

CENTRO INTERAMERICANO DE DOCUMENTACION  
INFORMACION Y COMUNICACION AGRICOLA

20 OCT 1981

CIDA — TURRIALBA COSTA RICA

## **EL PROBLEMA DEL RIO REVENTADO: 15 AÑOS DESPUES**

---

Mauricio Bermúdez Méndez



CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA, CATIE  
Programa de Recursos Naturales Renovables  
Turrialba, Costa Rica  
Agosto, 1978

## EL PROBLEMA DEL RIO REVENTADO: 15 AÑOS DESPUES

### I. LOS SUCESOS DE 1963.

El Volcán Irazú, situado en la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, inició erupciones explosivas en marzo de 1963, lanzando gran cantidad de ceniza que destruyó gran parte de la vegetación y cultivos en los terrenos ubicados en su falda sur.

Este fenómeno se prolongó hasta el mes de marzo de 1965, depositando durante este período un total estimado de más de 25.000 gramos de ceniza por metro cuadrado, con un máximo de casi 5.000 gr/m<sup>2</sup>. en diciembre de 1963.

Esta capa de ceniza, de hasta casi un metro de espesor, destruyó la vegetación y formó una capa impermeable sobre el suelo, provocando fuertes desbalances hidrológicos en las cuencas cercanas.

Una de las cuencas más afectadas fué la del Río Reventado, en la cual afectó gravemente más del 50% de la vegetación. La cuenca superior del Río Reventado tiene suelos muy inestables que fueron desprendidos y arrastrados por las corrientes, que sumado al aumento de caudales que erosionó los márgenes del río, provocaron fuertes avenidas cargadas de sedimentos y piedras que arrasaron los poblados de la parte occidental de la ciudad de Cartago.

A partir de mayo de 1963 se presentaron pequeñas avenidas que aumentaron considerablemente durante octubre y noviembre, presentándose una inundación de graves consecuencias durante el mes de diciembre de 1963, dejando como resultado la destrucción de más de 300 casas, carreteras, sistemas de comunicación, servicios de agua y electricidad, fábricas y un saldo de 20 muertos. Los daños se calcularon en cerca de 25 millones de colones (3.75 millones de dólares).

La zona inundada fue de 4.6 km<sup>2</sup> y se cubrió con lodo una área de 2.8 km<sup>2</sup>. También se presentaron deslizamientos grandes en la cuenca superior, como el de Llano Grande, que abarcó una extensión de 41 hectáreas, el de Retes de 12 ha., el de Prusia de 22 ha. y el de Pavas de 4.4 ha.

Se asegura que la causa directa del desbalance hidrológico fué la ceniza, que ocasionó fuertes avenidas ligadas a tormentas en la parte alta de la cuenca, a pesar de que el año 1963 se reportó como muy seco.

Durante 1964 disminuyeron las tormentas de 47 mm a solamente 16 mm, reduciéndose los volúmenes de agua.

En base a los estudios realizados durante el período 64-65 se recomendó, principalmente:

- Completar la siembra de gramíneas, ya iniciada, en una área de 265 ha. con avena, kikuyo, mielcilla y triguillo, labor que fue llevada a cabo por guardias civiles y cerca de 300 campesinos.
- Dar mantenimiento al sistema de zanjas de contorno, cuya extensión llegaba a los 200 km.
- Llevar a cabo investigación de control
- Construir presas de control (gaviones) del tipo experimental de 3 m. de altura, enterradas 2 m.
- Declarar Reserva Nacional toda la cuenca superior, arriba de los 2.600 m.s.n.m. con una extensión de 920 ha.
- Bajo los 2.600 m. establecer control sobre los sistemas de cultivo.
- Llevar a cabo un plan de recuperación total de la vegetación sobre los 2.600 m.

Esta cuenca, de solamente 14 km<sup>2</sup>, se origina en las faldas de los cerros Sapper (3.400 m.), Retes (3161 m) y Cabeza de Vaca (3030 m.) y se caracteriza en su parte alta por tener fuertes pendientes, ya que descendiendo 1.000 m. en sólo 6 km. Solamente el 57% del terreno es de ondulado a plano. Esta cuenca está formada por las subcuencas de los ríos Reventado, Retes y Pavas, y el 80% de su área estaba cubierta de pastos.

