

ESTUDIOS DE DINÁMICA HÍDRICA EN LA SELVA NUBLADA DE LA MUCUY, ANDES DE VENEZUELA

WATER DYNAMICS STUDIES IN LA MUCUY CLOUD FOREST, ANDES OF VENEZUELA

Michele Ataroff S.

*Instituto de Ciencias Ambientales y Ecológicas (ICAE), Facultad de Ciencias, Universidad de Los Andes,
Mérida, Venezuela. ataroff@ula.ve*

RESUMEN

En este trabajo se resume la información sobre dinámica hídrica de la selva nublada de La Mucuy, Andes de Venezuela, la cual sirvió de base para la planificación de parte de las investigaciones que sobre esta temática fueron realizadas en el marco del proyecto IAI-CRN-040 en la Red Interamericana de Cooperación Andes Sabanas (RICAS). En la selva nublada de La Mucuy estudiamos, por varios años, diversos aspectos de su dinámica hídrica. Los resultados indican que recibió aportes anuales por precipitación vertical (Pv) de 3100mm y de intercepción de neblina (Ph) de 300mm, interceptando 51% de este ingreso ($Pt=Pv+Ph$). La escorrentía caulinar fue de 0,2% y la precipitación neta total fue de 49% de Pt. En la superficie del suelo, la hojarasca interceptó el 6% y el escurrimiento fue 1,4% de Pt, similar al 2% registrado en un pastizal de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) cercano. A pesar de ello, el suelo del pastizal presentó % de humedad entre 7-11% menores que los de la selva. El ritmo mensual del escurrimiento mostró que la selva amortiguó los picos cuando las precipitaciones fueron altas en comparación con el pastizal, el cual los magnificó. Aunque las pérdidas estimadas por transpiración deberán ser validadas, ellas fueron mucho mayores en el pastizal, lo cual explicaría que aún teniendo una mayor infiltración el % de humedad en su suelo sea menor. Esta investigación permitió detectar problemas claves a ser estudiados para la comprensión de la dinámica hídrica de estos sistemas así como proponer estudios comparativos en otras localidades de selvas andinas.

ABSTRACT

Here I summarize the results on the water dynamics of a cloud forest at La Mucuy, in the Venezuelan Andes, from a preliminary study conducted for several years. Annual vertical precipitation was 3100mm and annual horizontal precipitation was 300mm, 51% of which was intercepted by the canopy. Stem flow was 0.2% and net precipitation represented 49% of the total precipitation. On the soil surface, run-off was 1.4% of the total precipitation, similar to the values registered in a nearby grassland (*Pennisetum clandestinum*); however, soil humidity was 7-11% higher in the forest than in the grassland. The forest litter intercepted 6% of the run-off. The fact that soil humidity was lower in the grassland than in the forest, despite the higher infiltration rates, may be due to the higher transpiration rates (which still have to be validated). The monthly registers of run-off showed that contrary to the grassland, the forest buffered the effects of high intensity rains. These results allowed us to detect key aspects that needed further research and the design of comparative studies in other Andean forests as part of the water research program of our network RICAS (IAI-CRN-040).

INTRODUCCIÓN

En los ríos y quebradas permanentes de montaña, la estabilidad del caudal base depende de los drenajes superficiales, subsuperficiales y profundos, los cuales a su vez dependen de los flujos hídricos canalizados por la vegetación. Diferentes tipos de vegetación determinan diferencias en los flujos de agua, de modo que cuando se modifica los sistemas naturales o son reemplazados por agroecosistemas, se generan cambios en la distribución aérea y subterránea del agua. En el caso de las selvas nubladas de Los Andes, a lo largo de toda la zona tropical, se trata de sistemas

que sufren de una fuerte deforestación y reemplazo por pastizales que en muchos casos son de *Pennisetum clandestinum* (Hochst ex Chiov) (pasto kikuyo), gramínea de origen africano ampliamente utilizada como pasto para ganadería de altura. Este cambio, producto de la intervención humana, genera consecuencias ecológicas de gran impacto que afectan tanto la biodiversidad como múltiples procesos ambientales. A pesar de una conciencia cada vez más generalizada de sus consecuencias, los estudios sobre este tema son escasos.

