

OPCIONES TÉCNICAS PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE SUELOS Y AGUAS EN CUENCAS ALTAS. CASO: CUENCA ALTA DEL RÍO URIBANTE

Kretheis Márquez B., Fernando Delgado E., José Pérez R., Roberto López F.
Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial de la
Universidad de Los Andes (CIDIAT-ULA).
kretheis@ula.ve; delgado@ula.ve; prjose@ula.ve, rlopez@ula.ve

RESUMEN

Este estudio corresponde a un proyecto ingenieril que plantea las bases para el manejo sostenible de suelos y aguas en la cuenca alta del río Uribante a través de un Programa de Compensación por Servicios Ambientales, mediante la determinación de las áreas prioritarias de tratamiento conservacionista y el posterior pre-diseño de prácticas de conservación dirigidas a controlar los escurrimientos en laderas, a fin de minimizar la tasa de aporte de sedimentos al embalse Uribante, ubicado aguas abajo. Para la determinación de la zona a intervenir por el Programa, previamente, se sectorizó la cuenca de acuerdo a la estimación del grado de degradación del suelo por erosión hídrica, aplicando la Metodología propuesta por FAO-PNUMA-UNESCO. Mientras que, para el diseño de las prácticas se contemplaron las limitaciones y características de la zona, considerando: costo de los insumos, factibilidad técnica, facilidades de instalación y mantenimiento, requerimientos de asistencia institucional, así como la obtención de beneficios a corto plazo.

Palabras claves: Manejo sostenible de suelos, degradación de suelos, riesgo de erosión hídrica, erosión hídrica, Programa de Compensación por Servicios Ambientales.

ABSTRACT

This study corresponds to an engineering project that raises the foundations for soil and water sustainable management in the Uribante river upstream through a Compensation Program for Environmental Services, by identifying priority areas for subsequent treatment with pre-design conservation practices to control runoff on slopes, to minimize the rate of sediment entering the Uribante reservoir, located downstream. For the determination of the area in the watershed to be intervened for the program, soil degradation by water erosion was estimated using the methodology proposed by FAO-UNEP-UNESCO, while for the design of the practices looked at the constraints and characteristics of the area, considering: inputs cost, technical feasibility, ease of installation and maintenance requirements for institutional care, and obtaining short-term benefits.

Keywords: Sustainable land management, land degradation, water erosion risk, water erosion, Compensation Program for Environmental Services.

1. Introducción

En Venezuela, las actividades agrícolas y pecuarias representan un papel esencial en el desarrollo de la nación, pues las mismas contribuyen a mantener la economía rural y a proveer la seguridad alimentaria del país; sin embargo, gran porcentaje de estas actividades se realizan en las zonas altas con ausencia de las técnicas mínimas apropiadas que eviten, controlen o mitiguen los efectos de tal intervención. Esta situación se evidencia en la cuenca alta del río Uribante, la cual está siendo sometida a un fuerte y acelerado proceso de intervención; desmontes, ampliación de la frontera agrícola, pastoreo excesivo y desordenado, explotación irracional del bosque son sólo algunas de las actividades que han generado un marcado impacto sobre los recursos naturales, favoreciendo la alteración ecológica de extensas superficies, la desaparición progresiva de la cobertura boscosa, la degradación del suelo y alteración en la calidad de las aguas, tal como es el caso del Complejo Hidroeléctrico Uribante - Caparo; obra que está siendo comprometida por el alto aporte de sedimentos generados aguas arriba por los procesos de erosión, los cuales arriesgan la producción del servicio de hidroelectricidad proporcionado por el embalse. Por lo antes expuesto, se hace necesario crear instrumentos que coadyuven a frenar las altas tasas de erosión que se evidencian en la parte alta de la cuenca del río Uribante, dichas herramientas deben contemplar desde labores de educación y sensibilización ambiental dirigidas a todos los habitantes, hasta planes técnico – ingenieriles de manejo de cuencas, que ataquen los procesos de degradación ambiental producidos por la intensa actividad antrópica que se desarrolla en la zona. Respondiendo a la necesidad planteada anteriormente, el siguiente estudio y propuesta están enmarcados en el Programa de Promoción de Servicios Ambientales de la cuenca alta del río Uribante formulado por el Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial, y corresponde a un proyecto ingenieril que busca plantear las bases para la formulación de un Programa de Compensación o Pago por Servicios Ambientales, a través de la determinación de las áreas prioritarias de tratamiento conservacionista y el posterior pre-diseño de prácticas de conservación de suelos y aguas que corresponderán al instrumento por el cual consumidores (beneficiarios) pagarán para obtener la protección del recurso hídrico.

