

ANÁLISIS DEL CONOCIMIENTO EN LA RELACIÓN AGUA-SUELO-VEGETACIÓN PARA EL DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

JUAN CAMILO VILLEGAS*

RESUMEN

En el artículo se presenta una recopilación de los principales resultados obtenidos en el departamento de Antioquia acerca de las interacciones entre el agua, el suelo y la vegetación. Aunque existe conocimiento avanzado en algunos aspectos de esta relación, es necesario profundizar en otros que no han sido abordados de manera integral. Del mismo modo, es necesario ampliar la investigación para cubrir la diversidad de ecosistemas del departamento.

PALABRAS CLAVE: relación agua-suelo-vegetación; departamento de Antioquia; cobertura vegetal; hidrología forestal.

ABSTRACT

This paper presents a compilation of the main results obtained in the Antioquia Department about the interactions between water, soil, and vegetation. Although there is an advanced knowledge in some aspects of this relationship, it is necessary to go deep into other ones which have not been approached in an integral manner. Likewise, it is necessary to enhance the research in order to cover the diversity of ecosystems of the Department.

KEYWORDS: water, soil & vegetation relationship; Antioquia Department; vegetable covering; forest hydrology.

* Ingeniero Ambiental EIA. Trabajo elaborado como integrante del Grupo Gabis –Gestión del Ambiente para el Bienestar Social– Escuela de Ingeniería de Antioquia. Docente Universidad de Antioquia. pjuanv@eia.edu.co; pseudobombax@hotmail.com

Artículo recibido 31-X-2002. Aprobado con revisión 18-XII-2003.
Discusión abierta hasta julio 2004.

INTRODUCCIÓN

Durante algún tiempo, los investigadores se han enfrascado en una discusión al parecer interminable sobre la influencia de las coberturas vegetales en las condiciones del suelo y el agua. Particularmente en el departamento de Antioquia, esta polémica se ha establecido en quienes apoyan la introducción de especies exóticas en los ecosistemas y quienes promueven la conservación y conocimiento de las especies nativas. Se han generado, entonces, una serie de hipótesis y opiniones acerca de estas relaciones, que en muchos casos no responden a procesos de investigación científica y que producen mayor confusión en la determinación real de la influencia de diferentes tipos de cobertura vegetal sobre las características hídricas y edáficas.

El conocimiento real de estas relaciones es de gran utilidad en la formulación de planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, proceso al que se orienta el ordenamiento territorial actual, teniendo en cuenta la cuenca como unidad básica de desarrollo ambiental. Además, dicho conocimiento aporta criterios con justificación científica y técnica para el desarrollo de actividades de explotación de la vegetación y su uso apropiado en proyectos de desarrollo en los que está involucrada, ya sea con fines de protección o de explotación.

Tratando de aclarar esta situación, se realizó una recopilación de los trabajos de investigación que se han adelantado en el departamento y que han buscado resolver completa o parcialmente la situación que se planteó al comienzo del artículo. Normalmente, cada uno de los trabajos aborda una parte del tema general –los procesos de interacción entre el agua, el suelo y la vegetación–, pues es muy difícil agrupar en una sola todas las variables, debido a la alta complejidad de las relaciones, que involucran en la mayoría de los casos una gran cantidad de factores físicos y bióticos que actúan de manera independiente y conjunta, apoyados e intervenidos por las necesidades del hombre.

En esta búsqueda, se identificaron en esencia seis temas estratégicos que permitirían desarrollar una teoría general sobre la interrelación que se ha venido estudiando.

- Efecto de las coberturas vegetales sobre:
 - Características del ciclo hidrológico
 - Calidad del agua
 - Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo
 - Procesos geomorfológicos
- Efecto de las características hídricas y edáficas del sitio sobre el desarrollo de la cobertura vegetal.
- Conocimiento de la ecofisiología de las especies que componen las diferentes coberturas vegetales.

