

## **DINAMICA HIDRICA DE UN PASTIZAL DE *Pennisetum clandestinum* HOCHST EX CHIOV**

### **WATER DYNAMICS IN A *Pennisetum clandestinum* HOCHST EX CHIOV PASTURE**

**Yaneth A. Rincón<sup>1,2</sup>, Michele Ataroff<sup>3</sup> y Fermín Rada<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia

<sup>2</sup>Postgrado en Ecología Tropical, e <sup>3</sup>Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.  
yadririncon@yahoo.es, ataroff@ula.ve, frada@ula.ve

#### **RESUMEN**

La introducción de pastizales en sistemas naturales implica cambios en el funcionamiento hidrológico dependientes de la configuración espacial de la especie, la topografía y el clima que la rodea. En este trabajo, se realizó un monitoreo de la dinámica hídrica de un pastizal *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov (kikuyo) sometido a distintos niveles de corte: sin corte, con corte a 10cm y 5cm de altura, establecido en un área de selva nublada montano baja, a 1920msnm en Los Andes de Venezuela. La precipitación vertical (Pv) y precipitación neta parcial (Pnp) fueron medidas mediante pluviómetros cilíndricos y tipo canal, mientras que el escurrimiento superficial (Es) y drenaje (D) se determinaron con parcelas de escurrimiento y lisímetros. La precipitación total (Pt) registrada durante 35 días de época húmeda fue 192mm, incluyendo un aporte por riego. La Pnp para el pastizal sin corte fue de 28,6% de Pt, 49,7% y 49,0% para el pasto con corte a 10cm y 5cm, respectivamente. Se estimó la precipitación neta total en 71%, 85% y 90% para los pastizales sin corte y con corte a 10 y 5cm, respectivamente. Los valores de Es resultaron bajos en todos los casos. El D mostró valores de 22,2% de Pt, 46,7% y 40,1% para el pastizal sin corte y con corte a 10 y 5cm, respectivamente. Por otra parte, el drenaje medido en suelo desnudo durante 19 días mostró un valor de 52,2% de Pt. El balance general para la época húmeda del pastizal de kikuyo mostró una intercepción baja del follaje (10-30%) determinada por el nivel de corte y por la arquitectura de las plantas que parecen favorecer la escorrentía caular. El bajo Es resultó acorde con lo que se conoce para la especie. Aunque sólo se consideró una profundidad de 30cm, los valores de drenaje permitieron estimar la evapotranspiración para esta época entre 53 y 77% de Pt.

#### **ABSTRACT**

The introduction of pastures to natural systems implies changes in the hydrological functioning dependant on species spatial configuration, topography and surrounding climate. Monitoring of water dynamics of a Kikuyo pasture (*Pennisetum clandestinum* Hochst ex chiov) subjected to different cutting levels (without cutting, cutting at 10cm and 5cm in height) established in the low montane cloud forest at 1920masl was evaluated. Vertical precipitation and partial net precipitation were measured with cylindrical and channel pluviometers, while surface runoff and drainage were determined through runoff plots and lysimeters. Total precipitation (Pt), for the study period, was 192mm including an additional artificial contribution (irrigation). Partial net precipitation for the pasture without cutting was 28.6% of Pt, for 10cm was 49.7% and for the 5cm treatment was 49.0%. Estimation of total net precipitation was 71% for the pasture without cutting, for 10cm was 85% and for the 5cm was 90%. Values of surface runoff were negligible in all cases. Water drainage measurements showed values of 22.2% of Pt, 46.7% and 40.1% for without cutting, cutting at 10cm and 5cm, respectively. On the other hand, drainage measured for 19 days in bare soil showed a value of 52.2% of Pt. El balance general para la época húmeda del pastizal de kikuyo mostró una intercepción baja del follaje (10-30%) determinada por el nivel de corte y por la arquitectura de las plantas que parecen favorecer la escorrentía caular. El bajo Es resultó acorde con lo que se conoce para la especie. Aunque sólo se consideró una profundidad de 30cm, los valores de drenaje permitieron estimar la evapotranspiración para esta época entre 53 y 77% de Pt.

#### **INTRODUCCION**

La ganadería de altura destinada principalmente a la producción de leche corresponde a un sector

cada vez más importante en la economía de la región Andina (Malave y Marín 1985, Medina

1983). Estudios relacionados con el impacto de la actividad agropecuaria por su extensión y perturbación en la unidad ecológica de selva nublada montana baja venezolana han recibido poca atención, a pesar de la gran importancia implícita de esta área montañosa como zona colectora y reguladora de agua.

