

## MANEJO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE CUENCAS DE COSTA RICA. EL CASO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO POÁS

*Ligia Hernando, Ora Patterson, Amalia Ruiz, Rolando Ramos y  
Lilley Garro<sup>1</sup>*

**Resumen:** La microcuenca del río Poás (ubicada entre el volcán Barva y el volcán Poás, hasta la confluencia con el río Grande cerca de la ciudad de Alajuela) posee un alto potencial para la formación de acuíferos de alta calidad. Por este motivo sus recursos naturales deben utilizarse adecuadamente. La mejor manera de lograr lo anterior es mediante la planificación del uso de la tierra. En esta investigación se plantea para ello el ordenamiento territorial y el manejo de cuencas. Para este propósito se realiza una zonificación mediante la cual se identifican las siguientes zonas: sin restricción de uso, uso restringido y uso muy restringido. La mayor parte de la microcuenca (64,6%) se encuentra en la categoría de "sin restricción de uso". Sin embargo, se hace necesaria la intervención con rapidez en sectores ubicados en la parte alta de la microcuenca que se clasifican de "uso muy restringido". En relación con el recurso hídrico, en la microcuenca en los últimos 14 años y de acuerdo con la metodología aplicada, se ha elevado la producción hídrica, específicamente en la escorrentía y la ganancia. En general aumentó en 1,6%.

**Palabras claves:** Ordenamiento territorial, microcuencas, manejo de cuencas, río Poás.

**Abstract:** The Poas river micro watershed (located between the Barva and Poas volcanoes reaching the confluence of the Grande river near the city of Alajuela) has high potential for developing high quality aquifers, thus, its natural resources should be utilized adequately. This is best done by proper land use planning. In this study guidelines are presented for land use planning and watershed management. Land use is zoned or classified for the following uses: unrestricted use, restricted use, and highly restricted use. Most of the micro watershed (64.6 percent) is classified or zoned as 'unrestricted use.' However, urgent intervention is needed in

<sup>1</sup> Equipo de investigadores de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional.

the upper areas of the micro watershed classified as 'highly restricted use.' In the last 14 years, according to the methodology applied, hydrologic production has increased about 1.6 percent, specifically in runoff and soil moisture surplus.

**Key words:** Land use planning, watershed management, Poas river.

## 1. Introducción

La microcuenca del río Poás, debido a sus características geológicas, climáticas e hidrológicas, especialmente, presenta condiciones adecuadas para la formación de acuíferos de alta calidad. Por este motivo sus recursos naturales deben utilizarse de manera apropiada, con el fin de no alterar las condiciones hídricas, tanto superficiales como subterráneas.

La mejor manera de lograr lo anterior es mediante una adecuada planificación del uso de la tierra. Esto se obtiene por medio de un análisis desde la óptica del ordenamiento territorial y el manejo de microcuencas. Para alcanzar este objetivo se realiza una zonificación en la que se delimitan áreas con restricción de usos, basándose en las variables de uso del suelo actual y potencial, características morfométricas y amenazas naturales. Además se realiza un balance hídrico, con el fin de identificar la variación en el recurso hídrico producto del cambio en el uso del suelo. Todo esto con el propósito de reducir los impactos en la producción hídrica de la microcuenca.

La microcuenca del río Poás se extiende de noreste a suroeste cubriendo 209.51 km<sup>2</sup>, con un perímetro de 105.5 km. Está delimitada por divisorias de agua desde la laguna del volcán Poás y la laguna del volcán Barva (divisoria que forma parte de la Sierra Volcánica Central) hasta la confluencia con el río Grande.

## 2. Objetivos generales

- 2.1. Elaborar un diagnóstico de la producción hídrica en la microcuenca del río Poás en relación con el uso del suelo.
- 2.2. Proponer la zonificación para potenciar el uso sostenible de los recursos en la microcuenca.

## 3. Objetivos específicos

- 3.1. Identificar las características físicas de la microcuenca en relación con la disponibilidad de agua.