Estado del conocimiento en Antioquia

De los temas identificados se obtuvo que la mayor parte de los esfuerzos se han dirigido hacia el conocimiento de las relaciones entre la cobertura vegetal y las características del ciclo hidrológico y la relación con las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. A continuación se discuten algunos resultados importantes de los trabajos para los temas que se han tratado.

Relaciones agua-vegetación

La vegetación y la precipitación

La influencia de la vegetación sobre el régimen de precipitación del área donde se asienta no está bien definida, sin embargo, las últimas tendencias de investigación indican que la distribución de la precipitación depende ante todo de patrones globales de circulación climática, por lo tanto, el efecto de la vegetación sobre el régimen local de lluvias es mínimo, excepto en cuencas de gran tamaño como la



amazónica, donde alrededor del 48% de la precipitación que recibe proviene de la evapotranspiración de la misma cuenca.

Intercepción de la lluvia por las coberturas vegetales

El fenómeno de la intercepción que se presenta fundamentalmente en vegetación de porte medio y alto (rastrojos y bosques) implica que una parte de la precipitación incidente sobre un área determinada es detenida por la superficie de la vegetación, provocando una disminución en la cantidad de agua que llega al suelo. La intercepción está relacionada con otras variables como, entre otras, la precipitación total, que es la cantidad de lluvia que llega a la cobertura; la densidad de vegetación en la cobertura, que determina la cantidad de espacio ocupado por las copas de los árboles y, por ende, el área efectiva de contacto entre la precipitación y la cobertura vegetal; la estratificación en la cobertura; el fenómeno de epifitismo, que aumenta en gran medida el área de contacto entre la vegetación y la lluvia incidente; el manejo silvicultural de los bosques plantados, convirtiéndose en un factor determinante de la cantidad de agua que llega efectivamente al suelo y que es aquella que, en último término, alimenta los acuíferos y los drenajes superficiales.

El escaso conocimiento sobre las variables que intervienen en el fenómeno impide obtener conclusiones suficientemente técnicas y apropiadas sobre la influencia de las coberturas vegetales en él, precisamente debido a que en los trabajos no se ha conseguido hasta ahora fijar el tipo de cobertura vegetal como única variable determinante del proceso, dada la alta incidencia de otras variables que, como el régimen pluviométrico, determinan el fenómeno de intercepción.

Consumo de agua por parte de la vegetación

Este se ha convertido quizás en uno de los puntos más álgidos en la discusión sobre especies exóticas

y especies nativas. Se cree que algunas exóticas como los eucaliptos (*Eucalyptus spp.*) tienen una tasa de transpiración, o consumo de agua, mucho mayor que las especies nativas, dándoseles incluso el calificativo de “motobombas”. La evidencia científica demuestra lo contrario; se ha determinado que la tasa de consumo de agua está por el orden de 350 mm/año para las especies del género *Eucalyptus* (subgénero *simphyomyrtus*) que se han establecido en el neotrópico, tasa que no es en ninguna medida mayor que las registradas por otras especies latifoliadas tropicales y las especies de coníferas que se utilizan en plantaciones forestales (Lima, 1993).

Esta creencia errada se debe a que algunas especies de dicho género que se encuentran en bosques nativos de Australia (subgénero *monocalyptus*), y que no son precisamente las que se cultivan en nuestro medio, no tienen bien desarrollado el mecanismo de control estomático, consistente en la capacidad de regular la abertura de los estomas de las hojas, que son las estructuras encargadas de realizar los procesos de intercambio gaseoso y por las que sale el agua de las plantas, respondiendo a diferencias de contenido de humedad entre la atmósfera y el interior de las hojas. El hecho de perder mayor cantidad de agua implica la necesidad de consumir también una mayor cantidad de agua del suelo. El consumo total de agua se compone de los procesos de transpiración, intercepción y evaporación de agua desde el suelo; la transpiración es un proceso conservativo para la mayoría de especies forestales, siendo los procesos de evaporación e intercepción los que determinan el consumo de agua en una especie.