La sustitución por pastizales confiere al escenario de selva nublada una nueva cobertura y estructura controlada por el patrón espacial y temporal (mosaico de pastoreo) que sigue el ganado y el tipo de manejo que imparte el ganadero. La introducción de la gramínea de origen africano *Pennisetum clandestinum* Hochst ex Chiov ha sido determinada en gran medida por atributos como resistencia a la sequía, hábito de crecimiento agresivo, buena calidad nutritiva, resistencia al pastoreo y buena aceptación por el ganado (Dávila y Chaverra 1987). El pasto kikuyo constituye uno de los cultivos comunes adaptado excelentemente a las condiciones topográficas particulares de este ambiente alto andino de pendientes pronunciadas, substratos geológicamente inestables y altas precipitaciones. Estos pastizales presentan procesos funcionales en los que el agua juega un papel fundamental.

La dinámica del agua depende notablemente de la disposición de la biomasa aérea del pastizal. La variación temporal y espacial en los compartimientos aéreos puede significar una ganancia inicial por intercepción de agua y una vía de disipación por evapotranspiración, aspectos que convergen en el balance hidrológico y la conservación del agroecosistema. Ataroff y Rada (2000) propusieron que en una gradación de intensidades de pastoreo, los pastizales de kikuyo sometidos a pastoreo intensivo posiblemente aumentarían el escurrimiento y la evaporación del suelo, mientras disminuiría la intercepción y transpiración.

En el presente estudio los efectos de cambios abruptos en la estructura aérea de *P. clandestinum* por pastoreo son abordados a través de modificaciones ejercidas por repetidas podas (cortes) sobre la biomasa aérea, con el fin de determinar el cambio en los flujos hídricos. En este sentido, la investigación tiene como objetivo comparar la dirección y magnitud del flujo de agua en pastizales sin corte y con corte a 10cm y a 5cm de altura, los cuales simulan los cambios en biomasa

entre un pastizal sin pastoreo, con pastoreo extensivo y con pastoreo intensivo, respectivamente. De este modo, se analizará como el tipo de manejo del pastizal incide en la dinámica hidrológica bajo condiciones de época lluviosa.

## AREA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la Estación Experimental Santa Rosa del Instituto de Investigación Agropecuaria (IIAP) de la Universidad de Los Andes, ubicada entre los 8°38'21"N y 71°08'48"O (figura 1). La temperatura promedio anual es de 17°C y la precipitación es de 1994mm. El patrón de precipitación muestra dos picos anuales: uno entre abril y mayo y el otro entre octubre y noviembre.

El suelo es de origen coluvial, presenta bloques de arenisca, gnéis y granito, algunos de gran tamaño, guijarros fundamentalmente cristalinos, areniscosos y material fino. El régimen de humedad del suelo es udico (Romero 1980).

La Estación presenta una elevación promedio de 1920m y una pendiente entre 10–39% (Romero, 1980). El suelo fue clasificado como perteneciente a la familia esquelética franca, mixta e isotérmica de los Humic Dystrudepts, de acuerdo con el sistema de clasificación del USDA (Soil Survey Staff 1998). Las clases de textura hasta una profundidad de 80cm son similares y van de francoarenoso a franco. El horizonte superficial (0-27cm) presenta una densidad aparente de 0,94g cm<sup>-3</sup> de acuerdo a la metodología de excavación (Pla 1977).



**Figura 1:** Estación Experimental Santa Rosa (IIAP), Mérida, Venezuela. Foto C. Erazo.

## MATERIALES Y METODOS

El área de estudio presenta pasto kikuyo plantado hace más de 15 años. Una parte de este área fue dividida en tres bloques contiguos con una superficie total de 234m<sup>2</sup> (36x6,5m). Como unidades experimentales se emplearon, dentro de cada bloque, tres parcelas con cada uno de los tratamientos asignados al azar: sin corte, con corte a 10cm de altura y con corte a 5cm. Los cortes a 10 y 5cm son equivalentes a una capacidad de carga animal extensiva (0,5 UA) e intensiva (1,0 UA), respectivamente, según datos de la Estación Experimental. Las parcelas presentaron pendientes entre 8 y 12%.

Para evaluar la respuesta hídrica de los pastizales a las épocas de condiciones hídricas contrastantes, se estudió los flujos de agua durante un período húmedo y luego se simuló un período de extrema sequía protegiendo las parcelas de los ingresos de lluvia cubriéndolas con un techo plástico ubicado a 1m sobre el suelo. El ingreso de agua extra, por flujos provenientes de áreas adyacentes, se evadió mediante la construcción de una zanja de 50cm de profundidad en la parte más alta de los bloques.