2. Materiales y métodos

2.1 Fase de recopilación, generación, organización y análisis de la información temática básica de la cuenca alta del río Uribante. En esta fase se procedió a: la recopilación, organización y análisis de las investigaciones realizadas sobre la cuenca del río Uribante con el objeto de obtener una reseña sobre los componentes físico - naturales de la parte alta de la cuenca y la elaboración de mapas temáticos.

2.2 Fase de determinación de los componentes y características del Programa de Compensación por Servicios Ambientales en la cuenca alta del río Uribante (PCSA).

Para la determinación de los componentes y características del PCSA, se estableció el procedimiento mostrado en la Figura 1, partiendo de que el servicio ambiental a conservar es la protección del recurso hídrico a fin de conservar la vida útil del embalse Uribante y garantizar la sostenibilidad de la cuenca como productora de hidroelectricidad.

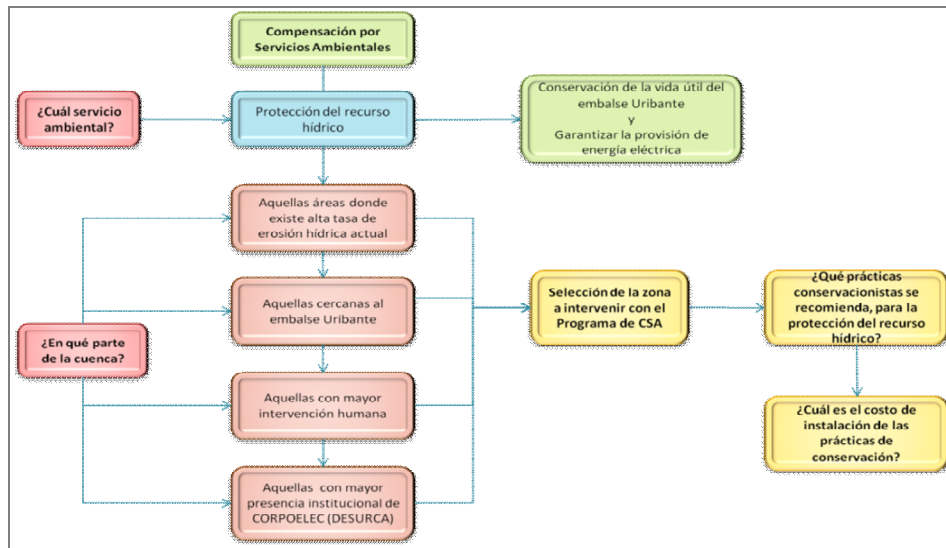


Figura 1. Procedimiento para la selección de los componentes y características del PCSA en la cuenca alta del río Uribante.

2.2.1 Selección de la zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales. Para la determinación de esta unidad, se establecieron tres (3) criterios:

i. El área debía poseer una tasa significativa de degradación del suelo por erosión hídrica (alta a muy alta). Para estimar tanto el riesgo de degradación del suelo por erosión hídrica (erosión potencial) y la degradación del suelo erosión hídrica actual (o presente), se aplicó la Metodología FAO-PNUMA-UNESCO (1980) para la Evaluación de la Degradación de los Suelos. Una vez estimados cada uno de los factores que contempla la Metodología, se procedió a la superposición (multiplicación) de los mapas raster generados (Figura 2), para la obtención del riesgo de erosión hídrica y posteriormente la estimación de las tasas de la erosión hídrica actual de la cuenca alta del río Uribante.