Por estar situada en la línea divisoria de aguas, está afectada por las lluvias pacíficas y atlánticas, con un promedio de 1.482 mm. de precipitación anual. Tiene una estación seca de enero a abril y una canícula en julio. La temperatura oscila entre 6°C y 22°C, para un promedio de 14°C.

Normalmente, en verano el caudal es de 100 l/seg., pero ocurren avenidas fuertes como la de 1951 de 226 m<sup>3</sup>/seg. Durante 1963 y 1964 se registraron cinco avenidas superiores a las de 1951, con un total de diez avenidas superiores a los 150m<sup>3</sup>/seg. El 9 de diciembre de 1963 se presentó una avenida

estimada en 407 m<sup>3</sup>/seg. y en 1964 ocurrió una de 382 m<sup>3</sup>/seg. Durante el 64 se registraron 19 eventos superiores a los 3 m. y en el 65 se registraron 10.

Esto se debe a las altas pendientes, a la falta de vegetación y a la impermeabilidad del suelo por la ceniza.

A consecuencia del desastre ocurrido se realizaron numerosos estudios de suelos y geológicos. También se establecieron una red de estaciones pluviométricas y de aforos.

Estudios realizados demostraron que cuando la pendiente es superior al 5%, una unidad de agua es capaz de transportar dos unidades de peso de material sólido.

Para esta época se realizó gran movilización de personal de varias dependencias gubernamentales, como el Ministerio de Seguridad Pública, Guardia Civil, Defensa Civil y radiopatrullas, para prevenir y socorrer a los habitantes de las zonas afectadas. También se organizaron comités populares para la construcción de diques de hasta 10 m. de altura, llevados a cabo por el gobierno de Costa Rica, con una longitud de más de doce kilómetros. En la construcción de estos diques se utilizó cerca de 1.5 millones de metros cúbicos de material.

También se colocaron 1.000 m<sup>3</sup> de gaviones de metal galvanizado rellenos de piedra, con una altura de tres a cuatro metros de altura.

El cálculo de los costos de estudios, construcción, reparación y mantenimiento de las obras para el control de las inundaciones para el período 1965-1969, fue de casi 63 millones de colones, aproximadamente 9.5 millones de dólares, que sumados a las pérdidas iniciales da un total de 88 millones de colones o sea más de 13 millones de dólares.

Estudios posteriores encontraron que durante el período 63-66 se registraron caudales sólidos de 4.540 a 6.110 toneladas por kilómetro cuadrado por año, con un promedio de 5.100 t/km<sup>2</sup>/año; y para los años 66-69 bajó a un rango de 610 a 910 t/km<sup>2</sup>/año, con un promedio de 717, aunque subió en el período 69-70 a 2.280 t/km<sup>2</sup>/año.

Para los años 63-66 el promedio de caudales es de 107 m<sup>3</sup>/s. mientras que para el período 66-69 el promedio fue de 122. Es importante resaltar que el caudal mínimo se produjo en el año 63-64: solamente 99 m<sup>3</sup>/seg.

Comparando los datos se nota fácilmente que:

- a. El arrastre durante 63-66 fue mucho mayor que en 66-69.
- b. El caudal durante 63-66 fue menor que en 66-69.

Esto da una idea clara de la gravedad del desbalance hidrológico y de la magnitud del arrastre de sedimentos ocurridos durante la época de erupciones del volcán.

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) estudió algunas de las soluciones propuestas para remediar el problema de las inundaciones del Río Reventado, y rechazó proyectos como el propuesto por la casa Reynolds, Smith & Hills.

Esta compañía proponía la construcción de canales de desvío en la cuenca superior del Río. Se proponía desviar el Río Reventado hacia el Río Yerbabuena, y el río Tatiscu hacia la Quebrada Martínez. El costo de estas obras fue calculado en cerca de catorce millones de colones.

Se consideró que, de realizarse este desvío, futuras inundaciones afectarían la zona este de la Ciudad de Cartago, así como el Sanatorio Durán y el Ferrocarril de Costa Rica. Además se argumentó que lo que podría llegar a suceder sería un traslado del problema a otras zonas no afectadas aún por estas inundaciones.

El proyecto presentado por el Club Rotario de Cartago, con un costo de cuarenta y un millones de colones, también fue rechazado.