Durante 35 días del período húmedo (18/11/2002 al 22/12/2002) se realizaron medidas diarias de distintos flujos hídricos. Para garantizar un ingreso alto de precipitación, cuando hubo escasez de lluvias se aplicó riego por aspersión a las parcelas durante una hora por día, lo cual ocurrió 8 días. Las medidas de riego se hicieron después de transcurrida esa hora con 9 pluviómetros con área de captación de 0,0078 m<sup>2</sup> colocados en el suelo. Este aporte hídrico artificial se realizó desde el 4-8/12/2002 y del 13-15/12/2002 (figura 2). La cantidad de agua incorporada por esta vía (R) fue adicionada a la que ingresó por precipitación vertical (Pv) y finalmente los datos se homogenizaron para producir un sólo valor diario de precipitación total (Pt).

**Precipitación vertical (Pv):** Se midió mediante tres pluviómetros de 0,0125m<sup>2</sup> de área de captación, ubicados en una cerca adyacente a las unidades experimentales.

**Precipitación neta parcial (Pnp):** Se determinó con pluviómetros tipo canal de 0,0452m<sup>2</sup> de área de captación instalados en cada unidad experimental a ras del suelo. Este flujo comprende la lluvia que atraviesa las hojas llegando

directamente al suelo (caída libre) y la retenida temporalmente por el follaje que gotea de él.

**Precipitación neta total (Pnt):** Se estimó según los resultados de una evaluación puntual. Para los diferentes tratamientos se tomó muestras con área de 0,0225m<sup>2</sup> en un experimento realizado en Mejue, Colombia, de un pastizal a 2250msnm. Se colocó las muestras sobre una rejilla de alambre de cobre con iguales dimensiones, constituida por pequeñas celdas de 1,5cm y se eliminó todo lo originalmente subterráneo (suelo y raíces) dejando únicamente la biomasa aérea (hojas + tallos + necromasa), manteniendo su configuración espacial. Se dispuso una bandeja debajo para recolectar el agua que drenaba de la biomasa aérea como medida de precipitación neta total (Pnt = Pnp + escorrentía caulinar). La cantidad de agua agregada a cada muestra fue equivalente a una lluvia de 11,1mm, aplicada lo más uniformemente posible mediante regadera.

**Escurrimiento superficial (Es):** Se determinó mediante una parcela de escurrimiento de 5x2m (10m<sup>2</sup>) ubicada en cada unidad experimental (9 en total). Las parcelas se dispusieron en el sentido de la pendiente.

**Drenaje vertical (D):** Fue medido volumétricamente mediante un lisímetro monolítico instalado en cada unidad experimental (9 en total). Este dispositivo consistió en un envase de metal galvanizado de 20cm de diámetro y 30cm de profundidad. Igualmente, se realizaron medidas en suelo desnudo entre el 4 - 22/12/2002 .

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados correspondientes a la respuesta del pastizal de *P. clandestinum* (kikuyo) en un período húmedo y bajo diferentes cortes, fueron organizados en lapsos de 5 días y se expresaron como porcentaje de la precipitación total. La precipitación total (Pt = Pv+R) para los 35 días medidos en el período húmedo fue de 192,4mm. La entrada de agua registrada por precipitación vertical (Pv) fue de 130,6mm y por riego (R) de 61,8mm (figura 2). La precipitación total no tuvo una distribución uniforme; variabilidad que debió influir en la cantidad y el movimiento del agua en el suelo.

La cantidad de agua que llegó a la superficie del suelo por Pnp presentó valores porcentuales totales

para el período lluvioso de 28,6% para el pastizal sin corte, 49,7% para el pasto con corte a 10cm y 49,0% para el pasto con corte a 5cm de altura (tabla 1). La Pnp es presentada como valores absolutos por lapsos de 5 días en la figura 3. La relación entre precipitación neta parcial y precipitación total diaria resultó altamente significativa para todos los tratamientos ( $R^2 = 0,92$  para pastizal sin corte, 0,95 con corte a 10cm y 0,96 con corte a 5cm).