Diversos aspectos de la dinámica hídrica de las selvas nubladas y los pastizales que las reemplazan han sido estudiados en Argentina (Hunzinger 1997), Bolivia (Salm 1997), Colombia (Vis 1986, Veneklaas y Van Ek 1990, Veneklaas *et al.* 1990, De Las Salas y García 1996, Rodríguez y Ballesteros 1997), y Venezuela (Steinhardt 1979, Malavé y Marín 1985, Cavelier y Goldstein 1989, Ataroff y Rada 2000, Ataroff 2002). Sin embargo, los datos existentes no son suficientes para permitir conclusiones sobre el efecto de la intervención humana en la dinámica de aguas en localidades andinas.

Desde 1996, hemos trabajado en la selva nublada de La Mucuy, en Los Andes de Venezuela, en un programa de estudios en ecohidrología de sistemas naturales e intervenidos con el objetivo de analizar los principales flujos hídricos, sus montos y patrón temporal, los «cuello de botella» de las vías de pérdida y almacenamientos así como su dinámica, comparando las selvas prístinas con los cambios provocados por el impacto de su transformación en pastizales. Con ello, pretendemos generar información que nos permita en un futuro cercano predecir los cambios de la dinámica hídrica a otros niveles en las montañas andinas, según su grado y tipo de intervención y variaciones climáticas por cambios globales.

Este trabajo, es un resumen de los estudios de dinámica hídrica en la selva nublada de La Mucuy hasta 1999, los cuales sirvieron de base para el programa de dinámica hídrica en selvas nubladas andinas dentro de la Red Interamericana de Cooperación Andes y Sabanas (RICAS), financiada por el Inter-American Institute for global change (IAI).

ESTUDIOS DE DINÁMICA HÍDRICA EN LA MUCUY, VENEZUELA, 1996-99.

Entre los años 1996 y 1999, desarrollamos investigaciones sobre dinámica hídrica en selva nublada andina en el área de La Mucuy (8°38'N, 70°02'O), en Parque Nacional Sierra Nevada, estado Mérida, Venezuela, a 2300m de altitud, con 14°C de temperatura media anual, precipitaciones entre 2800-3400mm y más de 300mm de intercepción de neblina (Ataroff y Rada 2000). Paralelamente, evaluamos los principales flujos hídricos en un pastizal de *P. clandestinum* (kikuyo) en un área vecina, en la finca «Agropecuaria La Isla».

La selva nublada estudiada presenta una estructura compleja con un estrato alto abierto e irregular que alcanza 20-25m, el cual cubre un estrato de árboles medianos (entre 6 y 15m) y otro de árboles pequeños y arbustos entre 1 y 6m (Acevedo *et al.* 2003). La alta carga de epifitas sobre estos árboles constituye un elemento adicional en la complejidad estructural (Walker y Ataroff 2002). Las principales especies de árboles altos incluyen *Clusia multiflora*, *Guettarda steyermarkii*, *Laplacea fruticosa*, *Alchornea triplinervia* y *Billia columbiana* (Lamprecht 1954; Acevedo *et al.*, 2003). Las especies más comunes en el sotobosque comprenden a *Psychotria aubletiana*, *Palicourea demissa*, *Solanum meridense*, *Monochaetum meridense*, *Fuchsia venusta* y *Chusquea fendleri*, y entre las epifitas resaltan *Tillandsia biflora*, *Racinaea tetrantha*, *Epidendron dendrobii*, *Oncidium falcipetalum* y *Peperomia microphylla* (Acevedo *et al.* 2003).