- 3.2. Analizar los patrones y conflictos de uso de la tierra para identificar sobreuso y subuso del suelo y el agua.
- 3.3. Diseñar la zonificación considerando sobreuso y subuso del suelo y capacidad natural en función de la disponibilidad del recurso hídrico.

#### 4. Resultados y discusión

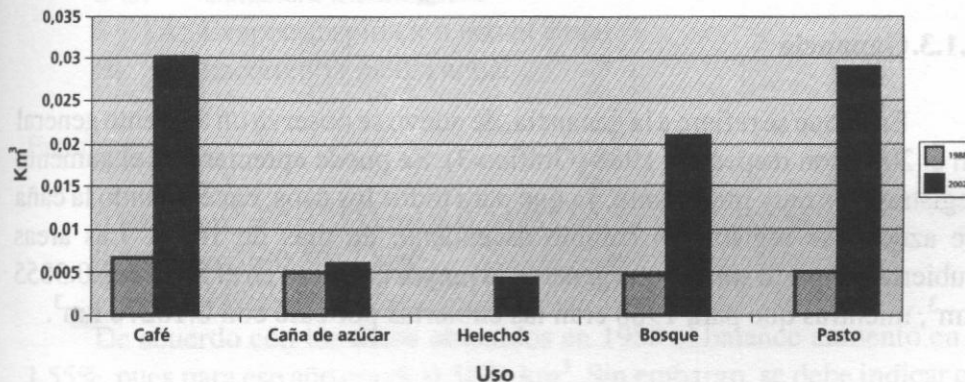
##### 4.1. Evolución de las condiciones hídricas

Como se puede apreciar en los gráficos 1, 2 y 3, los principales elementos del balance hídrico evaluados en la microcuenca han aumentado en los 14 años contemplados en este análisis, de acuerdo con la metodología empleada. Lo anterior podría deberse principalmente al aumento en la precipitación, debido a cambios atmosféricos en el planeta.

De manera detallada los elementos son:

##### 4.1.1. Escorrentía

La escorrentía en el área se presenta mayoritariamente en las zonas cubiertas de café (Gráfico 1), sin embargo, en el año 2002 se genera en todos los usos mayor escorrentía. Se puede apreciar que las áreas de bosque en 1988 originan la menor cantidad ( $0.00421 \text{ km}^3$ ), mientras que para el 2002 ocupan el tercer lugar ( $0.021816 \text{ km}^3$ ). Las áreas cubiertas de helechos producen una cantidad casi despreciable ( $0.0040595 \text{ km}^3$ ), parecida a la que ocasionan las áreas de bosque durante 1988 ( $0.00421 \text{ km}^3$ ).



**Gráfico 1. Escorrentía según uso del suelo ( $\text{km}^3$ )**

#### 4.1.2. Déficit

Las áreas cubiertas de café presentan la mayor cantidad de déficit para el 2002 ( $0.0713 \text{ km}^3$ ) (Gráfico 2), debido probablemente a que cubren casi un 9% más de área con respecto a 1988. En los helechos el déficit es muy pequeño, seguido por el que se registra en las áreas de bosque. Este elemento aumentó en todos los usos, con excepción de la caña de azúcar, donde se observa una reducción de  $0.0064 \text{ km}^3$  a causa de que se redujo notablemente (casi un 4%) el cultivo de este producto en el 2002, además de que se encuentra en las zonas climáticas I y II, donde las temperaturas son mayores. Se puede apreciar que los valores de déficit en general no llegan a sobrepasar los  $0.08 \text{ km}^3$ , por lo que podría decirse que este elemento, por el momento, no es crítico en la microcuenca.

