

**MANEJO DE CUENCAS ANTE  
DESASTRES NATURALES:  
CUENCA ALTA DEL  
RIO REVENTADO, CARTAGO**

---

*Jorge Fallas Gamboa\**  
*Marta Gutiérrez U.\*\**

---

**RESUMEN**

El presente trabajo discute el concepto de manejo de cuencas y su aplicación a la restauración y uso de áreas afectadas por desastres naturales. Por su naturaleza integradora y multidisciplinaria el concepto ofrece un marco teórico que permite inventariar, evaluar y proponer medidas físico-legales y administrativas que conlleven a la restauración y normalización de los procesos hidrológicos y socioeconómicos en la cuenca.

Las acciones emprendidas en la cuenca del río Reventado para mitigar el efecto devastador de la actividad volcánica del Irazú en el período 1963-1965 se analizan como un caso de estudio.

\* Profesor, Escuela de Ciencias Ambientales y Programa Regional en Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional.

\*\* Asistente de Investigación. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional, Heredia.

## 1. INTRODUCCION

La cuenca hidrográfica puede considerarse como una unidad geográfica natural en la cual todos los productos (aguas, sedimentos, materia orgánica, etc.) drenan por un cauce o río principal (Chang, 1982). Físicamente la cuenca puede delimitarse en el terreno considerando la divisoria topográfica de las aguas (figura 1). Desde el punto de vista económico es una unidad espacial natural para la planificación y gestión del desarrollo socioeconómico de una región o país.

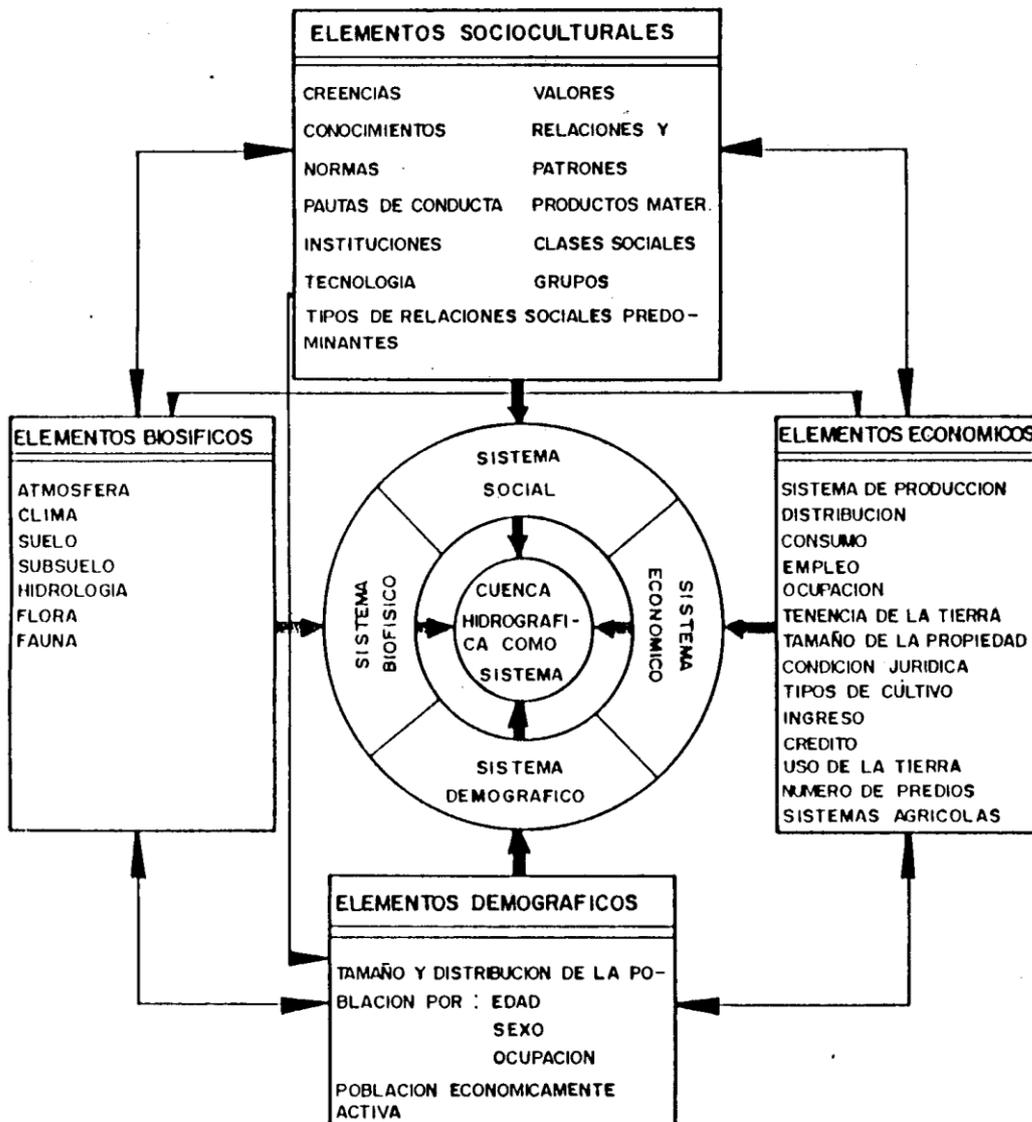
El manejo de cuencas es una actividad multidisciplinaria que tiene como meta utilizar los recursos naturales de la cuenca, de tal forma que no se impacte negativamente la cantidad, calidad y distribución del recurso agua; asegurándose de esta manera un aprovechamiento óptimo y sostenido de sus recursos (Satterbund, 1972).

