1660 m.s.n.m y 2290 m.s.n.m. La microcuenca abarca una extensión de 4,38 km², drenados por dos pequeños causes de primero y segundo orden, los cuales recorren aproximadamente dos kilómetros hasta concluir cerca de los 1660 m.s.n.m.

2.2 Geomorfología

La microcuenca presenta un estado juvenil modelado en un relieve volcánico del período Pleistoceno, donde predominan fuertes pendientes y pequeños valles en «V».

El talweg del curso principal no sobrepasa los 12 m., pero muestra un alto índice de rugosidad (pedregosidad) y potentes taludes de erosión.

En el curso principal y en las pequeñas quebradas, a veces intermitentes, se observan grandes bloques de rocas que no están en relación con el exiguo caudal actual. Lo cual hace suponer que en otras épocas han bajado grandes avalanchas producto de precipitaciones excepcionales en las empinadas laderas del Cerro Tibás.

En la zona oriental el suelo es profundo, y se aprecian depósitos laháricos que esporádicamente atenúan las fuertes pendientes.

En la zona occidental, en cambio, los suelos son delgados, y en algunos casos son substituidos por una pequeña colada de lava en bloques que interceptó en parte el curso del río.

Las pendientes dominantes oscilan de 10° a 20° en las partes más suaves y de 30° a 50° en los puntos más empinados. Esto contribuye significativamente en el balance hídrico de la cuenca, ya que a mayor pendiente se pierde más fácilmente el agua de lluvia por escorrentía y difícilmente se infiltra para aflorar en los meses secos.

2.3 Uso actual del suelo

En la microcuenca superior del río Tibás se presentan tres patrones de uso de la tierra:

Pastos

Charrales

Bosques

Entre los 1660 m.s.n.m. y 2000 m.s.n.m. el bosque ha sido removido para dar lugar a los pastos dedicados a la ganadería de leche. Más arriba de los 2000 m.s.n.m., la microcuenca presenta un bosque denso, algunas veces intervenido (charrales). Este bosque es de tipo nuboso. De acuerdo con el mapa de investigación de Costa Rica, se le clasifica como «Bosque lluvioso/tropical/subtropical montano. Se caracteriza por la diversidad de palmas, helechos arborecentes y formas diversas de sotobosque y de espífitas. También es abundante en carrizales de bambú. Este bosque forma parte del territorio meridional del Parque Nacional Braulio Carrillo.

La cobertura boscosa en la divisoria de agua tiene un importante papel en el ciclo hidrológico de la cuenca, dado que resulta la caída violenta de la lluvia, e intercepta la humedad producto de nieblas orográficas (intercepción horizontal).

Dentro de la cuenca únicamente se localiza una vivienda, y no hay prácticas agrícolas. Lo cual contribuye a mantener en parte limpias las aguas de los cortos cursos fluviales.

2.4 Régimen climático

Por su situación geográfica, la cuenca alta del río Tibás está sujeta a la interacción de sistemas de viento del Mar Caribe y del Océano Pacífico. Los vientos alisios de dirección noreste, provenientes del Mar Caribe incursionan constantemente, aportando nubosidad y lluvias abundantes y persistentes, especialmente sobre los 2000 m.s.n.m. de altitud. Por esta razón no se puede hablar de una estación seca sobre los 2000 m.s.n.m., esta cuenca y en otras del Valle Central situadas al pie de la Cordillera Volcánica Central.

Por debajo de los 2000 m.s.n.m., también incursionan vientos alisios, pero como sistemas secos, casi sin aporte de humedad. Cuando la velocidad del alisio disminuye, especialmente en el período mayo-noviembre, incursionan vientos del Pacífico con dirección sur y suroeste. Estos sistemas de viento transportan abundante nubosidad y lluvias torrenciales en general para toda la cuenca, aunque con mayor intensidad en las partes bajas. Estos vientos, denominados oeste ecuatoriales se debilitan al fortalecerse los sistemas anticiclónicos del Hemisferio Norte. Esto ocurre desde mediados de noviembre hasta abril. Por esta razón, las partes bajas de la zona de estudio experimentan problemas de déficit de humedad en el suelo.