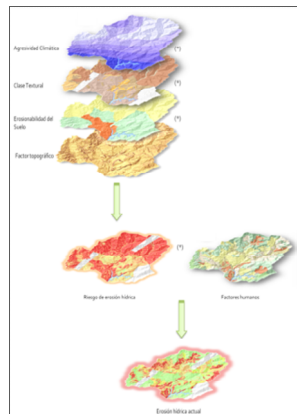


Figura 2. Modelado cartográfico para la generación de los mapas de riesgo y tasas actuales estimadas de pérdida de suelo por erosión hídrica, cuenca alta del río Uribante

ii. El sector debía estar ubicada en las cercanías del embalse

Para la evaluación de la cercanía de los sectores de la cuenca alta del río Uribante al embalse, se dividió la cuenca en tres (3) subpartes: i) alta, ii) media y iii) baja, tomando en consideración la variación altitudinal de la cuenca, la cual va desde los 1.000 hasta los 3.800 m.s.n.m. (Cuadro 1).

Cuadro 1. Evaluación de la cercanía de los sectores al embalse

Localización altitudinal de los sectores (m.s.n.m.)	Cercanía al embalse
1.000 – 1.800	Alta
1.800 – 2.600	Media
> 2.600	Baja

iii. La unidad debía tener un grado de intervención antrópica de moderado a alto
 Para esto se tomó en consideración el uso de la tierra predominante en los distintos sectores. Así, la presencia de cultivos permanentes o de ciclo corto se considera indicativo de una moderada intervención humana, las actividades pecuarias y de horticultura se consideraron como indicativo de un alto grado de intervención, mientras que, la cobertura vegetal natural y la agricultura de subsistencia con tracción humana se catalogaron bajo grado de intervención.

iv. Determinación de la presencia institucional en los sectores de la cuenca alta del río Uribante

Este criterio sólo es evaluado si dos o más sectores presentan características suficientes para ser calificado como zona a intervenir por el PCSA, de ser así el sector a considerar será aquel en donde se habrían ejecutado anteriormente labores de asesoría y extensión rural por parte de la Empresa (en este caso CORPOELEC, DESURCA).

2.2.2 Selección y prediseño de las prácticas conservacionistas a establecer en la zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales

Para la elección de las medidas de conservación que integrarán el PCSA, se debió conocer el o los sistemas de cultivos existentes en el área de intervenir, a fin de determinar qué prácticas serían compatibles con los distintos sistemas de producción, para esto, se realizaron un número necesario de visitas al área de trabajo a fin de:

- i) Generar un mapa a mayor detalle, correspondiente al área prioritaria de tratamiento conservacionista definida en la fase anterior, referente al uso y cobertura de la tierra.
- ii) Definir y caracterizar, los sistemas de producción existentes en la zona prioritaria, para esto se realizó una entrevista semi-estructurada a los propietarios de las fincas existentes en la zona a intervenir.

Posterior a la ampliación de la escala de trabajo e identificación de los atributos de los sistemas de producción, se procedió a seleccionar y pre-diseñar las prácticas agroconservacionistas. Para la selección de las prácticas no sólo se contemplaron los procesos de degradación y los atributos de las unidades de tratamiento sino además se estableció que las mismas tendrían que ser socialmente aceptables y factibles, por lo que, deberán cumplir las condiciones planteadas por (Delgado, 2004; basado en Bechstedt, 1997)

- a. Utilizar insumos de bajo costo.
- b. Ser técnicamente factibles.
- c. Ser simples de instalar y mantener.
- d. Deben depender lo menos posible de asistencia institucional.
- e. Ofrecer beneficios a corto plazo.

Para el prediseño de las prácticas, se siguieron los criterios técnicos establecidos para cada una, posterior al prediseño se estimaron los costos de establecimiento y mantenimiento de las obras.

2.2.3 Determinación del costo de instalación de las prácticas de conservación a establecer en el Programa de Compensación por Servicios Ambientales

La estimación de los costos para cada una de las prácticas de conservación propuestas, se realizó en función de la mano de obra requerida, materiales y equipos de construcción así como del material vegetal necesario para la obtención de resultados óptimos. Los costos fueron calculados tanto por hectárea a intervenir con la práctica, como por superficie total donde se establecerá la práctica. Asimismo, se presentaron en moneda nacional (BsF.) como extranjera (\$) de manera tal, que en un futuro se puedan tener costos reales para la fecha.