Una circunstancia especial en el manejo de una cuenca es aquella que tiene como objetivo minimizar los efectos negativos de un evento catastrófico natural. Bajo estas circunstancias se ejecutan medidas de emergencia tendientes a regular las actividades humanas y a normalizar los procesos hidrológicos en la cuenca.

Por sus características físico-químicas el agua es un recurso esencial y de uso múltiple para el hombre (e.g. agua potable, riego, hidroelectricidad y recreación); pero a la vez, bajo ciertas condiciones ambientales puede ser un vehículo propicio para



**FIGURA 1.  
CUENCA  
HIDROGRAFICA.**



**FIGURA 2.**  
**LA CUENCA HIDROGRAFICA COMO SISTEMA. COMPONENTES**  
**NATURALES E INTERACCIONES.**

Fuente: Seminario, 1985.

desencadenar una serie de procesos naturales que culminen en desastres naturales (e.g. sequías, inundaciones y deslizamientos). Por su multidisciplinariedad y enfoque múltiple e integral el concepto de manejo de cuencas ofrece una opción válida para enfrentar el reto de restaurar y manejar los recursos naturales en una zona afectada por un desastre natural.

El presente trabajo tiene como objetivo presentar el concepto de manejo de cuencas y, a la vez, describir y analizar las acciones emprendidas en la cuenca del río Reventado, la cual sufrió el efecto devastador de la actividad volcánica del Irazú en el período marzo de 1963-febrero de 1965.

## **2. REHABILITACION Y MANEJO DE CUENCAS ANTE DESASTRES NATURALES**

Todo plan de manejo debe tener un enfoque múltiple e integral (Brown, 1963), para lo cual debe considerar los diferentes componentes físico-biológicos y socioeconómicos que definen las interacciones y procesos naturales y antrópicos en la cuenca (Satterbund, 1972). Una forma de representar los componentes e interacciones en la cuenca es utilizando el concepto de sistema. Para facilitar el análisis y la toma de decisiones se ha dividido la cuenca en cuatro subsistemas mayores, a saber: social, demográfico, económico y biofísico (Seminario, 1985). La planificación y desarrollo armónico de la cuenca dependerá de la interacción entre dichos subsistemas (figura 2).

El plan de manejo es un conjunto de directrices, estrategias y acciones coordinadas que tienen como meta brindar soluciones racionales y eficientes a los problemas y necesidades de los usuarios de la cuenca. En terrenos de topografía accidentada el manejo apropiado de la cuenca superior es esencial por su función hidrológica (regula cantidad, calidad y régimen hídrico), así como por su fragilidad y alta susceptibilidad al deterioro (Lugo, 1985).