La escorrentía aportada por las quebradas en este período seco procede de la infiltración de agua en el año y de las lluvias orográficas interceptadas por la vegetación en las partes altas, al paso de sistemas nubosos transportados por el flujo alisio.

El caudal del río varía bruscamente según el sistema de vientos imperantes, desde un 3,5% en marzo hasta un 18,7% en el mes de octubre.

De acuerdo con el Mapa Climático de Costa Rica (Herrera, 1985), esta microcuenca presenta un clima denominado: «Clima muy húmedo templado, con un déficit pequeño de agua».

Este tipo de clima muestra las siguientes características:

Precipitación	2300 mm.	-	5100 mm.
Temperatura	12° C	-	15° C
Evapotrans. potencial	1140	-	1275 mm.
Índice de aridez:	0	-	10%

Si bien este grupo climático presenta algún déficit pequeño de agua, en otras ocasiones no ocurre déficit de humedad, tal es el caso de altitudes superiores a 2000 m.s.n.m., en el río Tibás.

2.4.1 Precipitación

Dentro de la zona de estudio no existe ninguna estación climatológica. Por tanto, la información que se brinda es extrapolada de estaciones vecinas, en igualdad de condiciones climáticas y de relieve.

Para analizar el comportamiento de la lluvia en la parte baja, se dispone de la información estadística de la estación Monte de la Cruz. Para la parte alta se dispone información de la estación Gallito, situada a más de 2000 m.s.n.m. de altitud y 3,5 km. al nordeste del área estudiada.

En el cuadro N° 1 y N° 2 se muestran los valores acumulados mensuales de precipitación en las Estaciones Monte de la Cruz y Gallito.

De acuerdo con esta información, en las partes bajas, la precipitación media anual es de 3000 mm. Esta se incrementa con la altitud, hasta alcanzar montos cercanos a 3500 mm. en la divisoria. Los meses de menor actividad pluvial son febrero y marzo, con totales inferiores a 80 mm., y los meses más lluviosos suelen ser setiembre y octubre, con montos superiores a los 400 mm.

2.4.2 Temperaturas

En el área de estudio las temperaturas estimadas por correlación (fórmula No 1) varían en promedio anual desde los 16°, 5°C en los 1660 m. hasta los 13°C en la di-

visoria de aguas del Cerro Delicias. El gradiente adiabático húmedo es de 5,6°C/100 m. de elevación, por lo cual la variación altitudinal es la siguiente:

Cuadro N° 1
GRADIENTE ADIABATICO
CUENCA RIO TIBAS

Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura Media anual °C
1700	16,3°
1880	15,3°
2050	14,4°
2224	13,4°
2290	13,0°

FUENTE: Instituto Meteorológico Nacional, 1985.

La temperatura media anual de la cuenca es de 15,3° C; la distribución anual mensual es la siguiente:

Cuadro N° 2
TEMPERATURA MEDIA ANUAL
CUENCA RIO TIBAS

MES	TEMP MAX.	TEMP. MIN.	TEMP MED.
Enero	18,7°	10,2°	14,4°
Febrero	19,4°	10,8°	14,7°
Marzo	20,4°	10,4°	15,4°
Abril	20,6°	10,9°	15,7°
Mayo	20,3°	11,7°	16,0°
Junio	19,7°	11,9°	15,8°
Julio	19,4°	11,6°	15,5°
Agosto	19,4°	11,6°	16,3°
Setiembre	19,6°	11,6°	15,6°
Octubre	19,4°	11,7°	15,5°
Noviembre	18,4°	11,4°	14,9°
Diciembre	18,2°	10,7°	14,5°
	19,5°	11,1°	15,3°

