

## EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RIO REVENTADO, CARTAGO, COSTA RICA BAJO EL ENFOQUE DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD

Javier G. Villegas Osorio  
Jorge Faustino  
Gregoire Leclerc  
Sabine Muller  
Sergio Velásquez M.

**Summary:** A study on the quality of surface water in the Reventado River's watershed was conducted to relate measured water quality parameters to land use, management practices and some biophysical characteristics.

Nine measuring locations were chosen, distributed in the upper, medium and low portions of the watershed and samples were taken during seven months.

The largest detected perturbation in water quality was found in the lower portion of the watershed. The first component of the discriminant analysis showed the volcanic influence on the water, the second one was associated with the level of water contamination.

The correlation of indices with land use showed that sand extraction and urban areas were most responsible for the deterioration of water quality.

**Resumen:** Se realizó un estudio de la calidad de agua superficial en la cuenca del Río Reventado para relacionar parámetros de calidad del agua medidos en diferentes puntos con el uso de la tierra, prácticas culturales y algunas características biofísicas.

Se escogieron nueve puntos de muestreo distribuidos en la parte alta, media y bajo de la cuenca y se tomaron muestras durante siete meses.

La perturbación más grande en lo que se refiere a calidad del agua, se encontró en la porción baja de la cuenca. El primer componente del análisis discriminante mostró la influencia volcánica de las aguas (componente químico), mientras que el segundo se asoció con los niveles de contaminación.

La correlación entre los índices de calidad y el uso de la tierra, mostró que la extracción de materiales de construcción en la zona, es la actividad que más contribuye al deterioro de la calidad del agua del río Reventado.

### Introducción

Esta investigación tuvo como objetivo identificar indicadores de calidad de agua superficial como una aproximación a los indicadores de sostenibilidad. Para ello, se estudiaron parámetros de calidad en la cuenca del Río Reventado, Cartago, Costa Rica. Esta cuenca, presenta diferentes usos de la tierra, principalmente un parque nacional en la parte alta; una apreciable producción hortícola y algo de ganadería en la parte media; y extracción de materiales para construcción y zonas pobladas en la parte baja. Además se tiene conocimiento de la existencia de factores que agravan la situación del recurso hídrico como lo son a) tasas de erosión que sobrepasan las 100 t/ha/año (Melo, 1991), b) tajos, c) sistemas de riego, d) empleo de agroquímicos y fertilizantes en dosis por encima de las recomendables (Hernández, 1988), e) gran cantidad de sedimento en suspensión que recibe el embalse de Cachi (Jansson y Rodríguez, 1992) y f) insuficiente asistencia técnica en materia de conservación de suelos, dado el alto grado de explotación agrícola de la zona.

## Objetivos generales

- a) Identificar un conjunto de indicadores relativos a la calidad del agua superficial, como parte del proceso de desarrollar indicadores de sostenibilidad.
- b) Evaluar la sostenibilidad del uso de la tierra en la cuenca alta del Río Reventado en relación a sus consecuencias en el descriptor de calidad del recurso agua.
- c) Aportar información que contribuya al desarrollo de metodologías de investigación y de adopción de medidas y ejecución de obras para el conservación de los recursos naturales.

## Metodología

### Localización del área de estudio

La cuenca del Río Reventado se localiza en el flanco sur del volcán Irazú) y tiene un área de 22.4 kilómetros cuadrados (Alvarado y Schimke, 1993). El cauce comienza aproximadamente a 2 kilómetros al sur del cráter volcánico a una elevación de 3,128 msnm y llega hasta el oeste de la ciudad de Cartago a una elevación de 1,450 msnm donde confluye hacia el río Agua Caliente (Kesel, 1973).

### Metodología

Para la selección de puntos de toma de muestra se consideraron simultáneamente aspectos como orden de cauce, representatividad, accesibilidad, uniformidad y referencia de datos previos.

Se seleccionaron variables, conocidas en los estudios hidrológicos como parámetros de calidad del agua, que fueron considerados como indicadores de la situación ambiental. Las variables que se midieron rutinariamente fueron: Temperatura, pH, conductividad, turbidez, calcio, sodio, potasio, cloruros, magnesio, sulfato, amonio, dureza, nitratos, sólidos totales, sólidos disueltos y sólidos en suspensión. Eventualmente, se analizaron residuos de plaguicidas y concentración de bacterias coliformes.

Se realizó un muestreo por mes durante siete meses (de abril a octubre de 1994). El período entre muestreos fue de aproximadamente un mes.

En el análisis estadístico se procedió a desplegar una matriz de correlación entre las características de la calidad del agua para identificar el tipo de asociación positiva o negativa entre los indicadores medidos.

Se aplicó un análisis discriminante canónico con el objeto de reducir la dimensión asociada al análisis de componentes principales y a la correlación canónica y así encontrar variables (combinaciones lineales de las variables cuantitativas) que resumen la variación entre las clases (sitios de toma de muestras).