3. Resultados y Discusión

3.1 Distribución de los riesgos de degradación del suelo por erosión hídrica en la cuenca alta del río Uribante (REH).

La cuenca posee una tasa media de pérdida de suelo igual a 193,39 Mg ha⁻¹ año⁻¹ (Figuras 3 y 4), clasificándose así como alta, siendo la erosionabilidad del suelo el factor de mayor influencia en el resultado, seguido por el factor climático.

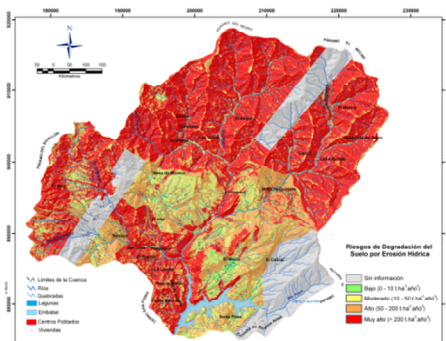


Figura 3. Distribución espacial del riesgo de degradación de suelos por erosión hídrica en la cuenca alta del río Uribante

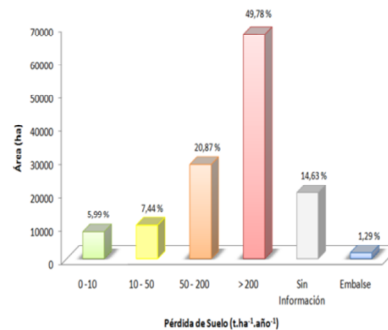


Figura 4. Distribución porcentual del riesgo de degradación de suelos por erosión hídrica, considerando al superficie total de la cuenca alta del río Uribante

3.2 La Degradación del Suelo por Erosión Hídrica en la Cuenca

3.2.1 Los factores humanos.

Los resultados de este factor se obtuvieron relacionando tanto la vegetación natural como las tierras de cultivos con el porcentaje de superficie ocupada por cada cobertura (Cuadro 2 y Figura 5).

Cuadro 2. Valoración de los factores humanos en la cuenca alta del río Uribante.

Cobertura		Valoración (i)	Porcentaje de Superficie ocupada por la cobertura principal (ii)	Valoración final (ii) x (i)
Vegetación Natural	Bosque Claro con Substrato	0,2	87,53	0,18
	Herbáceo Denso	0,01		0,01
	Bosque Denso	0,02		0,02
	Matosales densos	0,07		0,06
	Partizales densos	0,12		0,11
	Partizales medios	0,45		0,39
Cultivos	Cultivos anuales (con terrazas)	0,8	10,85	0,09
	Cultivos anuales (sin terrazas)	0,8		0,09

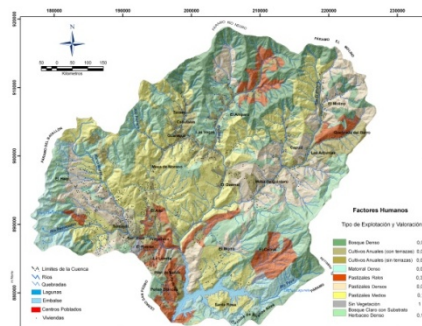


Figura 5. Tipo de Explotación y valoración, en la cuenca alta del río Uribante

3.2.2 Distribución de la degradación del suelo por erosión hídrica en la cuenca alta del río Uribante (EHA). Una vez estimado el riesgo de degradación del suelo por erosión hídrica y evaluados los factores humanos, se obtuvo que un 26,09% de la superficie total de la cuenca se encuentra afectada por una erosión hídrica baja o ligera ($< 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) (Figuras 6 y 7).