FUENTE: Instituto Meteorológico Nacional, 1985

2.4.3 Balance hídrico

La aplicación de un balance hídrico en esta microcuenca presenta dos variantes: arriba de los 2000 m.s.n.m. de altitud, el suelo permanece húmedo todo el año, con lo cual no se puede hablar de déficit de tiempo de derrames de nubosidad del Caribe, razón por la cual experimentan déficit de agua de enero a abril. En la figura N° 1 se muestra el balance hídrico promedio de la cuenca del río Tibás (1660-2290 m.). Se concluye que:

- Los suelos están saturados de humedad durante los meses de junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre (7 meses).
- La insuficiencia de las lluvias obliga a la vegetación a extraer humedad del suelo durante febrero y marzo.

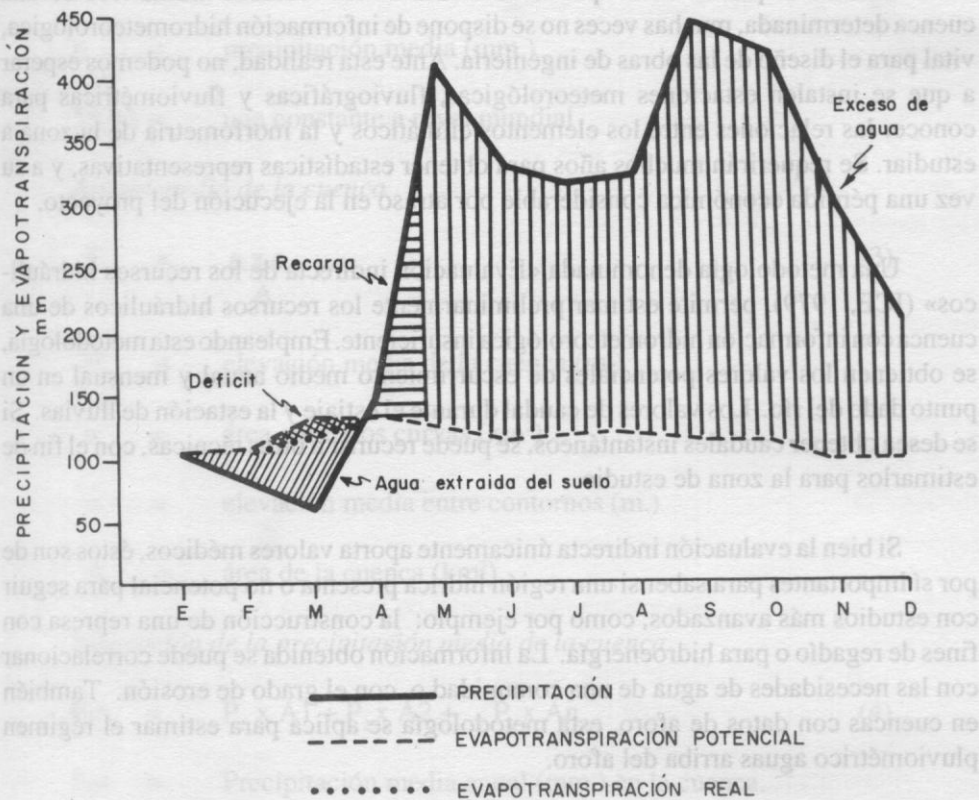


Fig. 1
BALANCE HIDRICO MEDIO
CUENCA SUPERIOR DEL RIO TIBAS

- c. La humedad es insuficiente durante estos meses y sobreviene el déficit de agua para la vegetación de rizosfera poco profunda (< 1m.)
- d. Los suelos comienzan a recargarse de humedad en abril y mayo.
- e. Antes de finalizar mayo, ya comienza a presentarse el exceso de agua, el cual se comporta como encharcamientos, infiltración o escorrentía superficial.
- f. Si se aplica un balance a la parte alta, se observaría prácticamente excesos de agua todo el año, con una merma cuantitativa de enero a abril.