Relación vegetación-caudal

Se busca determinar la relación entre la cobertura vegetal y la estacionalidad del caudal en las cuencas, es decir, determinar diferencias en la disponibilidad de agua y la regulación de caudales pico de las corrientes superficiales en cuencas cubiertas con diferentes tipos de cobertura vegetal. Se ha estudiado principalmente el efecto de los pastos y los bosques

sobre esta característica hidrológica. La investigación realizada hasta el momento conduce a que:

- Se ha demostrado el papel de las coberturas boscosas como reguladoras de caudal, porque favorecen la infiltración, gracias a la producción de una capa de hojarasca sobre el suelo mineral y a la disposición de su sistema radicular. Estas propiedades regulan el nivel freático, permiten la recarga de acuíferos alimentadores del flujo base de las corrientes, disminuyen también la cantidad de pérdidas por escorrentía directa de la superficie y retrasan la evacuación instantánea de las lluvias.
- Los datos experimentales conducen a que los caudales pico de cuencas con coberturas vegetales de porte bajo son más marcados que los de las cuencas cubiertas de vegetación de porte medio y porte forestal. En cuencas que han sido sometidas a tratamientos silviculturales –remoción o sustitución de la cobertura vegetal natural– se ha encontrado un incremento del caudal medio durante el primer año, pero ese caudal medio disminuye luego en forma logarítmica, hasta conseguir valores iguales o incluso menores que el caudal medio original.
- Estos resultados deben asumirse con cuidado porque la presencia de eventos extremos de caudal en muchos casos no está condicionada por la presencia de vegetación, sino por las características topográficas, geomorfológicas, morfológicas y climáticas que determinan la torrencialidad de las cuencas de montaña.

Relaciones suelo-vegetación

La discusión se ha centrado en determinar la influencia de las especies de coníferas que suelen utilizarse en la reforestación con fines comerciales, en especial algunas especies de los géneros *Pinus* y *Cupressus*, sobre las características edáficas de los sitios donde están establecidas, comparándolas generalmente con áreas cercanas a las plantaciones cubiertas con vegetación natural o algún otro tipo de cobertura diferente.

Propiedades físicas y químicas de los suelos

Los trabajos desarrollados demuestran que los bosques plantados con estas especies reportan menores valores de pH en el suelo, de capacidad de intercambio de cationes y de contenido de bases intercambiables y un aumento en la pérdida de nutrientes por el fenómeno de lixiviación con respecto a suelos de igual naturaleza cubiertos por vegetación diferente. Esto se explica en la dificultad para descomponer la hojarasca que producen las coníferas, debido a que sus acículas tienen altos contenidos de lignina, que es de muy difícil descomposición; ello implica un reciclaje de nutrientes muy pobre en los suelos donde están establecidas, lo que lleva a una disminución en su fertilidad y calidad.

En términos de las propiedades físicas del suelo, no se registra mayor diferencia entre los dos tipos de cobertura boscosa que se han venido tratando (bosque artificial de coníferas y bosque natural); la mayor variación se presenta en coberturas de gramíneas y en suelos destinados al uso pecuario, donde se produce un alto grado de compactación y se disminuye la porosidad por el tránsito de animales pesados, que induce una variación en la textura y estructura de los suelos con respecto a los que están cubiertos por otro tipo de vegetación.

Propiedades biológicas de los suelos

Se ha estudiado también la presencia y actividad de microorganismos del suelo bajo diversas coberturas vegetales, en particular la población bacteriana del suelo en un cultivo agrícola y en una plantación forestal de coníferas (*Pinus patula*). Se encontró que en los suelos cubiertos con bosque de pino se presenta una población bacteriana mucho menor que en el cultivo agrícola, debido a que la capa de hojarasca que se acumula en estas plantaciones (la acumulación se debe a algunas razones que se explicaron en el tema de propiedades físicas y químicas) afecta de manera negativa, llegando incluso a inhibir el desarrollo de algunos microorganismos necesarios para el desarrollo de la interacción raíz-suelo. También se



analizó la respuesta, en términos de crecimiento y desarrollo de la cobertura, a la adición de inóculos de bacterias a estos suelos, para obtener un resultado más satisfactorio en el *P. patula*, demostrando que la disminución en las poblaciones de microorganismos de los suelos con bosques de coníferas determina en alguna medida el desarrollo y crecimiento de esa cobertura.

Humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo es una de las características más importantes para el desarrollo de la vegetación que permite garantizar la disponibilidad de agua en las corrientes superficiales incluso en épocas de baja precipitación. Se ha especulado también mucho sobre la influencia de las plantaciones forestales de especies de coníferas sobre esta característica, pero no se tiene todavía una evidencia científica precisa que lo demuestre. En algunos estudios realizados en el Oriente Antioqueño, se determinó que, al comparar la humedad del suelo con vegetación natural de rastrojo alto y plantaciones de pino pátula (*Pinus patula*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*), la mejor condición se presenta en condiciones de vegetación natural en el horizonte superior del suelo; sin embargo, en el mismo estudio y para el área testigo, no se reportan diferencias significativas en el contenido de humedad del suelo en las tres coberturas.

Otro factor que debe considerarse al conocer las relaciones de la humedad de los suelos con la vegetación es el desarrollo de una capa hidrofóbica en los estratos altos de los suelos plantados con *Pinus patula*. Se creía que este fenómeno se relacionaba directamente con el contenido de hojarasca depositada sobre el suelo del bosque, pero en realidad responde a la presencia de hongos, resinas y exudados radiculares alrededor del suelo que impiden el flujo de agua a través de ellos, lo que propicia el fenómeno de hidrofobicidad en las capas superficiales del suelo y a la vez promueve el flujo preferencial del agua a través de las grietas del suelo.

Protección contra la erosión

Sobra explicar los beneficios de la vegetación como ente controlador de la erosión superficial. La presencia de una capa de hojarasca disminuye energía a las gotas que llegan al suelo, haciendo que el poder erosivo de la lluvia sea mucho menor que el que posee cuando no hay ningún recubrimiento en el suelo y las gotas impactan directamente sobre su superficie. Sin embargo, es también claro que el grado de protección que ofrecen los diferentes tipos de cobertura vegetal es diferente, y es precisamente en el estudio de esta diferencia donde se ha centrado la discusión en Antioquia. En general, se ha demostrado que el grado de protección contra la erosión sube a medida que aumentan el porte y la densidad de la vegetación; específicamente se ha demostrado, mediante mediciones de contenido de nutrientes en el agua de escorrentía, que se presenta menor contenido en los bosques naturales, seguido por las plantaciones forestales, los pastos y los cultivos agrícolas que dejan desnuda parte del suelo. Esta evidencia deja sin fundamento la creencia tradicional que afirma que la mejor protección se produce en áreas de vegetación baja y densa, específicamente en pastos y vegetación arvense.

La vegetación como instrumento para la recuperación de áreas degradadas

El desarrollo de algunas actividades productivas como la minería de oro y la explotación de canteras ha provocado una fuerte degradación de los suelos en algunas regiones del departamento, dejándolos casi desérticos y sin ninguna posibilidad de establecimiento de coberturas vegetales de manera natural. Se han adelantado fuertes campañas de restablecimiento de coberturas para la recuperación de estos suelos. Se han obtenido resultados muy exitosos con el establecimiento de especies leguminosas, tanto nativas como exóticas, que tienen la capacidad de fijar nitrógeno, aportan gran cantidad de materia orgánica que ayuda a conformar nuevamente

el horizonte orgánico del suelo y se adaptan fácilmente a condiciones adversas de fertilidad y disponibilidad de agua. Los ensayos desarrollados especialmente con plantas del género *Acacia* han arrojado resultados sorprendentes en términos de fertilidad de los suelos que antes carecían de nutrientes.