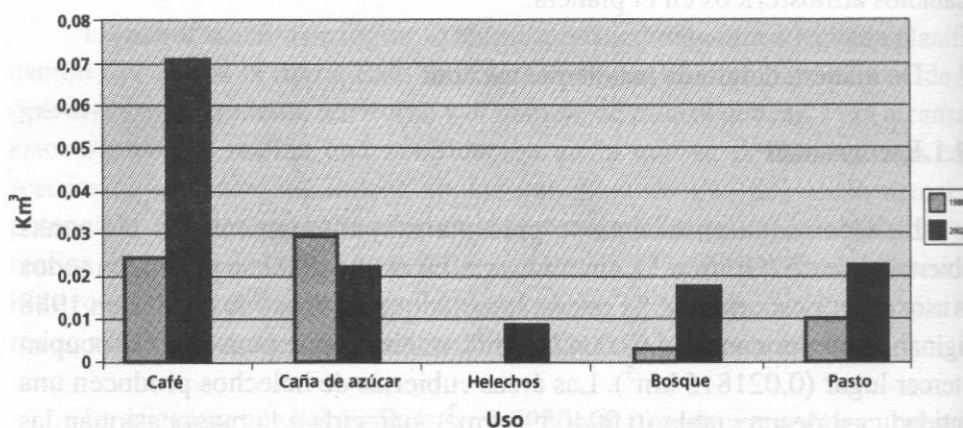
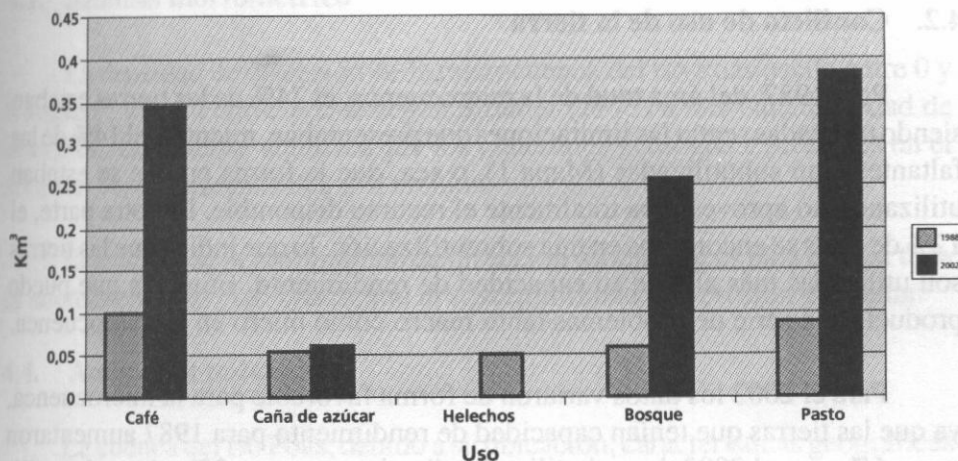


Gráfico 2. Déficit, según uso del suelo ( $\text{km}^3$ )

#### 4.1.3. Ganancia

En lo que se refiere a la ganancia, de nuevo se observa un aumento general en el 2002 con respecto a 1988 (Gráfico 3). Se puede apreciar que el aumento registrado es muy importante, ya que para todos los usos, exceptuando la caña de azúcar, se registra un cambio ascendente de más de 100%. Las áreas cubiertas de pasto son las que generan la mayor cantidad en el 2002 con  $0.3855 \text{ km}^3$ , mientras que para 1988 eran las cubiertas por café con  $0.10278 \text{ km}^3$ .



**Gráfico 3. Ganancia, según uso del suelo (km<sup>3</sup>)**

#### 4.1.4. Balance hídrico total de la microcuenca

Para el cálculo del balance hídrico de la microcuenca se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = S G + S E T A + E s$$

Donde:

- P: Precipitación media anual
- S G: Ganancia media anual
- S ETA: Evapotranspiración actual anual
- Es: Escorrentía media anual

Entonces:

$$0.5967 \text{ km}^3 = 0.3229 \text{ km}^3 + 0.24755 \text{ km}^3 + 0.02628 \text{ km}^3$$