III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN INDIRECTA DE LOS RECURSOS HIDRÁULICOS

3.1 Modelo precipitación escorrentía

Cuando se piensa en el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de una cuenca determinada, muchas veces no se dispone de información hidrometeorológica, vital para el diseño de las obras de ingeniería. Ante esta realidad, no podemos esperar a que se instalen estaciones meteorológicas, pluviométricas y pluviométricas para conocer las relaciones entre los elementos climáticos y la morfometría de la zona a estudiar. Se requerirán muchos años para obtener estadísticas representativas, y a su vez una pérdida económica considerable por atraso en la ejecución del proyecto.

Una metodología denominada «Evaluación indirecta de los recursos hidráulicos» (ICE, 1979), permite estimar preliminarmente los recursos hidráulicos de una cuenca con información hidrometeorológica insuficiente. Empleando esta metodología, se obtienen los valores potenciales de escurrimiento medio anual y mensual en un punto dado del río. Los valores de caudal durante el estiaje y la estación de lluvias. Si se desea obtener caudales instantáneos, se puede recurrir a otras técnicas, con el fin de estimarlos para la zona de estudio.

Si bien la evaluación indirecta únicamente aporta valores médicos, éstos son de por sí importantes para saber si una región hídrica presenta o no potencial para seguir con estudios más avanzados; como por ejemplo: la construcción de una represa con fines de riego o para hidroenergía. La información obtenida se puede correlacionar con las necesidades de agua de una comunidad o, con el grado de erosión. También en cuencas con datos de aforo, esta metodología se aplica para estimar el régimen pluviométrico aguas arriba del aforo.

A medida que hay más densidad de información hidrometeorológica, los resultados serán más exactos. Cuando se dispone de información deficiente, como en nuestro caso, los datos son importantes, pero se debe tener prudencia al analizarlos. Seguidamente se detallan variables y las ecuaciones necesarias para aplicar el modelo.

Se han aplicado las siguientes ecuaciones:

Escorrentía media anual para una cuenca

$$ESC = Prec. - Evap. \text{ real} \quad (1)$$

ESC = escorrentía

Prec. = precipitación

Evap. real = Evapotranspiración real

Evapotranspiración potencial a nivel medio de la cuenca

$$Evapo \text{ pot} = (27,55^{\circ}C - 0,0045 \times P) 58,93 \quad (2)$$

Evapo pot = evapotranspiración potencial (mm.)

p = precipitación media (mm.)

58,93 = una constante a nivel mundial

Altitud media de la cuenca

$$E = \frac{a \times e}{A} \quad (3)$$

E = elevación media de la cuenca (m.)

a = área entre dos curvas (km²)

e = elevación media entre contornos (m.)

A = área de la cuenca (km²)

Estimación de la precipitación media de la cuenca

$$P_m = P_1 \times A_1 + P_2 \times A_2 + \dots + P_n \times A_n \quad (4)$$

P_m = Precipitación media anual (mm.) en la cuenca.

Pⁱ = Precipitación media entre dos isoyetas (mm.)

Aⁱ = Area entre dos isoyetas (km²)

A = Area total de la cuenca (km²)

Estimación de la evapotranspiración real

$$\text{Evap. real} = \text{Evap. pot} \times F \quad (5)$$

Evap. real = evapotranspiración real

Evap. pot = evapotranspiración potencial

F = razón entre la Evap. real y la evap. potencial.

III. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE EVALUACIÓN INDIRECTA DE EVAPOTRANSPIRACIÓN

Estimación de la escorrentía media anual y mensual

La escorrentía media anual de una cuenca resulta de restar la precipitación media anual los valores de la evapotranspiración real.

$$\text{ESC} = P - \text{Evap. pot} \times F$$

Ahora bien, este dato en realidad es una media anual, y nos ofrece poca información sobre la marcha estacional del caudal del río. Si se requiere conocer cuáles son los montos medios de los caudales en cualquier mes del año, entonces debe conocerse la distribución porcentual del escurrimiento mensual en cuencas vecinas que mantienen registros de aforo.