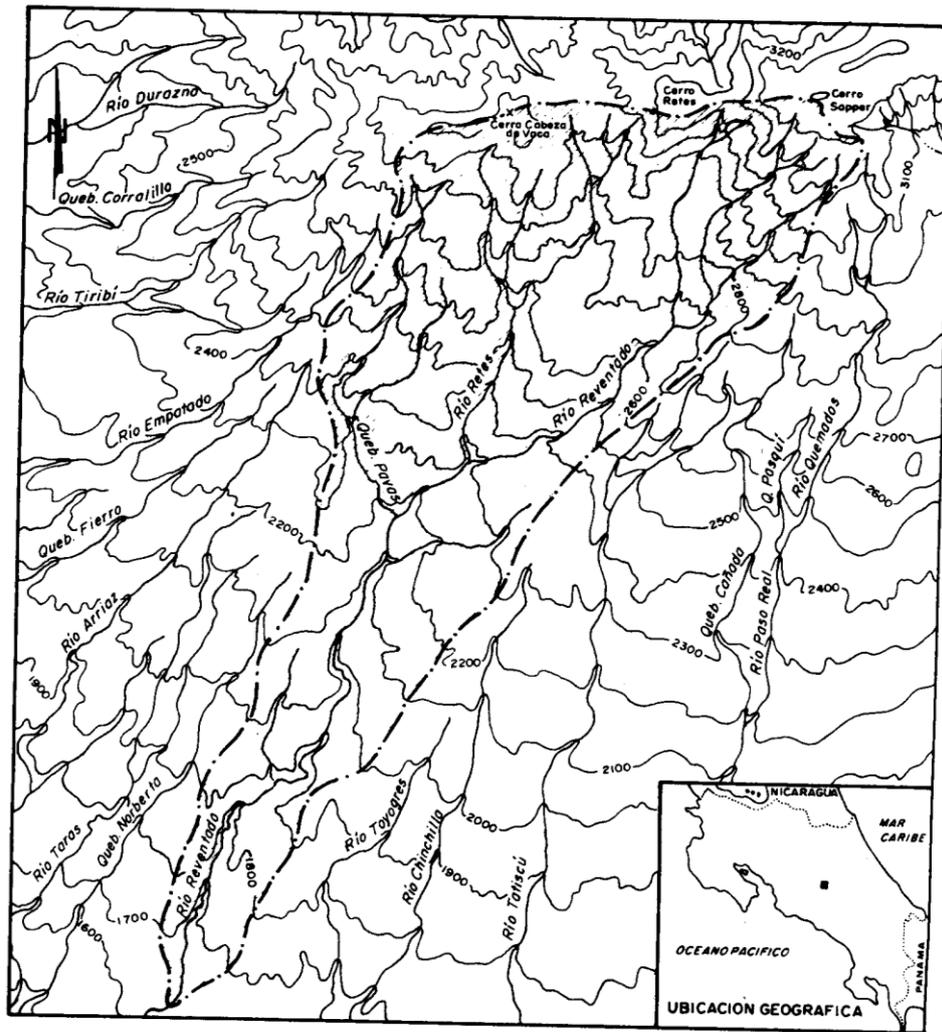
La premisa de todo plan de manejo es que el hombre puede aprovechar, conservar y/o restaurar los recursos naturales de la cuenca en forma sostenida en el tiempo y el espacio. Un plan de manejo para la rehabilitación, protección y conservación de los recursos naturales debe estar orientado a cumplir con los siguientes objetivos específicos (Programa del Hombre y la Biosfera, 1981; Satterbund, 1972; Seminario, 1985):

1. Asegurar el suministro de agua para los diferentes usuarios de la cuenca.
2. Regular el régimen hídrico de la cuenca.
3. Reducir el peligro de erosión y de degradación del suelo.
4. Evitar la degradación en la calidad del agua.
5. Proteger y conservar los recursos naturales de la cuenca.
6. Regular el uso de áreas inestables y de alto riesgo.
7. Promover el desarrollo económico-social de los pobladores de la cuenca.

Para lograr los objetivos anteriores el plan debe considerar los siguientes elementos (Brown, 1963; Seminario, 1985):

1. Evaluación de la cuenca, características biofísicas, características socioeconómicas y culturales.
2. Diagnóstico de problemas actuales y potenciales a nivel de laderas y valles, problemas actuales y potenciales a nivel de cauces.
3. Identificación de proyectos existentes y propuestos, sector agropecuario y recursos naturales, sector industria y agroindustria, sector turismo y recreación, sector transportes, energía y telecomunicaciones, sector salud y educación.
4. Criterios para sustentar plan de protección, impacto en asentamientos rurales y núcleos urbanos, impacto en infraestructura e inversiones, fragilidad de la zona, belleza escénica, valor ecológico e histórico.
5. Alternativas de protección y manejo, técnicas de conservación de suelos, medidas de tratamiento a nivel de cauces, reforestación y/o repoblación natural de zonas degradadas, infraestructura para vigilancia, acciones legales y administrativas.
6. Determinación de costos y beneficios.
7. Selección de alternativa(s), criterios económicos, técnicos, sociales y culturales.
8. Programación y organización de las actividades a realizar.
9. Ejecución del plan.
10. Seguimiento, evaluación y retroalimentación. Las alteraciones inducidas por cualquier actividad antrópica o natural en la cuenca involucran flujos de materia y energía tanto en la producción como en el transporte y en la utilización de los productos generados en la cuenca. Por lo tanto, el plan de manejo debe armonizar dichos flujos de energía de tal forma que se asegure la coexistencia de uso y conservación de los recursos naturales.