CONCLUSIONES

En Antioquia, como en el resto del país, se presenta una amplia diversidad ecosistémica gracias a la gran abundancia de pisos altitudinales y condiciones características de suelo que producen una enorme heterogeneidad en las relaciones internas de cada ecosistema y cobertura vegetal. Cerca de la mitad de los trabajos que se han desarrollado hasta el momento se han concentrado en los suelos del Oriente Antioqueño con coberturas de bosque plantado de coníferas, dejando por fuera regiones con características climáticas importantes y alta presión por el uso de los recursos como el Bajo Cauca y la zona central del departamento, donde ha crecido enormemente la conversión de usos agrícolas, forestales y pecuarios a usos urbanos.

Gran parte del conocimiento se debe al interés por describir el desempeño de las especies exóticas en nuestros ecosistemas, haciendo a un lado el conocimiento de la ecología de las especies nativas y los bosques tropicales y de montaña que se presentan de manera natural en nuestra región.

Es de gran preocupación para la región el conocimiento del efecto real de la conversión de bosques naturales a otros usos sobre el movimiento de agua en el suelo y su disponibilidad en las corrientes superficiales, temas que son de vital importancia para el abastecimiento de agua para consumo en comunidades rurales y urbanas.

No se tienen descritas con suficiente precisión las especies vegetales apropiadas para la conservación

del agua en las cuencas; no se ha desarrollado una política clara basada en criterios técnicos y científicos para delimitación y protección de las áreas de ribera y las zonas de afluencia física de los nacimientos que garantice la disponibilidad y calidad del recurso hídrico en el departamento.

Como no se conoce con precisión el comportamiento de las especies vegetales en diferentes tipos de suelo, no es posible determinar programas adecuados de ordenamiento del recurso suelo utilizando criterios ambientales de manejo integrado del ecosistema.

A pesar de algunos esfuerzos interinstitucionales, no se cuenta con un trabajo concertado entre las entidades que manejan el tema que permita la unión de esfuerzos en torno al desarrollo del conocimiento para el departamento.

Es altamente dificultoso comparar resultados de algunos trabajos que se han realizado en la materia, porque sus metodologías son muy variables y no consideran los mismos aspectos al momento de evaluar el mismo fenómeno. Esto hace más imperiosa la necesidad de desarrollar metodologías de trabajo propias para nuestros ecosistemas o adaptar las existentes a sus condiciones.

Se cuenta con un conocimiento avanzado y una técnica utilizada para la recuperación de áreas degradadas por minería, mediante el establecimiento de vegetación, especialmente especies leguminosas.

El conocimiento que se ha generado hasta ahora y los vacíos de conocimiento identificados promueven un compromiso entre las instituciones y personas comprometidas con el asunto para continuar desarrollándolo y conseguir un desarrollo rural y urbano basado en criterios de sostenibilidad y uso eficiente de los recursos naturales.



BIBLIOGRAFÍA

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL CÁTEDRA DEL AGUA. Catálogo de estudios relacionados con el tema interacciones suelo-agua-vegetación. En: <http://fluidos.eia.edu.co/catedraagua>. Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2001.

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL CÁTEDRA DEL AGUA. Interacciones suelo-agua-vegetación. En: Una aproximación al estado del arte del recurso hídrico en Antioquia. Medellín: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia, 2002. pp. 49-57.

GIRALDO, Luis Gonzaga. Impresos universitarios del curso de Hidrología del programa de Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, 2001.

GÓMEZ, Carolina y VILLEGAS, Juan Camilo. Interacción agua-suelo-vegetación. Envigado, 2000. 166 p. Trabajo de Grado (Ingeniero Ambiental). Escuela de Ingeniería de Antioquia. Facultad de Ingeniería Ambiental.

LIMA, WP. Impacto ambiental do eucalipto. 2 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993. 302 p.

VILLEGAS, Juan Camilo. Notas para el curso de Hidrología I en el programa de Ingeniería Ambiental. Escuela de Ingeniería de Antioquia. Envigado, 2002.