La escorrentía media mensual en una cuenca sin aforos (B) se calcula a partir de otra de clima similar (A) por medio de la siguiente fórmula:

$$\frac{a}{x} B \quad (6)$$

donde: a = Escorrentía media mensual (de enero, febrero, marzo, etc.) en la cuenca A.

x = Escorrentía media anual en la cuenca A.

B = Escorrentía media anual en la cuenca B. Estimada por la fórmula N° 1.

Finalmente, los valores de escorrentía expresados en unidades métricas pueden convertirse a unidades volumen/tiempo a fin de establecer comparaciones con las necesidades de agua de las poblaciones.

IV. EVALUACION DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS DE LA CUENCA DEL RIO TIBAS, AGUAS ARRIBA DE LOS 1660 METROS DE ALTITUD

4.1. Precipitación

La precipitación media sobre la cuenca en estudio es uno de los más importantes elementos a considerar en la evaluación de los recursos hidráulicos. En nuestro caso, la inexistencia de estaciones climatológicas obliga al establecimiento de correlaciones precipitación/altitud de otras estaciones cercanas para determinar la distribución espacial de la precipitación.

En las partes bajas la precipitación media anual es de 3000 mm., incrementándose con la altitud, hasta aproximadamente los 3500 mm., en las divisorias de agua del Cerro Delicias.

La planimetría de las áreas entre curvas isoyéticas y la aplicación de la fórmula N° 4, indica una precipitación media para la microcuenca alta de 3142 mm.

De acuerdo con la distribución mensual porcentual de la lluvia en las estaciones vecinas, Monte de la Cruz y Gallito, se estima que la precipitación media mensual en la cuenca es la siguiente:

Cuadro N° 3
PRECIPITACION MEDIA MENSUAL
CUENCA RIO TIBAS

MES	PRECIPITACION (MM)
Enero	104
Febrero	82
Marzo	61
Abril	147
Mayo	416
Junio	330
Julio	314
Agosto	320
Setiembre	449
Octubre	420
Noviembre	296
Diciembre	203
TOTAL	3142

4.2. Necesidades energéticas

Después de conocer la cantidad de agua que entra en el sistema de la cuenca (precipitación), es necesario también determinar cuáles son las necesidades energéticas (evapotranspiración potencial) para así poder establecer una relación entre lo que entra y sale de la cuenca. Es decir la relación Precipitación Evapotranspiración potencial.

Para determinar la evapotranspiración potencial, según el método empleado, se requiere conocer la altitud media. La evapotranspiración potencial es la máxima cantidad de agua que podría ser cedida a la atmósfera desde el suelo por medio del proceso de evaporación y transpiración. Este proceso se cumple solamente si existe suficiente humedad en el suelo. Esta condición en cuencas con estación seca se cumple en parte, razón por la cual es más importante conocer realmente cuál es la cantidad de agua evapotranspirada.

Para conocer las necesidades energéticas, se procede de la siguiente manera:

- a. Determinar la altitud media
- b. Estimar la evapotranspiración potencial
- c. Estimar la evapotranspiración real.

Para determinar la altitud media se planimetró el área total de la cuenca y el área entre contornos de nivel, y se aplicó la fórmula N° 3.

La altitud de la zona estudiada varía de 1660 m.s.n.m., 2290 m.s.n.m., la altitud media estimada es de 1878 m.s.n.m.

4.2.1. Estimación de la evapotranspiración potencial

Con el dato medio de altitud se estimó la biotemperatura media en la cuenca por medio de la fórmula N° 2. La biotemperatura media es de 15,3°C para esta altitud media.

La evapotranspiración potencial se estima por la fórmula N° 2, simplemente multiplicando la biotemperatura por el factor 58,93. La evapotranspiración potencial para la microcuenca es de 903 mm.