En la fase de ejecución se debe brindar especial atención a la coordinación institucional y local. La importancia de estos elementos se deriva del hecho de que el manejo de la cuenca es una actividad multidisciplinaria que reclama el concurso de diversos especialistas e instituciones, así como de los usuarios para su desarrollo exitoso (Hughes-Hallet, 1985).



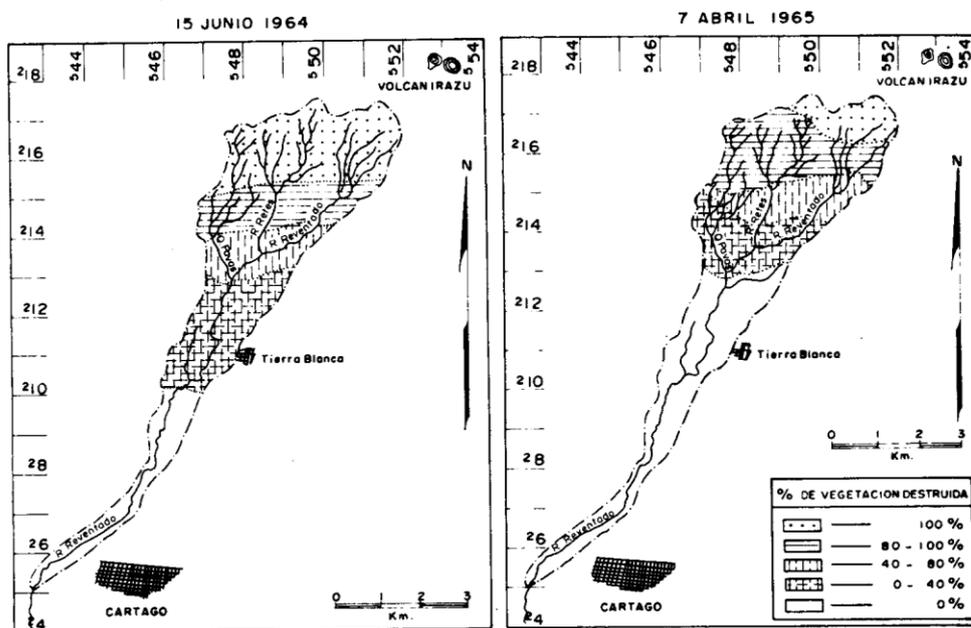
**FIGURA 3.**  
**CUENCA DEL RIO REVENTADO, CARTAGO, COSTA RICA.**

### 3. LA CUENCA DEL RIO REVENTADO: UN CASO EXITOSO DE REHABILITACION Y MANEJO DE CUENCAS ANTE DESASTRES NATURALES

#### 3.1 Antecedentes

La cuenca del río Reventado (figura 3) experimentó el efecto devastador de la erupción del volcán Irazú entre marzo de 1963 y febrero de 1965. Como consecuencia de la deposición de ceniza con un pH ligeramente superior a 4,0, el 80 a 100 % de la cobertura vegetal fue eliminada en la cuenca superior (figura 4) ocasionando, a la vez, cambios drásticos en el suelo e hidrología de la cuenca.

La ausencia de vegetación, la formación de una capa de ceniza impermeable, aunado al régimen pluviométrico, ocasionaron al menos unas 47 avenidas de lodo y detritus, así como serios problemas de erosión e inestabilidad en las áreas de mayor pendiente (figura 5) y en los cauces y márgenes de los ríos (cuadro 1). Se estima que entre marzo de 1963 y marzo de 1965 se depositó un equivalente de 2,1 cm de ceniza en la ciudad de San José (figura 5) y que para finales de la estación lluviosa de 1964



**FIGURA 4.**  
**ESTIMACION VISUAL DEL IMPACTO DE LA ERUPCION DEL**  
**VOLCAN IRAZU EN LA COBERTURA VEGETAL DE LA CUENCA DEL**  
**RIO REVENTADO.**  
Adaptado de ICE, 1965.