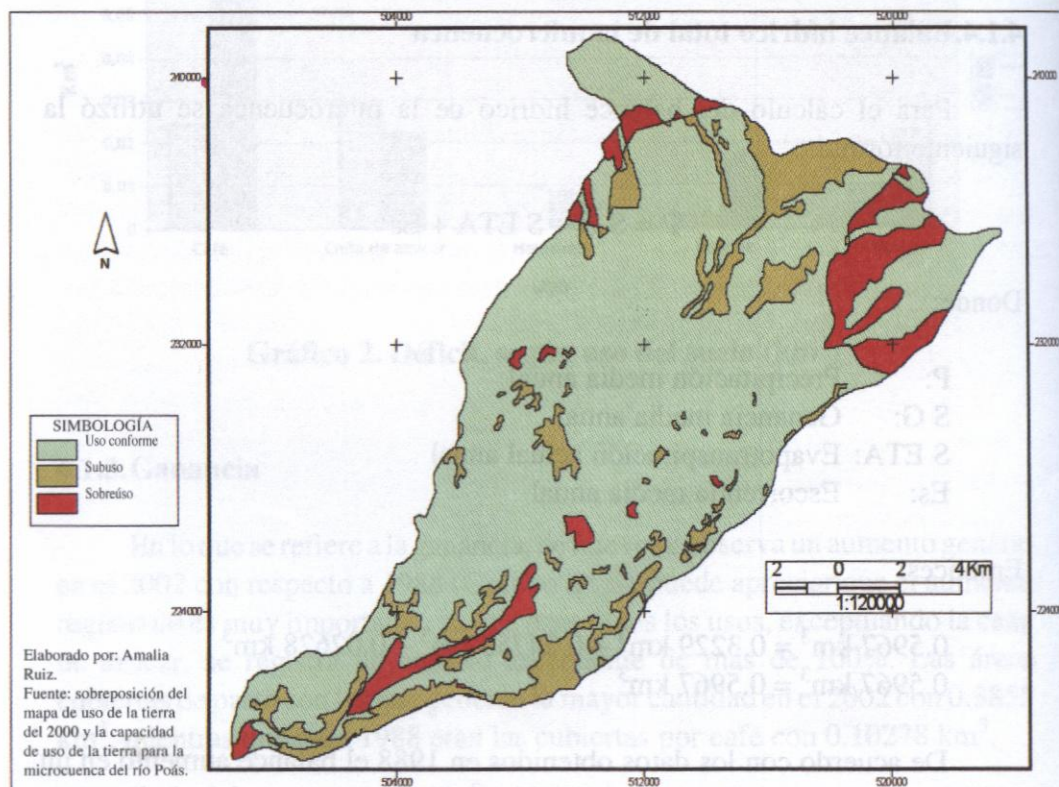
$$0.5967 \text{ km}^3 = 0.5967 \text{ km}^3$$

De acuerdo con los datos obtenidos en 1988 el balance aumentó en un 1.55%, pues para ese año era de 0.5876 km<sup>3</sup>. Sin embargo, se debe indicar que la ETA anual para el 2002 se redujo en un 0.87%, lo que significa que la ganancia y la escorrentía tienen un mayor peso para el 2002.

#### 4.2. Conflicto de uso de la tierra

Para 1987, del área total de la microcuenca, el 74% de las tierras estaban siendo utilizadas según las limitaciones que presentaban, mientras el 14% de las faltantes eran subutilizadas (Mapa 1), o sea, que la forma en que se estaban utilizando no aprovechaba totalmente el recurso disponible. Por otra parte, el 12% de éstas se encontraba en una sobreutilización, lo que indica que las tierras son utilizadas más allá de su capacidad de rendimiento, situación que puede producir una serie de problemas tanto macro como micro en la microcuenca.

Para el 2002 los datos variaron de forma favorable para la microcuenca, ya que las tierras que tenían capacidad de rendimiento para 1987 aumentaron en un 6% para el 2002, las subutilizadas disminuyeron un 2% y las sobreutilizadas se redujeron un 4%.



**Mapa 1**  
**Conflicto de uso de la microcuenca del río Poás. Año 2002**

### 4.3. Análisis morfométrico

La densidad de disección de la microcuenca del río Poás oscila entre 0 y 6 km/km<sup>2</sup>, lo cual corresponde según Strahler (1977) a una baja densidad de disección. Lo anterior significa que los materiales geológicos presentes en el área son bastante resistentes a la erosión.