Los registros de Pnp fueron bajos, lo que revela un bajo goteo del follaje y caída libre, sin embargo, los porcentajes de agua en el suelo (datos no publicados) y los de drenaje sugieren lo opuesto es decir una considerable infiltración). Por lo tanto, el agua incidente debe movilizarse por escurrentía caulinar favorecida por la arquitectura de la gramínea y el ángulo de las hojas. El experimento diseñado para evaluar la Pnt permitió notar la importancia del flujo caulinar el cual incrementó entre 35 y 43% el valor de la precipitación neta (Tabla 1).

Los valores porcentuales en el pastizal reflejan la disminución de intercepción con el incremento en el grado de corte (Tabla 1). Así, la biomasa aérea del pastizal sin corte intercepta mayor cantidad de agua, de un orden similar al reportado por Ataroff y Sánchez (2000). Para otra gramínea, *Digitaria decumbens* en ambiente de sabana, Acevedo y Sarmiento (1990) registraron una intercepción insignificante cuando la biomasa aérea fue inferior a los 100g m<sup>-2</sup> (después de su corte) pero con el aumento de biomasa (400-500g m<sup>-2</sup>) y del índice de área foliar (aprox. 5) la intercepción alcanzó valores del 30%. Ellos destacan que con los cortes, los estolones se hicieron más densos actuando como importantes superficies interceptoras de agua. Al respecto, Brye *et al.* (2000) señalan que mucha de la

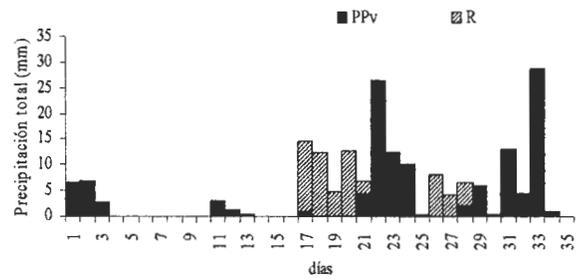


Figura 2: Precipitación total diaria (Pt = PPv + R) durante el período lluvioso en el área de estudio. Barras negras: precipitación vertical (PPv); barras rayadas: riego (R).

intercepción en una pradera es asociada con la necromasa y no con el dosel vivo. De esta forma la biomasa aérea efectúa importantes cambios en la dirección, retención y magnitud del agua.

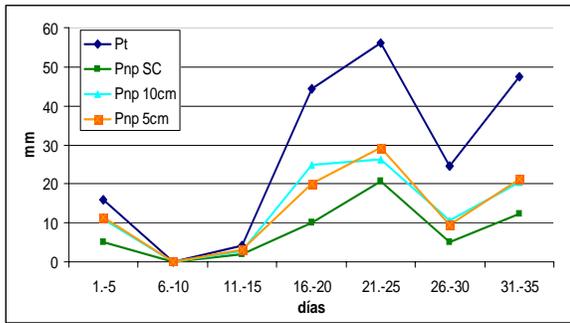
Los valores de Es resultaron muy bajos en todos los tratamientos (figura 4). El pastizal sin corte presentó un valor de 0,46%, con corte a 10cm 0,29% y con corte a 5cm 0,76%. El pastizal con corte a 5cm exhibió el valor porcentual más alto en el lapso (1,4%) (figura 4). El proceso de escurrimiento superficial en el agroecosistema varía con los cambios en la vegetación, dado que es afectado por tallos y estolones que operan como una barrera e igualmente por la cantidad de mantillo y contenido de materia orgánica que pueden actuar reteniendo el agua.

Sin embargo, no existen investigaciones en escurrimiento superficial que evalúen específicamente el efecto que produce la remoción de biomasa aérea por pastoreo o aun por corte. Algunos estudios en pastizales de kikuyo con mínima o ninguna intervención de pastoreo muestran resultados similares con nuestros, entre ellos pueden citarse valores de 1,5% (Pt=1159mm) en un pastizal con inclinación de 52% (Ataroff y Sánchez 2000), de

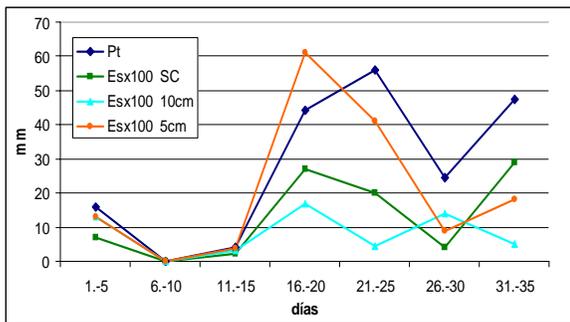
Tabla 1: Balance hídrico en pastizales de *P. clandestinum* sin corte, con corte a 10cm de altura y con corte a 5cm de altura, Mérida, Andes de Venezuela. Valores en % de Pt.