**CUADRO 1:  
EFECTOS DE LA ACTIVIDAD VOLCANICA DEL IRAZU  
EN LA CUENCA DEL RIO REVENTADO, CARTAGO.  
PERIODO 1963-1965**

<i>Proceso</i>	<i>Fecha</i>	<i>Efecto</i>
— Deposición de ceniza	Marzo 1963-junio 1964	Eliminación de 40 a 100% de la cobertura vegetal en la cuenca superior.
— Impermeabilización de la superficie	1963-1965	47 avenidas de lodo y detritus en la cuenca y ausencia de vegetación.
— Actividad volcánica, ausencia de vegetación y régimen de lluvias	1964	Reactivación de 4 deslizamientos, creación de 1 ó 2 nuevos.
— Erosión, degradación de cauces	Marzo 1963-marzo 1965	Remoción y movilización de más de 60 millones de metros cúbicos de detritus.
— Avenidas de lodo y detritus	1963-1965	Pérdidas materiales por más de US\$3,5 millones y 20 muertos.

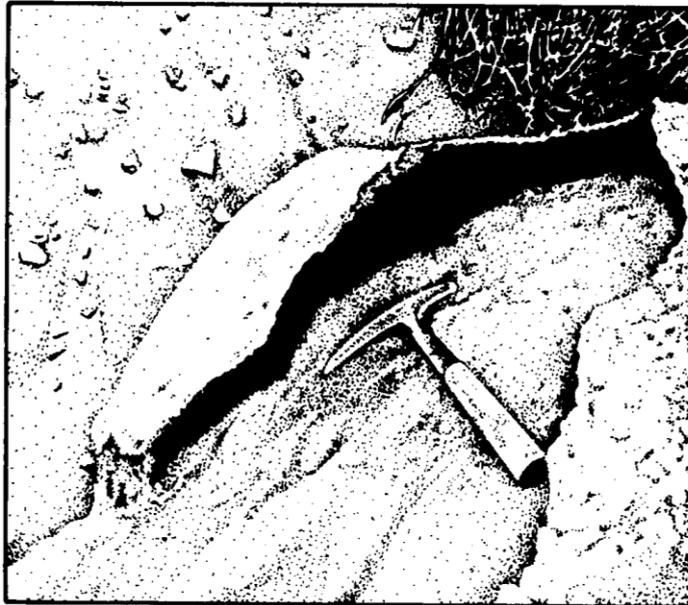
Basado en Instituto Costarricense de Electricidad, 1965; Murata et al., 1966; Ulate and Corrales, 1966 y Waldron, 1967.

se había movlizado de un tercio a un medio de la ceniza depositada en la cuenca. Además, en el período enero de 1964-marzo de 1965 se movlizaron más de 60 millones de metros cúbicos de detritus provenientes de los deslizamientos Llano Grande y Pavas 1 y 2, ubicados en el sector N-O de la cuenca superior (Instituto Costarricense de Electricidad, 1965).

Los diferentes procesos hidrológicos y geomorfológicos derivados de la actividad volcánica ocasionaron la pérdida de bienes materiales valoradas en más de 3,5 millones de dólares y de 20 vidas humanas (Waldron, 1967).

### **3.2. Rehabilitación y manejo de la cuenca**

La tarea de elaborar un plan de rehabilitación y manejo de la cuenca se inició en 1964, con la participación de diversos profesionales, instituciones estatales, gobiernos