El análisis de la profundidad de disección refleja que es baja en casi toda la microcuenca, lo cual indica que la susceptibilidad a la erosión es media.

### 4.4. Amenazas naturales

La cuenca del río Poás, debido a su ubicación, características geográficas físicas e información histórica sobre desastres naturales, es propensa a diversas amenazas de origen natural, tales como sismos, fallas geológicas, actividad volcánica, inundaciones, procesos de erosión y remoción en masa (deslizamientos y avalanchas), siendo estos últimos agudizados por la actividad humana en el área.

Áreas propensas a amenazas volcánicas: la microcuenca del río Poás presenta amenaza volcánica alta hacia el extremo noreste de la cuenca superior por parte del volcán Barva y hacia el extremo noroeste por parte del volcán Poás.

Áreas propensas a amenazas por fallas geológicas y actividad sísmica: el área está atravesada por fallas geológicas en la parte media de la microcuenca, concentradas principalmente en el sector este. Asimismo pasa una falla de importantes dimensiones paralela al río Poás y muy cercana a la laguna de Fraijanes.

En cuanto a la amenaza sísmica, existen registros históricos de dos sismos importantes, el primero tuvo lugar el 28 de marzo de 1851 y el segundo el 30 de diciembre de 1888 (conocido como el Terremoto de Fraijanes) (Morales *et al.*, 1992).

La microcuenca es también propensa a amenaza por inundaciones, por procesos de erosión y por deslizamientos y avalanchas.

### 4.5. Zonificación

Con base en todos los elementos analizados anteriormente, en la microcuenca se identifican tres categorías de uso en la zonificación propuesta (Mapa 2). Éstas son:

#### **4.5.1. Sin restricción de uso**

En esta categoría se incluyen las áreas que poseen bajo potencial de amenaza natural y uso conforme y subuso, lo cual significa que son áreas donde las amenazas naturales no son significativas, además de que al suelo se le está dando el uso adecuado e incluso no se está utilizando plenamente.

Se encuentran principalmente en la microcuenca media y baja cubriendo el 64,6% del área total. Se ubican en las cercanías de los poblados de Cuesta Colorada, Tuetal Norte y Sur, Quebradas, Santa Gertrudis Sur, entre otros.

Corresponden a las áreas con inestabilidad de laderas bajas y con amenazas naturales de tipo deslizamientos, erosión por pastoreo, barrancos, avalanchas, además de las que no poseen amenaza natural. También se incluyen las áreas con inestabilidad de laderas altas y muy altas, donde las amenazas son de inundaciones potenciales y de inundaciones provocadas por acumulación de basura en los cauces.

#### **4.5.2. Uso restringido**

Las áreas de uso restringido corresponden a lugares donde existe sobre-úso de la tierra y se da una amenaza potencial baja (especialmente por sismos históricos y fallas geológicas), además de aquellos lugares donde aunque se da uso adecuado, se presenta un potencial de amenaza medio (deslizamientos, erosión por pastoreo, barrancos, avalanchas, potencialmente inundable, sismos históricos, fallas geológicas, inundación por acumulación de basura y sin amenaza natural). Esto significa que se deben implementar medidas de protección del suelo y de mitigación de amenazas naturales si se desean aprovechar estas áreas.

Se encuentran en la microcuenca media y alta y en las cercanías de los cauces, cubriendo el 27,3% del área total. Comprende, entre otras, las poblaciones de San Juan Bosco y Tacacorí.