METODOLOGÍA

Los flujos medidos y/o estimados incluyeron a) precipitación vertical y horizontal para evaluar las entradas, b) precipitación efectiva o neta y escorrentía por los troncos para evaluación de transferencias, c) intercepción del follaje y de la hojarasca, y humedad del suelo para evaluación de almacenamientos, y d) escurrimiento superficial y transpiración (+intercepción del follaje y de la hojarasca) para evaluar las pérdidas.

Los métodos empleados fueron descritos por Ataroff y Rada (2000). La precipitación vertical fue medida en el cercano Campo Experimental Truchícola de La Mucuy (INIA), mientras en la selva la precipitación horizontal se midió con dos Standard Fog Collector (1m² de doble malla Raschel, 60% de sombra) instalados uno en ladera y otro en el fondo de valle ambos a 5m del suelo. La precipitación neta se midió con 6 pluviómetros tipo canal 3x0,18m, y la escorrentía por los troncos con colectores anulares o en espiral en todas las leñosas con diámetro (DAP) superior a 2,5cm en una parcela de 20x15m. El escurrimiento superficial se midió en selva y pastizal con tres parcelas de escurrimiento de 10x3m en cada caso. Los datos se tomaron como acumulados semanales durante tres años (1996-98) en la selva original y dos años en el pastizal (1997-98).

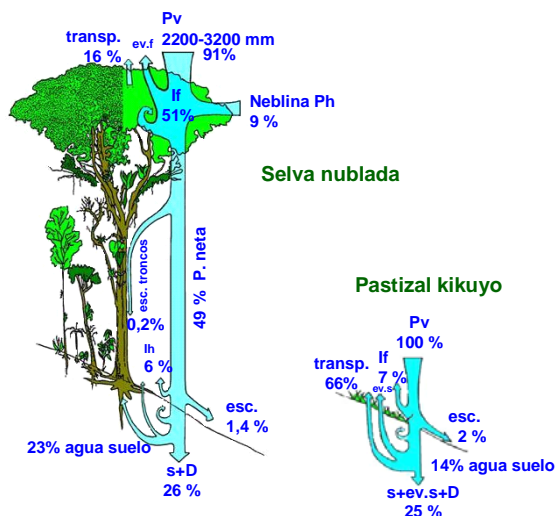


Figura 1: Principales flujos hídricos y sus proporciones en la selva nublada y pastizal de kikuyo en La Mucuy, Venezuela (fuente: Ataroff y Rada 2000).

La interceptación de hojarasca fue estimada a partir de curvas de desaturación realizadas en laboratorio con cinco muestras de 481cm² de hojarasca sin disturbar. La humedad del suelo fue estudiada a partir de tres muestras semanales de suelo en cada uno de tres niveles de profundidad: entre 0-10cm, 10-20cm y 20-30cm, y analizadas por método gravimétrico. Presentamos los resultados semanales entre 28 mayo y 09 octubre de 1998 correspondientes a dos meses con Pv media diaria de 7mm y los siguientes dos meses con Pv media diaria de 13mm.

La transpiración de ambos sistemas fue estimada a partir de medidas de intercambio gaseoso realizadas en diferentes épocas del año, considerando índice de área foliar y diferencias en la duración de horas de luz por época del año. Las medidas se realizaron en la selva nublada de Monterrey, en la misma cuenca y altitud, considerando cinco especies del dosel y cuatro especies del sotobosque, así como *P. clandestinum* en el pastizal (Vilanova 1996, Rada *et al.* 1998, Ataroff y Rada 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante los años de estudio la precipitación vertical (Pv) media fue de 3124mm anual (ingreso total para el pastizal), lo que sumado a la precipitación horizontal (Ph, 309mm) dio un