El personal del ICE propuso soluciones más prácticas y de bajo costo. Entre estas propuestas están el continuar con la construcción de zanjas de contorno y la resiembra de vegetación protectora.

Además, propone restringir de una manera eficaz el pastoreo. Esto con el fin de que la vegetación natural logre recuperarse.

Los puntos principales de la propuesta del ICE son los siguientes:

- construcción de tanjas de contorno
- siembra de gramíneas
- desvío de aguas superficiales
- entubamientos
- construcción de presas de control
- construcción de un embalse de regulación

Este embalse de regulación propuesto debía ubicarse aguas arriba del deslizamiento de Prusia, en la depresión natural llamada laguna del Derrumbe. Este embalse tendría un dique de 140 metros de longitud con capacidad para 400.000 metros cúbicos y una área de drenaje de 2.7 km<sup>2</sup>.

Se estimó que debían construirse alrededor de 105 presas de control, con un costo de £110.000 c/u.

El entubamiento de las aguas de la Quebrada del Sanatorio Durán tenía un valor de £100.000.

Los gastos para el año de 1965 se calculó en nueve millones de colones, y el costo de las obras recomendadas para el control de la cuenca superior fue estimado en catorce millones de colones.

## II REFLEXIONES

Los desastres "naturales" inducidos por el hombre siempre provocan acciones positivas a corto plazo, para tratar de solucionar en parte los efectos de problemas cuyo origen es remoto.

En este caso, una cuenca pequeña altamente deforestada, una de las acciones a corto plazo tomadas fue la implantación de gran cantidad de árboles para proteger la cuenca, además de las obras de ingeniería.

Las especies usadas fueron foráneas:

Ciprés : Cupressus lusitanicus  
 Pino : Pinus caribaeae  
 Eucalipto: Eucalyptus sp.  
 Jaúl : Alnus acuminata

Uno de los problemas mayores que se presentó en la zona de San Nicolás de Taras fue el saqueo de arbolitos de ciprés de 1 a 2 mts. de alto para adornar las fiestas navideñas.

La estabilización de los cauces fue efectiva sin que se hayan reportado problemas serios ni fluctuaciones importantes, hasta el año en curso (1978).

Durante el mes de julio de 1978 se reportaron deslizamientos de tierra, consecuencia del descato de las recomendaciones de reducir el sobrepastoreo y evitar la extracción de lastre de los tajos.

Dentro de las obras de establecimiento de la cobertura vegetal apropiada no se estudió la posibilidad de recurrir a especies nativas de arbustos como Ricinus communis, Phytolacca icosandra, Sida rhombifolia, Mimosa pigra, Hyptis suaveolens, Bidens pilosa, Thitonia diversifolia, Montanoa diversifolia, Solanum ochraceo-ferruginum, Acacia angustifolia, Cassia tora y muchas otras.

También pudo recurrirse a árboles de buena reproducción vegetativa como Bursera simaruba, Spondias purpurea, Glicicidia sepium, Erythrina costarricensis, y otras usadas como postes de cerca viva, además de árboles de crecimiento secundario como Ochroma lagopus, Croton gossypifolius, Conostegia xalapensis, Miconia argentea, etc.