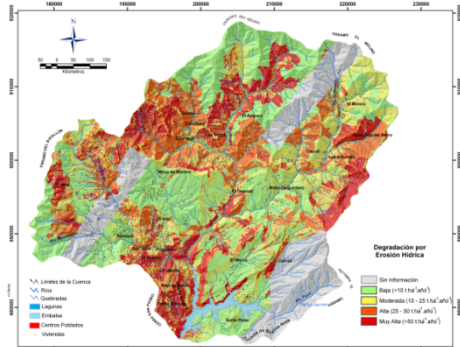


Figura 6. Distribución espacial de la degradación del suelo por erosión hídrica, en la cuenca alta del río Uribante

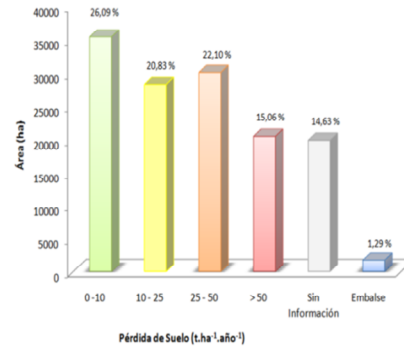


Figura 7. Distribución porcentual de la degradación del suelo por erosión hídrica actual, considerando la superficie total de la cuenca alta del río Uribante

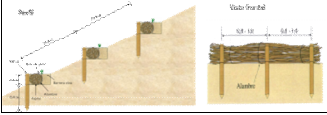
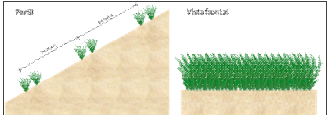
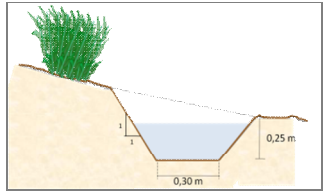
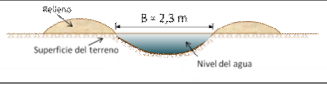
3.3 Determinación de la Zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales. Aplicando el esquema propuesto para la determinación de la Zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales, se determinó que el área prioritaria fue la aldea “Peñas Blancas” la cual posee una superficie aproximada de 1.151 ha. De acuerdo a las características de las fincas establecidas en el área, se determinó que la zona se encuentra integrada por cuatro (4) sistemas de producción agrícola: Sistema de producción I: caficultura y ganadería extensiva a pequeña escala, sistema de producción II: horticultura y ganadería extensiva a pequeña escala, sistema de producción III: caficultura y ganadería semi-intensiva a mediana escala y sistema de producción IV: agricultura diversificada y ganadería extensiva a gran escala.

3.3.1 Selección y prediseño de las prácticas agroconservacionistas en la zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales

Con el objeto de garantizar la protección del recurso hídrico y con esto la vida útil del embalse, se formularon las prácticas de conservación de suelos y aguas a implementar en la zona a intervenir con el Programa de Compensación por Servicios Ambientales, dichas obras fueron formuladas analizando las limitaciones y características actuales de los sistemas de producción. Obteniéndose que las prácticas agroconservacionistas seleccionadas y prediseñadas fueron: i) Fajinas de ramas + Barreras vivas, para el sistema de producción I. ii) Barreras vivas dobles permanentes, para el sistema de producción II. iii) Acequias de ladera + Barreras vivas, para el sistema de producción III. iv) Franja de pasto denso, para el sistema de producción IV. v) Programa de reforestación, para las márgenes de los cursos de agua. Las características relevantes de las prácticas se presentan en el Cuadro 3. El establecimiento de las prácticas de manejo y conservación anteriormente señaladas, tendrá un costo aproximado de 9.995.757,00 BsF., lo que equivale a 4.649.192,59 \$, y comprenderán el instrumento por el cual los consumidores (beneficiarios) pagarán para obtener la protección del recurso hídrico y constituirán una nueva forma de

ingreso y beneficio para los proveedores del servicio (en este caso los agricultores de la zona).