4.2.2. Estimación de la evapotranspiración real

Por medio de la fórmula N° 5 finalmente se estima la evapotranspiración real media anual en la cuenca.

$$\text{Evap. real} = \text{Evap. pote.} \times F$$

$$\text{Evap. real} = 903 \times 0,9164$$

$$\text{Evap. real} = 827,50 \text{ mm.}$$

4.2.3. Escorrentía media anual y mensual en la altitud de 1660 metros del río Tibás

La cantidad de agua que pasa por un punto dado de un río, en un período largo como para eliminar las diferencias de almacenamiento, resulta simplemente de restar la evapotranspiración real de la cantidad de agua que entra al sistema (precipitación). La fórmula de escorrentía empleada para estimar la cantidad de agua por la altitud de los 1660 m.s.n.m, en el río Tibás es la siguiente:

$$\text{ESC} = P - \text{Evap. pot.} \times F$$

$$\text{ESC} = 3142 - 903 (0,9164)$$

$$\text{ESC} = 2315 \text{ mm.}$$

De acuerdo con las necesidades energéticas y bioclimáticas que se presentan en la microcuenca del río Tibás, esta pequeña área produce un escurrimiento de 2315 mm. de agua por año.

Para conocer el escurrimiento medio mensual se requiere de información de aforos en una cuenca similar y vecina, con un período de registro largo. Los valores porcentuales de escorrentía en el río con aforos se obtiene dividiendo los valores medios mensuales de escorrentía entre el total anual. Luego se supone el mismo comportamiento para el caso estudiado, y se aplica la fórmula N° 6 para estimar los valores medios mensuales de descurrimiento en la cuenca sin aforos. En nuestro caso se escogió la cuenca del río Alajuela, vecina al río Tibás, y con características climáticas similares. Además el área drenada hasta la estación de aforo en Alajuela, es de apenas 14,4 km², lo cual facilita la comparación entre ambas unidades hidrográficas.

En la cuenca del río Alajuela, se reporta el siguiente comportamiento porcentual del caudal:

Cuadro N° 4
PORCENTAJES DE ESCORRENTIA ANUAL
RIO ALAJUELA

MES	ESCORRENTIA ANUAL (%)
Enero	4,39
Febrero	4,08
Marzo	3,51
Abril	3,66
Mayo	5,40
Junio	7,95
Julio	7,04
Agosto	8,97
Setiembre	15,71
Octubre	18,65
Noviembre	13,58
Diciembre	7,06
	100,0

FUENTE: Instituto Costarricense de Electricidad, 1979

Suponiendo este mismo comportamiento para la microcuenca del río Tibás, y aplicando la fórmula N° 6 se obtienen los valores medios diarios de la escorrentía según el mes. Los valores mínimos promedios diarios se registran durante marzo y abril, con 133 y 143 litros/seg. Los meses de mayor caudal son setiembre y octubre con 614 y 705 litros/segundo. (Cuadro N° 5).

Los valores de escorrentía obtenidos suponen que no hay flujo subterráneo de otras cuencas que están afectando el caudal del río Tibás; para conocer realmente la situación, se requieren estudios hidrogeológicos detallados. Sin embargo, excluyendo este factor, los datos indicados de escorrentía representan el potencial hídrico de la cuenca, o bien la cantidad de agua que pasaría por los 1660 m.n.s.m., siempre y cuando la litología no interfiera en forma significativa aportando o disminuyendo las entradas o salidas de agua.

V. RELACION ENTRE EL CAUDAL MEDIO DIARIO DEL RIO TIBAS Y LAS NECESIDADES DE AGUA POTABLE DE LA POBLACION SAN ISIDRO DE HEREDIA

5.1. Consumo per cápita de agua

El cantón de San Isidro está conformado por los distritos:

Cuadro N° 5
ESCORRENTIA MEDIA
CUENCA DEL RIO TIBAS

Mes	Escorrentía		
	mm.	M ³ /seg.	Litros/seg.
Enero	101,6	0,166	166
Febrero	94,4	0,171	171
Marzo	81,3	0,133	133
Abril	84,7	0,143	143
Mayo	125,0	0,204	204
Junio	184,0	0,310	310
Julio	162,9	0,266	266
Agosto	207,6	0,339	339
Setiembre	36,7	0,614	614
Octubre	431,7	0,705	705
Noviembre	314,4	0,531	531
Diciembre	163,4	0,267	267

1. San Isidro
2. San José
3. Concepción

De acuerdo con el Censo Nacional (1984), la población por distritos es la siguiente:

San Isidro	5813 hab.
San José	1865 hab.
Concepción	<u>850 hab.</u>
	8528 hab.