#### **4.5.3. Uso muy restringido**

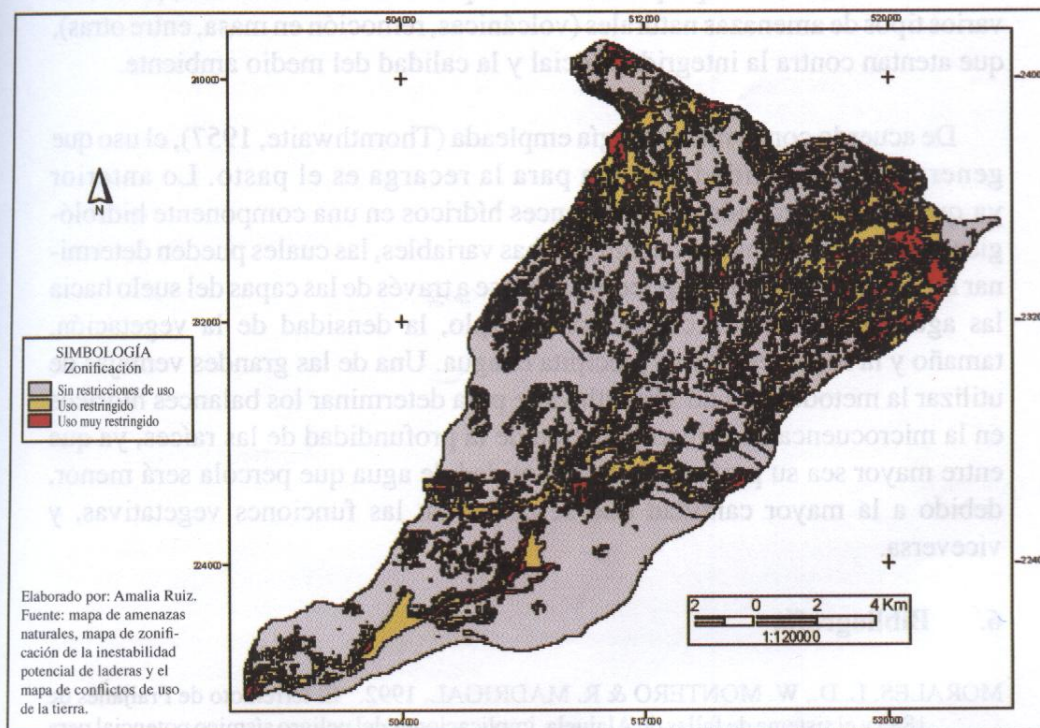
En esta categoría se encuentran las áreas cuyo potencial de amenaza es muy alto (donde existe una inestabilidad de laderas alta y muy alta, y amenazas naturales de tipo deslizamientos, erosión por pastoreo, barrancos, sismos históricos, fallas geológicas e inundación por acumulación de basura en los



cauces) y el suelo se encuentra utilizado de una manera totalmente inadecuada. Por lo tanto, se debería proponer medidas que controlen el avance desmedido del uso de la tierra, que conlleve a una reducción de algunas de las amenazas naturales.

Se encuentra predominantemente en la parte alta, aunque podemos encontrarlo muy localizado en el resto de la microcuenca, con un 8,1% del total del área. En esta categoría se pueden observar algunas poblaciones como Fraijanes y Poasito.

De acuerdo con esta zonificación y como se puede apreciar en el Mapa 2, la mayor parte de las áreas comprendidas en las categorías de uso restringido y muy restringido se observan en las zonas climáticas II y III, en las que se presentan los mayores valores de ganancia hídrica anual. Lo anterior evidencia aún más la necesidad de utilizar estos sectores de manera adecuada, con el fin de garantizar la regeneración del recurso hídrico.



**Mapa 2**  
**Zonificación final de la microcuenca del río Poás. Año 2002**

## 5. Conclusiones

En la microcuenca en los últimos 14 años y conforme con la metodología aplicada, se ha elevado la producción hídrica, específicamente en la escorrentía y la ganancia. En general aumentó en 1,6%. De acuerdo con los resultados discutidos, esto se debe principalmente a que se da un cambio en el uso de la tierra, la producción hídrica aumenta pero al mismo tiempo los valores del déficit se elevan. Según los datos meteorológicos recolectados en el IMN, se observa además un aumento en la precipitación en estos últimos años.