## SITUACIÓN ACTUAL DEL ESTADO DE LA CUENCA.

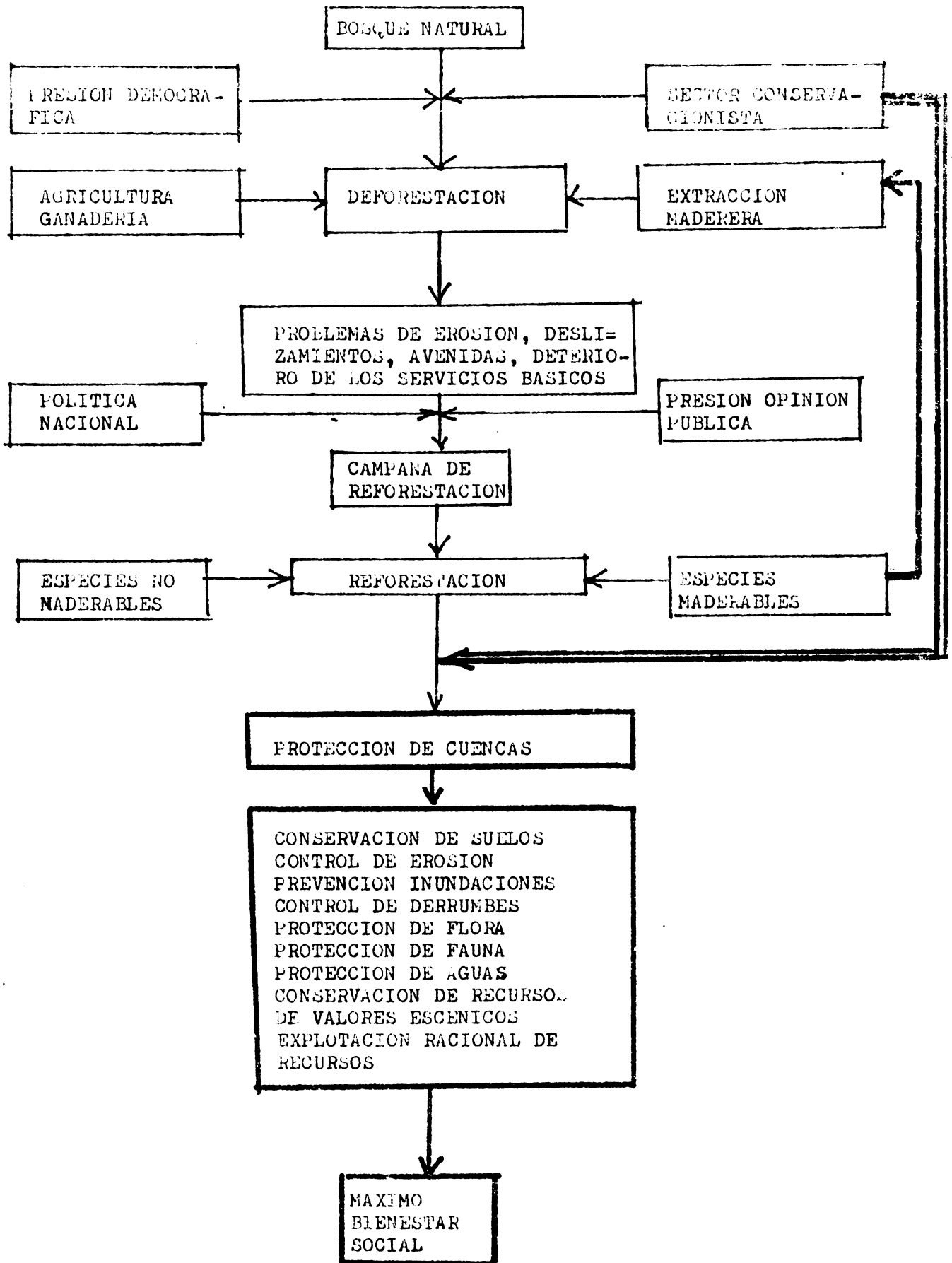
Desde 1965 hasta la actualidad la oficina de Defensa Civil tiene a su cargo el manejo de la cuenca superior.

La parte baja correspondiente a la zona inundada fue reforestada por el ICE y el Movimiento Nacional de Juventudes, con la recomendación de que no se sembraran los árboles en los 50 m. cercanos al cauce del río. Esto debido a que una inundación podría traer problemas si arrastrara estos árboles.

Defensa Civil tiene a su cargo aproximadamente 800 Ha. de terreno, sobre los 2.000 m. de altura.

La reforestación fue llevada a cabo principalmente con Jaúl, Eucalipto, Pino y Ciprés. También hay sembrados Salvia (Buddleia alpina), encinos y robles (Quercus spp.). La siembra de Sauce (Salix sp.) y de Itabo (Yucca elephantipes) dió resultados negativos.

Esquema del proceso global deforestación-reforestación



La especie que mejor resultado dió fue Eucalyptus globulus. Otras especies del género utilizadas fueron E. alba, E. longinolia y E. nitridora. Esta última no tuvo éxito.

Aunque en la zona baja existe Pinus caribaea, lo que se recomendó para esta zona de mayor altura fue P. patula.

Se calcula la cantidad de árboles plantados en cerca de 1.350.000.