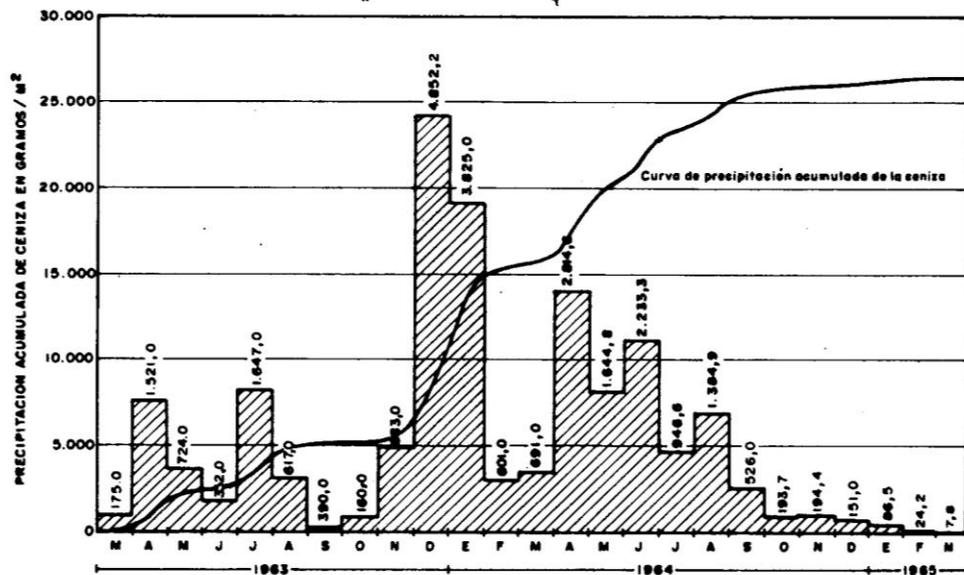


A.



B.

**FIGURA 5.**  
**EFFECTO DE LA ACTIVIDAD VOLCANICA SOBRE LA VEGETACION Y**  
**EL SUELO. A. FORMACION DE CAPA SUPERFICIAL**  
**IMPERMEABLE; B. VISTA DEL BORDE NORTE DE LA CUENCA**  
**SUPERIOR DEL RIO REVENTADO, ELEVACION 3.300 m.s.n.m.**  
Adaptado de ICE, 1965.



**FIGURA 6.**  
**PRECIPITACION MENSUAL DE CENIZA VOLCANICA EN SAN JOSE**  
 (marzo de 1963-marzo de 1965).  
 Fuente: ICE, 1965.

locales y la Agencia Internacional para el Desarrollo de Estados Unidos (USAID). Dadas las condiciones críticas de la cuenca, paralelamente a la elaboración de los estudios básicos se implementaron una serie de medidas estructurales, biológicas y administrativas, tendientes a regular el régimen hídrico de la cuenca y a reducir el impacto causado por las avenidas y los deslizamientos. A continuación se describe brevemente cada una de las acciones emprendidas.

### 3.2.1 Trabajos en el cauce del río Reventado

Durante la estación seca de 1964 se ampliaron, excavaron y rectificaron varias secciones del cauce en la cuenca inferior del río Reventado. El efecto de esta medida fue muy limitado, ya que la ampliación del cauce no aumentó su capacidad para transportar agua y detritus, sino que más bien actuó como una serie de miniembalses, los cuales fueron rápidamente colmados por las primeras avenidas de ese año. Esto ocasionó que bajo condiciones de abundante lluvia el río se desplazara unos 50 metros de su antiguo lecho.

### 3.2.2 Diques

Los diques son uno de los métodos más antiguos y de mayor uso en el mundo

para la protección contra inundaciones (Alcider, 1985; Hidehiro, 1986). En 1964 se construyeron dos diques mayores, así como otros de menores dimensiones, a lo largo de varios kilómetros del cauce inferior del río Reventado. Las estructuras, aun cuando cumplieron su función, no aliviaron el problema de avenidas generadas por la excesiva escorrentía y erosión acelerada en la cuenca superior.

### **3.2.3 Rehabilitación de la cuenca superior**

En 1964 y como parte de un programa integral de recuperación de la cuenca se iniciaron las actividades tendientes a rehabilitar la cuenca superior del Reventado. El objetivo del programa era reducir el volumen de escorrentía y minimizar la remoción de suelo de aquellas áreas severamente afectadas por la deposición de ceniza. El programa incluía las siguientes medidas:

- a. Limpieza del drenaje.
- b. Construcción de canales en contorno.
- c. Construcción de pequeñas represas de madera en cárcavas.
- d. Construcción de pequeñas represas de gabiones.
- e. Programa de reforestación y repoblación natural en aquellas áreas sin cobertura vegetal.

Para finales de la estación lluviosa de 1964 el efecto benéfico de las medidas de control y rehabilitación eran evidentes. Al inicio de la estación lluviosa la duración de la escorrentía directa era casi igual a la duración de la tormenta; sin embargo para finales de octubre de ese mismo año se observó que la duración de la escorrentía directa empezó a superar por un margen considerable la duración de la tormenta.