La evolución del uso de la tierra en la microcuenca ha presentado una situación favorable para el recurso hídrico y los suelos que ahí se encuentran, sin embargo, siempre se han encontrado áreas que presentan algún tipo de conflicto o anomalía físico-estructural que determina las diversas acciones que se quieren explotar. A partir de los valores obtenidos en los mapas de conflicto y la distribución espacial, se hace necesaria la intervención con rapidez en sectores ubicados en la parte alta de la microcuenca. Esto porque, además de encontrarse un uso no apropiado con la capacidad de estas tierras, presentan varios tipos de amenazas naturales (volcánicas, remoción en masa, entre otras), que atentan contra la integridad social y la calidad del medio ambiente.

De acuerdo con la metodología empleada (Thornthwaite, 1957), el uso que genera mayor cantidad de agua para la recarga es el pasto. Lo anterior ya que para la medición de los balances hídricos en una componente hidrológica es necesario tomar en cuenta muchas variables, las cuales pueden determinar la cantidad de agua que puede infiltrarse a través de las capas del suelo hacia las aguas subterráneas, como, por ejemplo, la densidad de la vegetación, tamaño y la forma en que se precipita el agua. Una de las grandes ventajas de utilizar la metodología de Thornthwaite para determinar los balances hídricos en la microcuenca es la incorporación de la profundidad de las raíces, ya que entre mayor sea su profundidad, la cantidad de agua que percola será menor, debido a la mayor cantidad que se utiliza en las funciones vegetativas, y viceversa.

## 6. Bibliografía

- MORALES, L. D., W. MONTERO & R. MADRIGAL. 1992. "El terremoto de Fraijanes de 1888 y el sistema de fallas de Alajuela, implicaciones del peligro sísmico potencial para el Valle Central Occidental". *Revista Geográfica de América Central* N° 25-26. I y II Semestres de 1992, de la Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.

STRAHLER, A. 1977. *Geografía Física*. Tercera edición. Ediciones Omega, S.A. Casanova, 220-Barcelona 11.

THORNTHWAITE, C. & J. MATHER. 1957. "Instructions and tables for computing potencial evapotranspiration and the water balance, Drexel Institute of Climatology". *Publications in Climatology*. Vol. X, N° 3. Third printing. New Jersey.

## EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

Nelly López y Sonia Acosta

**Resumen:** Esta presentación pretende demostrar la importancia que tiene la educación ambiental en el mundo actual que en las últimas décadas ha impactado los modelos de crecimiento y desarrollo de las llamadas sociedades avanzadas. Resalta la importancia de la educación ambiental que tiende a fomentar el cambio social a partir del desarrollo de valores, actitudes y habilidades para asumir una responsabilidad ambiental en la formación de hábitos de preservación de la naturaleza, y así trabajar desde la comprensión de las acciones cotidianas en el desarrollo de una conciencia que ayude al bien común. Este tema se aborda desde la experiencia particular del Proyecto Saber Ambiental, donde se demuestra que es posible la construcción de pensamiento crítico trabajado de forma interdisciplinaria, el cual favorece el mejoramiento y la revalorización de los valores, promueve una actitud propositiva y creativa de las comunidades en la gestión ambiental participativa.

**Palabras clave:** Educación ambiental, ética, valores ambientales, responsabilidad.

**Abstract:** This presentation intends to show the importance of the environmental education inside the environmental crisis that in the last decades has impacted the models of growth and development of the calls compatible advanced. Standing out for the importance of the environmental education tending toward protecting the social change from the development of values, attitudes and abilities to assume an environmental responsibility in the preservation habits formation of the Nature, and thus to work since the comprehension of the routine actions in the in awake of a conscience that contribute al well common. This theme is approached from the private experiences of the Project to Know Environmental where it shows the possibility of construction of a critical thought worked in form interdisciplinaria which favors the improvement and the revaluation of the values promoting a creative propositiveness of the communities in the participatory environmental management.

**Key words:** Environmental education, ethics, environmental values, environmental responsibility.

Escuela de Ciencias Sociales, Universidad Nacional, Calle electrónica: ulopez@un.ac.cr