Alrededor de 60 Ha. de bosque natural que existía fueron destruidos por la ceniza, aunque la mayoría se recuperó y está en buen estado.

De las 105 presas de control recomendadas, se construyeron pocas. Tres de los gaviones grandes construidos en el cauce del río fueron destruidos en 1966.

Las presas pequeñas fueron utilizadas para el control de cárcavas, con muy buen suceso. Otra de las obras de ingeniería que funcionan satisfactoriamente son los desagües de los caminos, aunque tienen un alto grado de sedimentación.

El zanjeo de contorno se comprobó que fue una de las medidas de control de aguas de escorrentía de mayor éxito, aunque requirieron mucho mantenimiento. Las paredes de las zanjas se derrumbaban con mucha facilidad por la erosión del agua y el viento.

A pesar de que se trajo gran cantidad de semillas de varias especies de gramíneas, se comprobó que el kikuyo (Pennisetum clandestinum) tiene muchas más ventajas que otras especies como el trigo, avena y otras.

La siembra de gramíneas fue otra de las buenas medidas de control y conservación de suelos llevada a cabo.

Durante los pasados quince años no se han presentado derrumbes considerables en la parte alta de la cuenca.

En 1967 y 1976 se presentaron deslizamientos en la llamada laguna del derrumbe y frente al antiguo deslizamiento de prusia, debido principalmente a la inestabilidad natural de los suelos.

El visitante que recorre la zona encontrará básicamente dos tipos de vegetación: la plantada que consiste de varias especies de pino (Pinus radiata, P. patula y otros), varias especies de Eucalipto (Eucalyptus globulus, E. aff. rostrata), Ciprés (Cupressus lusitanica) y Jaúl (Ainus acuminata).

Entre las especies que crecen naturalmente están el roble, el encino, la salvia, jaúl, iré, madroño, cacho de venado, zorrillo y arbustos como arrayán, arrayancillo, sartarillo y otros.

Entre las gramíneas más comunes están el kikuyo y la mielcilla.

Defensa Civil cuenta con un vivero con algo más de cinco mil arbolitos, sin embargo la gente del lugar considera que deberían tener más para sembrar en sus fincas, preferiblemente jaúl y salvia.

Es interesante que el jaúl no tiene éxito cuando se trasplanta de los lugares donde crece en regeneración natural.

El vivero tiene problemas debido posiblemente a la falta de nutrientes de la tierra utilizada. Esto también se nota en los cultivos de la zona, a pesar de las aplicaciones de fertilizantes ricos en fósforo y el encalado que se hace antes de sembrar. Este suelo tiene una capa grande de ceniza poco meteorizada, con textura arenosa y un pH bajo; esto último posiblemente por el contenido alto de azufre que forma ácidos.