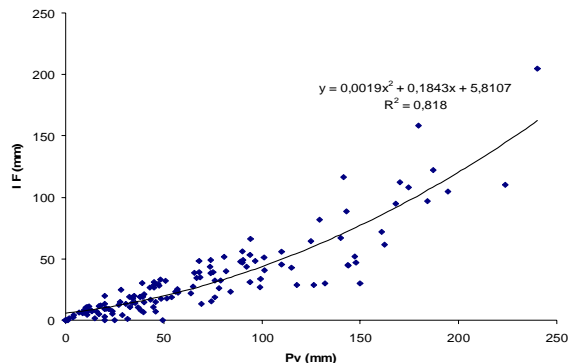


Figura 2: Relación interceptación (IF)-precipitación vertical (Pv) en la selva nublada de La Mucuy, Venezuela.

ingreso total de agua para la selva (Pt) de 3433mm (figura 1, Ataroff y Rada 2000). Ambos valores de precipitación están dentro del rango reportado para selvas nubladas de todo el mundo (Bruinjzeel y Proctor 1995). Cavelier y Goldstein (1989) generaron las únicas otras medidas de Ph en Los Andes venezolanos en el Zumbador, con entre 3 - 19% de Pv.

La interceptación del follaje fue muy alta, 51% del ingreso (Ataroff y Rada 2000). Otras selvas nubladas del Norte de Los Andes han mostrado proporciones menores, entre 40 y 20% (Steinhardt 1979, Veneklaas y Van Ek 1990, De Las Salas y García 1996, Rodríguez y Ballesteros 1997). Esta alta interceptación pudiera ser efecto de la gran complejidad estructural, incluida la alta carga de epifitas. La interceptación depende tanto de características estructurales del dosel como de las precipitaciones, así esperamos que una estructura compleja tenga una mayor interceptación que otras más simples a medida que las precipitaciones aumenten. En La Mucuy, esta relación muestra buen un ajuste con un modelo binomial positivo, con una pendiente mucho mayor que la presentada por otros sistemas forestales (figura 2, Ataroff 2002). La interceptación del pastizal fue estimada en 7% a partir de los datos obtenidos para un ambiente menos lluvioso (Ataroff y Sánchez 2000; Ataroff y Rada 2000), sin embargo, las dificultades metodológicas no han permitido aún tener un valor definitivo, dado que las medidas con pluviómetros tipo canal sólo consideran goteo y caída libre, desestimando el flujo caulinar el cual pudiera ser importante en estas gramíneas.

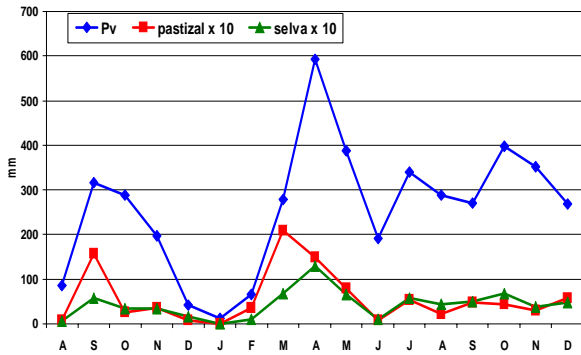


Figura 3: Precipitación vertical (Pv) y escurrimiento superficial en la selva nublada y pastizal de kikuyo en La Mucuy, Venezuela.

La alta interceptación en la selva determinó una baja precipitación neta (Pn) que resultó ser 49% de Pt, mientras la escorrentía por los troncos sólo representó el 0,2% (Ataroff y Rada 2000). Este flujo suele tener valores bajos en el balance anual (Bruijnzeel y Proctor 1995), en La Carbonera, Andes venezolanos, Steinhardt (1979) midió 0,8%. El agua que llegó a la superficie del suelo fue interceptada por la hojarasca en una proporción estimada en 6% de Pt.