## **4. MANEJO POSERUPCION**

La etapa poserupción se ha caracterizado por labores de protección de la cubierta vegetal (bosques plantados y regeneración natural); así como de regulación del uso de la tierra en el área.

En la actualidad la cuenca superior es un área de gran belleza escénica, que provee un ambiente propicio para la vida silvestre, la recreación\* y el suministro de agua a varias poblaciones ubicadas en el área de influencia de la cuenca.

---

\* En 1980 la sección norte de la cuenca superior fue declarada Area Recreativa Nacional.

## 5. CONCLUSIONES

La cuenca del río Reventado es un excelente ejemplo de la ejecución de un plan de manejo para la restauración de las condiciones hidrológicas, bióticas y económicas de una cuenca hidrográfica afectada por un desastre natural. Desde el punto de vista metodológico, la experiencia no coincide con el esquema planteado en el presente trabajo, en especial en lo referente al seguimiento, evaluación y retroalimentación del plan. Sin embargo, se ha logrado la meta original: normalizar los procesos hidrológicos en la cuenca y rehabilitar el área.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Alcider Moncada, Mario. 1985. **LA CUENCA HIDROGRAFICA, EFECTOS NEGATIVOS DE SU DEGRADACION Y ALGUNAS SOLUCIONES.** Memoria Tercer Seminario Nacional en Manejo de Cuencas Hidrográficas. La Ceiba, Honduras. 9-11 Oct., 1985. CATIE, Turrialba. pp. 16-23.
- Brown, B. Carl. 1963. Watershed management. In **SOIL CONSERVATION IN THE PACIFIC. TENTH PACIFIC SCIENCE CONGRESS SERIES.** University of Hawaii Press. Honolulu, Hawaii. pp. 5-8.
- Chang, M. 1982. **LABORATORY NOTES FOREST HYDROLOGY.** The School of Forestry, Stephen F. Austin State University. Texas, USA. 203 pp.
- Hidehiro, Ishibarhi. 1986. **EROSION CONTROL WORKS IN THE VOLCANIC ZONE.** Proceeding 18th IUFRO World Congress Division 1. vol 1: 190-198. Ljubljana, Yugoslavia.
- Hughes-Hallet, Peter. 1985. **FACTORES SOCIALES EN EL MANEJO DE CUENCAS, MODO DE LOGRAR LA PARTICIPACION DE LA POBLACION RURAL.** Memoria Tercer Seminario Nacional en Manejo de Cuencas Hidrográficas. La Ceiba, Honduras. 9-11 Oct., 1985. CATIE, Turrialba. pp. 104-113.
- Instituto Costarricense de Electricidad. 1965. **INFORME SOBRE PROBLEMA EN EL RIO REVENTADO.** San José, Instituto Costarricense de Electricidad. 312 pp.
- Lugo E., Ariel. 1985. **PRINCIPLES OF ROUND WATERSHED MANAGEMENT.** In Lugo, E. Ariel and Brown, Sandra (ed.). Watershed management in the Caribbean. pp. 11-16.
- Murata, K.J.; Dondoli, César and Sáenz, Rodrigo. 1966. **THE 1963-65 ERUPTION OF IRAZU VOLCANO, COSTA RICA.** (The period of March 1963 to October 1964). Bull. Volcanol. 20:765-796.
- Programa del Hombre y la Biosfera. 1981. **MANEJO DE CUENCAS Y MONITOREO AMBIENTAL.** Notas Curso Regional de Entrenamiento. 116 pp.
- Satterbund R., Donald. 1972. **WILDLAND WARTERSHED MANAGEMENT.** New York, John Wiley and Sons. 355 pp.
- Seminario, Eduardo. 1985. **EL MANEJO DE CUENCAS.** Memoria Tercer Seminario Nacional en Manejo de Cuencas Hidrográficas. La Ceiba, Honduras. 9-11 Oct., 1985. CATIE, Turrialba. pp. 3-14.

Ulate, C.A. and Corrales, M.F. 1966. **MUD FLOODS RELATED TO THE IRAZU VOLCANO ERUPTIONS.** Am. Soc. Civil Engineers Proc. Vol.92, paper 4984. Hydraulic Div. Jour. HY6:117-129.

Waldron, Howard. 1967. **DEBRIS FLOW AND EROSION CONTROL PROBLEMS CAUSED BY THE ASH ERUPTIONS OF IRAZU VOLCANO, COSTA RICA.** USGS. Geological Survey Bulletin 1241-1. 38 pp.