Según Acueductos y Alcantarillados, el consumo de agua per cápita en este cantón es de 300 litros por día por habitante. Esto equivale a 0,00347 litros/seg. En total para todo el cantón de San Isidro se requiere de 29,6 litros/seg. para hacerle frente a una población de 8528 habitantes. Ahora bien, el caudal que pasa por la altitud de 1660 m. en el río Tibás supera en gran medida la demanda de San Isidro. Por ejemplo, en marzo (mes más seco), si se aprovechara el 100% del caudal del río, se tendrá acceso a 133 litros/seg.; cifra que supera los 29.6 litros de toda la población.

Es importante señalar que el caudal estimado de consumo en la ciudad es un

valor promedio, y que obviamente aumenta durante la época seca, y según el uso. Para rubros industriales y/o agrícolas la variación en el consumo debe ser significativa.

Suponiendo un ingreso de consumo per cápita de 300 litros/día se estima que aprovechando la totalidad de la corriente del río Tibás, se podría abastecer una población de 38.328 como máximo en el verano (marzo) y a 203,170 habitantes en el mes de más caudal (octubre). (cuadro N° 6)

Cuadro N° 6
RELACION ENTRE EL CAUDAL DIARIO MENSUAL DEL RIO TIBAS Y LAS NECESIDADES DIARIAS DEL CANTON DE SAN ISIDRO

Mes	Caudal del río Litros/seg.	Necesidad de agua del cantón Litros/seg.	Máxima población a abastecerse con el caudal del río habitantes
Enero	166	29,6	47.839
Febrero	171	29,6	49.280
Marzo	133	29,6	38.328
Abril	143	29,6	41.210
Mayo	204	29,6	58.790
Junio	310	29,6	89.337
Julio	266	29,6	76.657
Agosto	339	29,6	97.694
Setiembre	614	29,6	176.945
Octubre	705	29,6	203.170
Noviembre	531	29,6	153.025
Diciembre	267	29,6	76.945

VI. CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las condiciones biofísicas imperantes en la microcuenca superior del río Tibás, el caudal medio diario es suficiente para abastecer de agua a la comunidad del cantón de San Isidro. A pesar de ello se debe tener en cuenta que los valores estimados son medios, y que los ríos de régimen, Pacífico (con verano definido) presentan grandes fluctuaciones, razón por la cual es necesario emplear otras técnicas de correlación y traslado de información en cuencas vecinas, a fin de ajustar las estimaciones. De todas formas, los resultados obtenidos, son alentadores como para seguir con estudios más avanzados. Por ejemplo, si se dispusiera de largos registros de aforo en el futuro, se podría verificar si hay fuga de agua de esta microcuenca hacia otras, o de éstas hacia la del río Tibás.

Los resultados obtenidos han demostrado que la cuenca del río Tibás posee condiciones hidrológicas que contribuirían a aliviar el problema del agua en el cantón. Si a esto agregamos que las cuencas hidrográficas vecinas al río Tibás poseen características climáticas, morfométricas y geomorfológicas semejantes al Tibás, debemos inferir que sus condiciones hidrológicas también lo son, por lo tanto no solamente se debe tener en cuenta el caudal aportado por un solo río sino los caudales de varias de las cuencas de esta zona, esto aumentaría las posibilidades de resolver el problema en forma definitiva.