Luego se hizo una correlación entre las variables canónicas y las características de las áreas de drenaje de cada punto de muestreo. Las características de área de drenaje que se tomaron en cuenta fueron el número de orden del cauce, precipitación, latitud, longitud, altitud, distancia a la desembocadura, área y porcentaje de uso urbano, forestal, cultivos perennes, pastizales, hortícola y área de tajos.

Se hizo un análisis de conglomerados (cluster) que permitió identificar los grupos de variables correlacionadas a partir de la matriz de correlación y la similaridad con la que estos grupos se forman.

## Resultados y Discusión

El análisis de varianza y los coeficientes de variación indicaron que hay variaciones espaciales y temporales en las concentraciones de elementos considerados en este análisis; encontrándose diferencias espaciales en todos los elementos a excepción del potasio, magnesio y fosfato cuya concentración permanece más uniforme a lo largo de todo el cauce. En lo que se refiere a variaciones temporales (fecha de muestreo) mostraron diferencias el pH, la conductividad, oxígeno disuelto, sodio, amonio y sólidos en suspensión.

En todos los puntos muestreados, se encontró la presencia de bacterias coliformes, lo que hace las aguas del río Reventado no aptas para consumo humano sin previo tratamiento de las mismas.

En relación al análisis discriminante canónico arrojó que la primera variable explica alrededor del 59.93% de la variación y se encontró que representa un componente químico de la calidad del agua. Con la segunda variable se explica alrededor del 82.97% de la variación acumulada y parece estar asociada a un componente físico de la calidad del agua.

El resultado de las correlaciones entre la primera variable canónica y las características de drenaje, se obtuvo que las mayores correlaciones se asocian al número de orden del cauce, bosque y cultivos perennes y una correlación negativa con los porcentajes de uso hortícola, pastizales y urbano, lo que da a entender que estos tres últimos usos inciden en las altas concentraciones de nitratos y fosfatos. La segunda variable canónica tiene una alta correlación con el número de orden del cauce, la distancia a la desembocadura, el porcentaje de uso urbano y tajos y una correlación inversa con la altura, latitud, longitud y la proporción de tierra dedicada a bosque y charral. Estas correlaciones demuestran que la calidad del agua en cuanto al contenido de sedimentos desmejora cuanto más bajo este ubicado el sitio de muestreo, y que las actividades hortícolas y urbanizaciones, pero especialmente los tajos aportan una cantidad de sedimentos apreciablemente mayor que el resto de actividades de la cuenca.

El análisis de conglomerados permitió observar la formación de dos agrupaciones, una con predominancia de variables físicas y la otra de variables químicas, hallándose correlaciones altas entre pares de variables como sólidos totales y sólidos en suspensión. Estas relaciones podrían tomarse en cuenta al momento de escoger indicadores ya que pueden servir como criterio para descartar algunos, en el caso que se presente una correlación altamente significativa entre ellos.

## Conclusiones y Recomendaciones

1. Las variables analizadas presentan diferencias espaciales y/o temporales estadísticamente significativas como consecuencia de factores naturales (influencia volcánica, cobertura vegetal, etc) y antropogénicas (prácticas culturales, en general).
2. Actividades como la extracción de materiales de construcción y áreas urbanas tienen, en la cuenca del río Reventado, el mayor aporte a la declinación de la calidad del agua a lo largo del cauce.
3. Los parámetros de calidad del agua que podrían ser utilizados como indicadores de sostenibilidad pueden ser la temperatura, pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos totales, dada su facilidad de medición y su bajo costo de análisis.
4. La mayor parte de los indicadores de calidad de agua en la cuenca del Río Reventado, están dentro de un rango aceptable según normas y criterios establecidos. Sin embargo, existen problemas en algunos tramos del río en lo que se refiere a pH, turbidez y sólidos totales y en suspensión, nitratos y fosfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales; que limitan su uso, principalmente para consumo humano.

**Bibliografía**

ALVARADO, G.E.; SCHIMKE, H.U. 1993. Stratigraphic and sedimentological aspects of the rain-triggered lahars of the 1963-65 Irazú eruption, Costa Rica. *Zbl. Geol. Palaont. Stuttgart Teil 1*, 1993: 513-530.

HERNANDEZ C., I. 1988. Eficiencia económica del uso de plaguicidas en papa la época de verano en la zona norte de la provincia de Cartágo, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. UCR/CATIE. Turrialba, Costa Rica. 105 p.

JANSSON, M.B.; RODRIGUEZ, A. 1992. Sedimentological Studies in the Cachi Reservoir, Costa Rica: Sediment inflow, reservoir sedimentation and effects of flushing. UNGI Repport N. 81. Suecia. 217 p.

MELO, H.M. 1991. La conservación de suelos en Tierra Blanca, Cartágo, Costa Rica. Niveles de adopción y alternativas para incrementarlos. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 143 p.