El escurrimiento superficial fue bajo en ambos sistemas a pesar de la fuerte pendiente (mayor que 30°), siendo 1,4% de Pt en la selva y ligeramente superior, 2%, en el pastizal (Ataroff y Rada 2000). Aunque ese valor es muy bajo para un pastizal, está en el rango de lo obtenido en otros trabajos 0,9-2,3% (Malavé y Marin 1985, Salm 1997, Ataroff y Sánchez 2000), sugiriendo un efecto particular relacionado con características de la especie. Sin embargo, más que en el balance anual, fue en el ritmo mensual donde se notó diferencias importantes entre los dos ambientes (figura 3). Los máximos de precipitación vertical generaron máximos de escurrimiento mucho mayores en el pastizal que en la selva, sugiriendo que la respuesta del pastizal frente a aumentos importantes de Pv no es tan eficaz como la de la selva. Según esto, uno de los impactos del pastizal sería un mayor peligro de crecidas máximas de ríos y quebradas, el cual se agudizaría en escenarios de cambios climáticos en los que la tendencia sea al aumento de las precipitaciones y en particular aquellas con mayores intensidades. Haciendo un balance de estos flujos se nota que el

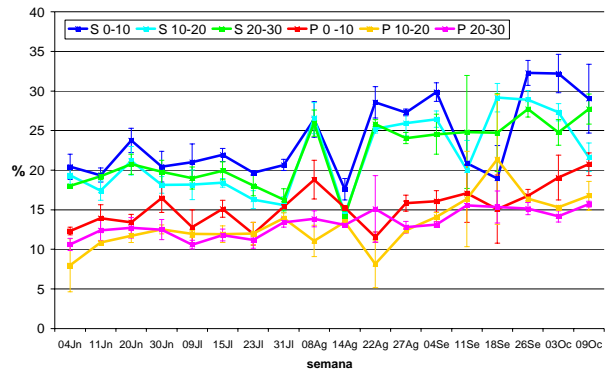


Figura 4: Porcentaje de agua en el suelo de selva nublada (S) y pastizal de kikuyo (P) a tres profundidades entre junio y octubre, La Mucuy, Venezuela.

agua infiltrada fue mucho mayor en el pastizal que en la selva, sin embargo el porcentaje de humedad en el suelo (primeros 30cm) en el pastizal resultó menor que en la selva (figura 4). Contrastando dos meses con Pv relativamente baja y los siguientes dos con Pv alta (media diaria de 7 y 13mm respectivamente) se nota una diferencia importante en la media del porcentaje de humedad en los primeros 30cm de selva y pastizal, en la cual la selva mostró 21, 19 y 19% en 0-10, 10-20 y 20-30cm respectivamente, mientras el pastizal tuvo 14, 12 y 12% a las mismas profundidades durante el lapso menos lluvioso (figura 4). En el lapso más lluvioso los valores medios fueron 28, 26 y 26% en la selva a 0-10, 10-20 y 20-30cm respectivamente, mientras en el pastizal fueron 17, 15 y 15% a las mismas profundidades (figura 4). Dado que las diferencias en las características edáficas no fueron grandes, y por lo tanto no explican una mayor retención de agua en el suelo de la selva, los resultados sugieren una mayor pérdida en el pastizal por drenaje o por evapotranspiración. No teniendo datos sobre drenajes en ninguno de los dos ambientes, tratamos de evaluar y comparar las pérdidas gaseosas.

La transpiración estimada, mostró pérdidas del 16% de Pt en la selva y del 66% en el pastizal (Rada *et al.* 1998, Ataroff y Rada 2000). Aunque estos resultados necesitan validarse con otros métodos (por ejemplo con balance energético), son un indicador de la gran importancia de la evapotranspiración en el pastizal de kikuyo. La alta demanda de agua por parte de esta especie es reportada por los planificadores de los sistemas de ganadería intensiva, como por ejemplo la UPJ

de Progal (Unidad Productiva El Joque) en Los Andes venezolanos.