Cuadro 3. Características de las prácticas de conservación prediseñadas

Prácticas	Área a intervenir	Características del diseño
- Fajinas de ramas - Barreras vivas	Sistema de producción I (caficultura y ganadería extensiva a pequeña escala)	IV= 5,2 m IH = 14,7 m D = 15,6 m Hijos de <i>Vetiveria zizanoides</i>
		 <p>Elaboración propia * * Con base en Francke <i>et al.</i> (1998)</p>
- Barreras vivas dobles permanentes	Sistema de producción II (horticultura y ganadería extensiva a pequeña escala)	IV= 5,2 m IH = 14,7 m D = 15,6 m 15 cm entre rizomas, con 20 – 30 cm entre hileras Hijos de <i>Vetiveria zizanoides</i>
		
- Acequias de ladera - Barreras vivas	Sistema de producción III (caficultura y ganadería semi-intensiva a mediana escala)	Espaciamiento entre acequias = 16,9 m Área servida por cada 100 m de canal = 1.694 m ² Descarga por cada 100 m de canal = 33 l/s Metros de acequia por hectárea = 592 m/ha = Metros de barrera viva Límite de longitud de acequia = 237 m Desnivel de la acequia (S) = 0,5 % Profundidad de la acequia = 0,25 m Profundidad del agua en el canal (p) = 0,30 m Gradiente del canal (G) = inclinación del terreno = 35,47 % Borde libre del canal = 0,20 m Ancho del superior de la sección parabólica (B) = 2,3 m (para garantizar que la capacidad del canal sea la adecuada) Área del flujo = 0,26 m ² Perímetro mojado del canal = 2,404 m Radio hidráulico del canal = 0,191 m Velocidad del flujo = 4,92 m/s Capacidad del canal = 2,27 m ³ /s Hijos de <i>Vetiveria zizanoides</i>
		 <p>Fuente: Elaboración propia * * Con base en Rojas (1990)</p>  <p>Fuente: Elaboración propia * * Con base en Cubero (1994)</p>
- Franja de pasto denso	Sistema de producción IV (agricultura diversificada y ganadería extensiva a gran escala)	IV= 5,2 m IH = 14,7 m D = 15,6 m Ancho de la faja= 3 m 15 cm entre rizomas, con 20 – 30 cm entre hileras Hijos de <i>Vetiveria zizanoides</i>
- Programa de Reforestación	Zonas inmediatas a los cursos de agua	<i>Inga spp.</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Vismia baccifera</i> y <i>Clusia multiflora</i> .

4. Conclusiones

La aplicación de la Metodología para la Evaluación de la Degradación de los Suelos (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980) indica que la cuenca posee un riesgo de degradación por erosión hídrica igual a $193,39 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, clasificándose así como alto, siendo la erosionabilidad del suelo el factor de mayor influencia en el resultado, seguido por el factor climático. Un 49,78 % de la superficie de la cuenca posee un riesgo de erosión hídrica muy alto ($> 200 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), presentándose valores de hasta $2101 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, mientras que los riesgos de erosión altos cubren el 20,87% del área, un 7,44 % se encuentra clasificado en el rango de riesgo de erosión moderado y solamente el 5,99 % de la superficie total posee un riesgo bajo. Una vez estimado el riesgo de degradación por erosión hídrica y evaluados los factores humanos, se obtuvo que la tasa media de degradación por erosión hídrica en la cuenca es moderada igual a $22,76 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Un 26,09 % de la superficie total de la cuenca se encuentra afectada por erosión hídrica en grado bajo o ligero ($< 10 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$), mientras que la erosión alta afecta aproximadamente el 22,10 % y el 15,06 % de la superficie presentan una tasa de erosión muy alta, siendo El Hato, Río Negro, Quebrada del Barro, Cerro la Escalena, Cerro el Morro, La Lomita, San José, Peñas Blancas, Cuchilla de Rubio y las zonas inmediatas a Pregonero, las zonas más afectadas.

Referencias citadas

- Cubero D. (1994). Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. Ministerio de agricultura y Ganadería – FAO. Segunda edición. Costa Rica.
- Delgado F. (2004). Agricultura sostenible y mejoramiento de suelos de Ladera. Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial. ULA. Mérida. Venezuela.
- FAO-PNUMA-UNESCO. (1980). Metodología provisional para la degradación de los suelos. Roma. Italia.
- Francke S., Makita M., Tokugawa K. y Vargas R. (1998). Manual de control de erosión. Ministerio de Agricultura. Corporación Nacional Forestal. Santiago de Chile. Chile.
- Rojas D. (1990). Conservación de suelos y aguas. Facultad de Ciencias Forestales. ULA. Mérida. Venezuela.