BIBLIOGRAFÍA

Se debe instalar una estación de aforo en la cuenca del río Tibás, en la altitud de 1660 m.s.n.m., para comprobar con tejidos reales cuál es el verdadero caudal y sus variaciones mensuales. De igual manera, se deben aplicar estudios hidrológicos semejantes al presente en las subcuencas vecinas al río Tibás.

En Costa Rica, según parece la metodología de Evaluación indirecta de los recursos hidráulicos se ajusta a la realidad en un 90%. A esta conclusión se ha llegado (ICE) y (Departamento de Estudios Especiales) después de su empleo en cuencas que sí disponen de información hidroclimática. La estimación de caudales está más cerca de la realidad, según la exactitud, según los datos de entrada: Precipitación y evapotranspiración potencial. Una deficiente estimación de la precipitación implica estimaciones erróneas del caudal. También estimaciones poco funcionales de la evapotranspiración potencial inciden en los resultados.

La fórmula de Holdridge empleada en esta metodología parece muy simple y se está demostrando cada día más su incompatibilidad a Costa Rica. Según se ha estudiado, las estimaciones de evapotranspiración parecen ser inferiores a las condiciones del país. En estudios de riego y represas es mejor sobreestimar este factor a subestimarlos, ya que en los meses secos se pueden indicar caudal más elevados, no coincidentes con las condiciones climáticas.

Por otra parte, el empleo de la fórmula para determinar la función de evapotranspiración potencial (F) puede ser sustituida por una simple función obtenida de dividir el total anual de evapotranspiración real entre el total anual de evapotranspiración potencial, a partir de un balance hídrico puntual elaborado para alguna estación climatológica vecina (este método aplica solamente en microcuencas).

También los resultados a obtener tendrían mayor confiabilidad si se logra introducir algún factor que relacione la escorrentía con la pendiente media. Es obvio que dos cuencas con igualdad de superficie y clima, no presentarán los mismos valores de escorrentía con la pendiente media. Es obvio que dos cuencas con igualdad de superficie y clima, no presentarán los mismos valores de escorrentía si la topografía es muy diferente. A mayor pendiente más rápida escorrentía superficial y menor infiltración. En las otras condiciones, habrá más infiltración y menos escorrentía superficial.

En el caso analizado se contó con registros de aforos momentáneos; éstos hubiesen servido para estimar los caudales mínimos instantáneos. Desafortunadamente no se pudo emplear esta información, debido a que los puntos de aforo están en la altitud de 1640 m.; es decir aguas abajo de la represa que capta parte del caudal. El trabajo de campo, en esta investigación fue de vital importancia para no incurrir en estimaciones erróneas del caudal.

BIBLIOGRAFIA

- Blair T. E et al. **CURSO REGIONAL ITINERANTE POST UNIVERSITARIO DE HIDROLOGIA Y CIENCIAS DEL AGUA, ISTMO CENTROAMERICANO Y EL CARIBE.** Hidrología con información limitada. Caudales mínimos. Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 118 pp. San José, Costa Rica.
- Gómez, L.D. 1985. **LA VEGETACION DE COSTA RICA: INTRODUCCION A SU ESTUDIO.** Editorial EUNED. San José Costa Rica.
- Herrera, W. 1985. **CLIMA DE COSTA RICA.** En L.D. Gómez (ED). Vegetación y Clima de Costa Rica. Editorial EUNED. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Electricidad. 1979 y 1984. **BOLETINES HIDROLOGICOS N° 12 Y 15.** Departamento de Estudios Básicos, Oficina de Hidrología. Diciembre 1979 y Diciembre 1984. San José, Costa Rica.
- Instituto Geográfico Nacional. **CARTA TOPOGRAFICA BARVA.** Escala 1:50.000. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. 1985. **ATLAS CLIMATOLOGICO DE COSTA RICA.** Unidad de Estudios Especiales. San José, Costa Rica.
- Instituto Meteorológico Nacional. **ESTADISTICAS CLIMATOLOGICAS.** Estaciones Monte de la Cruz, Gallito, San Josecito.