En el caso del pastizal habría que contemplar además una proporción de agua evaporada directamente del suelo. Así, el agua remanente en el suelo, responsable de los flujos subsuperficiales lentos y los drenajes más profundos, debería ser menor en el pastizal como lo prevé el balance general (figura 1). El papel de los pastizales de kikuyo en la generación de estos flujos, así como del escurrimiento superficial, es de suma importancia para la comprensión del impacto de estos pastizales en la dinámica del caudal de los principales cursos de agua de las cuencas donde es sembrado.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, M., M. Ataroff, S. Monteleone, C. Estrada. 2003. Heterogeneidad estructural y lumínica del sotobosque de una selva nublada andina de Venezuela. *Interciencia* 28(7):394-403.
- Ataroff, M., F. Rada. 2000. Deforestation impact on water dynamics in a Venezuelan Andean cloud forest. *Ambio*. 29(7):440-444.
- Ataroff, M. 2002. Precipitación e Intercepción en ecosistemas boscosos de Los Andes venezolanos. *Ecotropicos* 15(2):194-203.
- Bruinjeel, L.A., J. Proctor. 1995. Hydrology and biogeochemistry of tropical montane cloud forests: what do we really know? *In*: L.S. Hamilton, J.O. Juvik y F.N. Scatena (eds.) *Tropical Montane Cloud Forests*. Ecological Studies 110, Springer Verlag, New York.
- Cavelier, J. y G. Goldstein. 1989. Mist and fog interception in elfin cloud forest in Colombia and Venezuela. *Journal of Tropical Ecology* 5: 309-322.
- De Las Salas, G., C. García. 1996. Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristóbal, Bogotá. Informe Técnico, Fondo FEN, Colombia.
- Hunzinger, H. 1997. Hydrology of Montane Forests in the Sierra de San Javier, Tucumán, Argentina. *Mountain Research and Development* 17 (4): 299-308.
- Lamprecht, H. 1954. Estudios Silviculturales en los Bosques del Valle de La Mucuy, cerca de Mérida. Ed. Fac. Ingeniería Forestal, Univ. Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Malavé, J.C., W.E. Marín. 1985. Intercepción, escurrimiento superficial y erosión en un área bajo fresno con ganadería de altura en El Joque estado Mérida. Tesis Ing.For., Fac. Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- Rada, F., C. García-Nuñez, M. Ataroff. 1998. Estrés hídrico en especies del dosel de una selva nublada andina. Resúmenes del VII Congreso Latinoamericano de Botánica, México.
- Rodríguez, J.E., M.M. Ballesteros. 1997. Diversidad biológica vegetal y funcionamiento del bosque alto andino circundante al embalse del Neusa (Cundinamarca). Informe Técnico, Fondo FEN, Colombia.
- 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*: *Desarrollo sostenible de ecosistemas de montañas: manejo de áreas frágiles en Los Andes*. Liberman, M. y Baied C. (eds) UNU- PL- 480, La Paz, Bolivia.
- Steinhardt, U. 1979. Untersuchungen über den Wasser und Nährstoffhaushalt eines andinen Wolkenwaldes in Venezuela. *Göttinger Bodenkundliche Berichte* 56:1-185.
- Veneklaas, E., R. Van Ek. 1990. Rainfall interception in two tropical montane rain forests, Colombia. *Hydrological Processes* 4:311-326.
- Veneklaas, E., R. Zagt, A. VanLeerdam, R. Van Ek, G. Broekhoven, M. Van Genderen. 1990. Hydrological properties of the epiphyte mass of a montane tropical rain forest. *Vegetatio* 89:183-192.
- Vilanova, I. 1996. Intercambio de gases y relaciones hídricas en plantas del sotobosque de la selva nublada de La Mucuy, Edo. Mérida, Venezuela. Tesis Biología, CIELAT, Fac. Ciencias, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

Vis, M. 1986. Interception, drop size distributions and rainfall kinetic energy in four Colombian forest ecosystems. *Earth Surface Processes and Landforms* 11:591-603.

Walter, R. y M. Ataroff . 2002. Biomasa epífita y su contenido de nutrientes en una selva nublada andina, Venezuela. *Ecotropicos* 15(2):203-210.