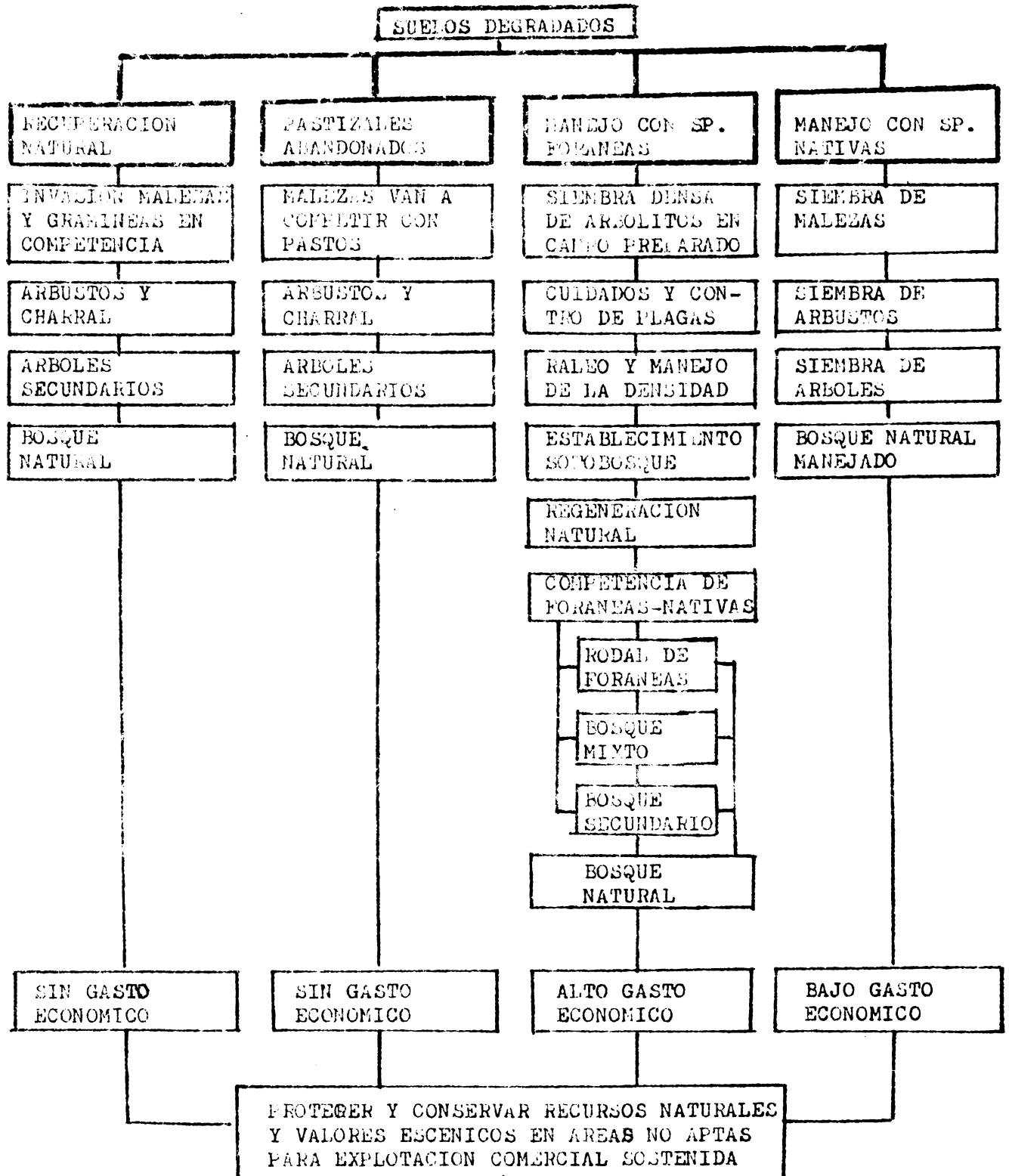
En las zonas de gradientes pronunciadas la ceniza fue lavada y afloran suelos de diversos tipos. En estos casos es importante un mapa de suelos para planificar la extensión y el tipo de vegetación con que debe reforestarse, ya que hay lugares donde el Eucalipto tiene problemas de deficiencias y allí tal vez crecería mejor el jaúl o el pino.

Las lecherías que existían en la zona fueron eliminadas y actualmente se cultiva papa, maíz, frijol y hortalizas. Además hay un llamado parque municipal donde los visitantes van a almorzar.

Debo hacer la aclaración que la siguiente discusión es opinión muy personal, basada en mi forma de ver el problema global del proceso deforestación-reforestación.

Los bosques naturales, bosques maduros cercanos al climax, están sometidos a la presión demográfica que necesita explotar cada día un volumen mayor de recursos forestales.

Esquema del proceso de sucesión natural



También existe otro sector de la población, llamado los conservacionistas, que aboga por un uso apropiado de los recursos forestales y una explotación racional e intensiva de las áreas ya colonizadas.

Cuando la presión no conservacionista, de los progresistas, logra actuar sobre los recursos ocurre la deforestación masiva de los bosques maduros.

La justificación es la necesidad de extracción masiva de madera para satisfacer el mercado y el uso agropecuario de nuevas zonas para la producción de alimentos para una población creciente.

Cuando este proceso de saqueo se realiza en áreas no aptas para la explotación comercial sostenida, la deforestación acarrea problemas muy serios de erosión, contaminación de aguas, cambios de ríos, disminución de la calidad de los servicios básicos, etc.

Cuando el daño es evidente y muy obvias sus causas, es entonces que se organizan campañas a nivel comunal y nacional, que se peticionan sobre los dirigentes de la población local, para que se inicien campañas intensivas de reforestación a corto plazo.