Tratamiento	Intercepción	Precipitación neta parcial	Precipitación neta total*	Escurrimiento	Drenaje -30cm
Sin corte	28,6	28,6	71,4	0,46	22,2
10cm	15,1	49,7	84,9	0,30	46,7
5cm	10,5	49,0	89,5	0,76	40,1

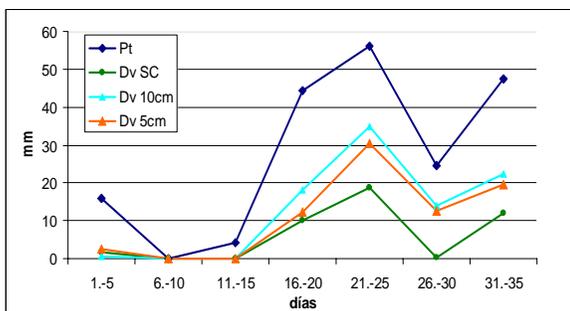
\*: Calculado de datos puntuales.



**Figura 3:** Dinámica de la precipitación total (Pt) y precipitación neta parcial (Pnp) en lapsos de cinco días para los tres tratamientos de pastizal de *P. clandestinum* durante 35 días del período húmedo; SC: sin corte, 10cm: corte a 10 cm de altura, 5cm: corte a 5 cm de altura.



**Figura 4:** Distribución de la precipitación total (Pt) y escurrimiento x100 (Es) en lapsos de cinco días para los tres tratamientos de pastizal de *P. clandestinum* durante 35 días del período húmedo; SC: sin corte, 10 cm: corte a 10 cm de altura, 5cm: corte a 5cm de altura.



**Figura 5:** Dinámica de la precipitación total (Pt) y drenaje (Dv) en lapsos de cinco días para los tres tratamientos de pastizal de *P. clandestinum* durante 35 días del período húmedo; SC: sin corte, 10cm: corte a 10cm de altura, 5cm: corte a 5cm de altura.

2% en un área de selva nublada con pendiente mayor de 30° (Pt=3124mm, Ataroff y Rada 2000), valores de 0,5 – 7,0% en un área con pendiente de 8 a 10% (Pt = 5 -40mm, Salm 1997), 0,04-1,06% en un pastizal con pendiente entre 50-60% (Malave y Marín 1985), 3,18% en otro pastizal del IIAP con una pendiente de 9% (Pérez y López 2000).

Las mediciones de drenaje en *P. clandestinum* mostraron un valor de 22,2% para el pastizal sin corte, 46,7% para el pastizal con corte a 10cm y 40,1% para el pastizal con corte a 5cm en los 35 días. Por otra parte, el drenaje medido en suelo desnudo durante 19 días mostró un valor de 52,2% de Pt. Los resultados de drenaje muestran que todos los tratamientos presentaron el valor porcentual más alto en el lapso de mayor precipitación total (33,5% para el pastizal sin corte, 62,10% para el pastizal con corte a 10cm y 54,19% para el pastizal con corte a 5cm) (figura 5). La relación entre precipitación total y drenaje (en base diaria) se ajustó a un modelo binomial en forma significativa ( $R^2 = 0,91$ ,  $R^2 = 0,91$  y  $R^2 = 0,89$  para el pastizal sin corte, con corte a 10 y 5cm, respectivamente).

El mayor drenaje en los dos pastizales con corte se debe probablemente a un menor desarrollo del dosel, con estructura más abierta y baja fracción radicular, situación que contrasta con el pastizal sin corte, el cual exhibió una alta cobertura y valores mayores en biomasa. Esta mayor biomasa y cobertura redundaría en un menor ingreso de agua en el suelo por menor precipitación neta y escurrimiento, y simultáneamente podría generar mayores tasas de transpiración. Sánchez (1996) consideró que la alta infiltración básica en un suelo de pastizal con kikuyo pudo deberse a la gran densidad de raíces superficiales y porosidad del suelo. La biomasa radical contribuiría a la capacidad de absorción del agua, reduciendo el contenido de humedad del suelo y retardando su saturación. Para otros pastizales, Acevedo y Sarmiento (1990) reportaron drenaje de 27,4% de Pt (Pt= 1720,9mm) en un pastizal de *Digitaria decumbens*, mientras Brye *et al.* (2000) encontraron un drenaje de 16,2% (Pt= 693mm) en una pradera natural.