Esta reforestación puede tomar dos rutas o líneas de acción, dependiendo de la tenencia de la tierra y los intereses económicos de los encargados de encabezar los esfuerzos y recursos económicos de la campaña de reforestación.

Una de las tendencias es favorecer o propiciar el establecimiento de una cobertura vegetal con especies nativas no maderables.

La otra alternativa, a la que se recurre la gran mayoría de las veces, por no decir la totalidad de las veces; es la de reforestar con especies foráneas, maderables y de alto valor económico.

Estas especies son muy apreciadas tanto para madera como para pulpa de papel, además de que son de crecimiento rápido y altos rendimientos por unidad de área.

Esto hace que los terrenos donde se establecen bosques con estas especies sean muy propensos, en un futuro, a ser codiciados para obtener ganancias económicas inmediatas sobre la inversión inicial, por la demanda de productos forestales básicos.

En otras palabras: estas áreas podrían ser nuevamente deforestadas.

El propósito principal de una reforestación, en terrenos no aptos para la explotación comercial sostenida, es el de la protección de cuencas.

Esto se hace para llevar a cabo una conservación de suelos, control de erosión, control de deslizamientos, protección de flora y fauna, protección de aguas y conservación de recursos escénicos.

En pocas palabras para mantener el patrimonio nacional que proporcionará un máximo beneficio social a sus habitantes y a las generaciones futuras.

En el establecimiento natural de una cobertura vegetal boscosa lo primero que sucede es la invasión de pioneras, malezas y gramíneas que permiten por establecerse, luego aparecen los arbustos y los árboles de crecimiento secundario para finalmente dar origen a un bosque natural.

Cuando se ha talado la montaña y se abandonan los pastizales, éstos son invadidos por malezas que tienen que competir con los pastos ya establecidos.

Luego vienen los arbustos y árboles secundarios, y la sucesión sigue su curso normal.

Cuando se trata de reforestar con especies foráneas, esto requiere un sistema de manejo apropiado. Primeramente se siembra una alta densidad de arbolitos que fueron criados en invernaderos o viveros forestales (+ de 10.000/Ha.?)

Estas plantaciones requieren una serie de cuidados y atenciones para que la reforestación tenga éxito. Luego se procede a efectuar raleos. Es entonces cuando la apertura de claros de luz permite la invasión de especies nativas de crecimiento secundario.

En el sotobosque de estas plantaciones ocurre una buena regeneración. Esto puede dar origen a una competencia de los árboles foráneos con los nativos.

Al cabo del tiempo pueden ocurrir las siguientes alternativas:



- a. La formación de un bosque mixto de especies foráneas-nativas
- b. La eliminación de los árboles secundarios y mantenimiento de la plantación
- c. Eliminación del rodal de foráneas y la formación de un bosque secundario que originará un bosque natural.

Las dos últimas alternativas conllevan en sí el posible manejo para obtener beneficios planeados de conformidad de acuerdo a las necesidades de la zona.

Otra posibilidad de manejo es con especies nativas. Sembrando mairitas, arbutos, árboles de crecimiento vegetativo rápido y árboles de crecimiento secundario es posible acelerar el proceso natural de sucesión, llegando a obtener un bosque natural en menos tiempo.

Este método podría tener costos de mantenimiento más bajos y usar mano de obra menos especializada.

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- COSTA RICA, INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD. Informe sobre el problema del Río Reventado. San José, Costa Rica. 1965. 312 p. 30 láminas.
- \_\_\_\_\_. Solución al problema del Río Reventado. Informe preliminar. San José, Costa Rica. 1964. 67 p. 22 láminas.
- \_\_\_\_\_. Boletín hidrológico No. 1-10. San José, Costa Rica. 1967-1976.
- \_\_\_\_\_. Características físicas y químicas de las aguas de algunos ríos de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1977. 35 p.
- NACIONES UNIDAS, PROGRAMA PARA EL DESARROLLO. Efecto de la variación del coeficiente de escorrentía en la frecuencia de las avenidas. Organización Meteorológica Mundial. Publicación No. 122. 1976. 28 p.
- \_\_\_\_\_. Medida de sedimentos en algunos ríos del Istmo Centroamericano. Proyecto de Ampliación de los Servicios Hidrometeorológicos e Hidrológicos en el Istmo Centroamericano, Publicación No. 79. 1972. 21 p.