La secuencia diaria seguida por el drenaje en el suelo desnudo correspondió con la registrada por la precipitación total. Sarmiento y Acevedo (1991) destacaron que el llenado del suelo al iniciarse la temporada de lluvias es más rápido bajo suelo

desnudo que bajo pastura, debido a que el pasto pierde agua por evapotranspiración y el suelo desnudo sólo por evaporación. Así, el suelo semeja un colador cuyos grandes orificios representados por los macroporos dejan pasar más de la mitad del agua. La cantidad restante se almacena temporalmente en el suelo y se pierde por evaporación.

El balance general para la época húmeda del pastizal de kikuyo mostró una intercepción baja del follaje (10-30%) determinada por la arquitectura de las plantas que parecen favorecer la escorrentía caular y por el nivel de corte (Tabla 1). El bajo escurrimiento resultó acorde con lo que se conoce para la especie. Sin embargo, se notó un efecto ocasionado por el nivel de corte. Por su parte, los valores de drenaje mostraron diferencias importantes con porcentajes muy superiores en los pastizales con corte.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, D., G. Sarmiento. 1990. Intercepción de la lluvia, escorrentía superficial y drenaje profundo en una pastura tropical y un cultivo de maíz en Barinas, Venezuela. *Ecotropicos* 3(1):12-32.
- Ataroff, M., F. Rada. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio* 29(7): 238-242.
- Ataroff, M., L.A. Sánchez. 2000. Precipitación, intercepción y escorrentía en cuatro ambientes de la cuenca media del río El Valle, Estado Táchira, Venezuela. *Revista Geográfica Venezolana* 41(1): 11-30.
- Brye, R.K., M.J. Norman, L.G. Bundy, T.S. Gower. 2000. Water budget evaluation of prairie and maize ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:715-724.
- Dávila, S.V, G. Chaverra. 1987. Kikuyo. *En: Establecimiento y manejo de pastos y forrajes*. TOA No134. Bogota, Colombia. Pp 146-153.
- Malave, J., W. Marín. 1985. Intercepción, escurrimiento superficial y erosión en un área bajo presión con ganadería de altura en el Joque. Tesis Ing. For., Fac. Ciencias Forestales, Mérida, Venezuela.
- Medina, I. 1983. Establecimiento, rendimiento y valor nutritivo del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Boletín informativo Asoprogal. N°4.
- Pérez, U., R. López. 2000. Estudio preliminar de la erosión hídrica en un inceptisol de los andes venezolanos bajo uso agrícola. *Revista Forestal Venezolana* 44(2): 11-19.
- Pla, I. 1977. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. Univ. Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología, Maracay, Venezuela.
- Romero, E. 1980. Efecto de la fertilización nitrogenada (orgánica – inorgánica) sobre la relación suelo – planta, usando como cultivo a la papa variedad «Alfa» en la región de los Andes. Tesis de Maestría, CIDIAT, Mérida, Venezuela.
- Salm, H. 1997. Erosión de suelos bajo diferentes tipos de uso de la tierra en el valle del río Camacho, Departamento de Tarija- Bolivia. Pp 159-167 *In* Liberman, M. y Baied C. (eds): Desarrollo sostenible de ecosistemas de montañas: manejo de áreas frágiles en Los Andes. UNU – PL-480, La Paz, Bolivia.
- Sánchez, L.A. 1996. Erosión bajo diferentes tipos de uso de la tierra en un sector de la cuenca del río El Valle, el Cobre, estado Táchira, Venezuela. Tesis Maestría Ecología Tropical, Univ. Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Sarmiento, G., D. Acevedo. 1991. Dinámica del agua en el suelo, evaporación y transpiración en una pastura y un cultivo de maíz sobre un alfisol en los llanos occidentales de Venezuela. *Ecotropicos* 4 (1): 27 – 42.
- USDA. 1998. Keys to soil taxonomy. 8<sup>th</sup> Edition. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture, Washington.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo recibió apoyo financiero de: la Red Interamericana de Cooperación Andes Sabanas (RICAS), Inter American Institute for Global Change Research (IAI) a través del proyecto CRN-040 y el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes (proyecto C-1167-02-01). Agradecemos al personal técnico del IIAP y del ICAE de la Universidad de Los Andes, por la ayuda prestada en el trabajo de campo y de laboratorio. Igualmente, agradecemos al Dr. Roberto López por la ayuda brindada en la caracterización del suelo y facilitarnos el laboratorio de suelos del CIDIAT.