

Resultados de Estudios

Estado del conocimiento de los Servicios Ambientales Hidrológicos generados en los Andes

Rolando Célleri Alvear¹

En los últimos años se han implementado algunos esquemas o mecanismos financieros para conservar los servicios ambientales proporcionados por cuencas alto andinas. Algunas de estas experiencias han buscado fomentar prácticas que permitan conservar el agua generada allí y en algunos casos proteger, conservar e incluso recuperar la vegetación nativa de las cuencas de captación con la intención de mantener o volver a tener la cantidad y calidad de agua que antiguamente se disfrutaba. Dada la creciente importancia del agua se estima que las iniciativas de implementar esquemas para protección y conservación de cuencas de captación, debido a los servicios ambientales hidrológicos (SAH) que prestan, crecerán en el futuro inmediato. Por lo tanto es de vital importancia tener claro desde el inicio de la iniciativa de aplicación de un esquema de pago o compensación cuál es el SAH (i) que se puede perder si el ecosistema es alterado, (ii) que fue perdido por una intervención dada y/o (iii) que se puede recuperar. Solamente al cuantificar la disminución o alteración del servicio hidrológico se podrá conocer el valor real de conservar los ecosistemas naturales.

Debido a esto, CONDESAN decidió enfocar su Síntesis Regional 2008 en el tema de “**Servicios ambientales para la conservación de los recursos hídricos: lecciones desde los Andes**”. De los tres productos conseguidos en la síntesis, el primero producto corresponde a la determinación del estado actual del conocimiento sobre los SAH producidos en ecosistemas alto andinos naturales como insumo fundamental para la toma de decisiones en esquemas de pago o compensación por servicios ambientales. Por otro lado, debido a que una gran extensión de los Andes se encuentra ocupada tanto por sistemas de producción agrícola así como por zonas degradadas, este primer producto también recogió información referente a las relaciones entre estas regiones y el agua.

A continuación se presenta un breve resumen de este estudio en lo concerniente a los SAH de páramos y bosques andinos. El informe completo, que incluye además la información y conocimiento clave sobre la relación ecosistema-agua necesario para establecer un esquema efectivo de pago o compensación por servicios ambientales, se lo puede encontrar en [CONDESAN](#).

Para llegar al estado del conocimiento sobre la hidrología de los ecosistemas andinos se utilizaron los siguientes mecanismos de obtención de información: 1) Asesoría de un grupo de investigadores de hidrología de ecosistemas andinos, 2) Búsqueda de literatura en revistas internacionales indexadas y tesis doctorales y 3) Revisión de memorias de talleres regionales sobre hidrología de ecosistemas andinos.

El estudio encontró que los ecosistemas más investigados desde el punto de vista hidrológico son el páramo y los bosques andinos. Para el resto de ecosistemas (puna, jalca y humedales de altura) no se encontraron referencias sobre estudios relacionados con su ciclo hidrológico y/o de los efectos de cambios de uso de tierras sobre él; los pocos estudios desarrollados en estos ecosistemas son más bien del tipo descriptivo antes que funcional, es decir se limitan a describir la zona de estudio, pero no investigan el funcionamiento del ecosistema. Sin embargo, se encontró que florísticamente las

¹ Profesor Asociado de la Universidad de Cuenca, Ecuador. Asesor de CONDESAN.
rcelleri@gmail.com



Photo: Páramo de los Andes, Ecuador

praderas (los Yungas) de la vertiente oriental de Bolivia se parecen más al páramo que a la puna húmeda emplazada en el altiplano, lo cual sería un indicio de que sus cualidades hidrológicas serían comparables también.

Diversos estudios identifican que las características más importantes de los páramos y bosques andinos son la excelente regulación del ciclo hidrológico y un buen rendimiento hídrico anual. La regulación del ciclo hidrológico se produce cuando el ecosistema almacena agua en los periodos lluviosos y la libera lentamente en los periodos secos o de estiaje. En cuencas sin glaciares, el almacenamiento de agua se produce principalmente (y a veces únicamente) en el suelo. A mayor capacidad de regulación, mayores serán los caudales de verano o caudales base y

mayor será el tiempo que el cauce se mantiene con agua antes de llegar a secarse. El rendimiento hídrico corresponde al volumen de agua que sale en forma de caudales en relación al volumen de precipitación que cayó en la cuenca. De estas dos características, la más importante es la regulación del ciclo hidrológico.

Para el caso de páramos bien conservados, sus elevados SAH se explican por la alta capacidad de almacenamiento de los suelos (a su vez debido a su alto contenido de materia orgánica), la baja evapotranspiración (clima frío y húmedo y bajo consumo de agua por parte del pajonal), la morfología de las cuencas y la alta y uniforme precipitación registrada a lo largo del año. Adicionalmente, el pajonal protege muy bien al suelo de la lluvia, evitando así su erosión. Estas características hacen que los páramos se constituyan en verdaderas torres de agua. Sin embargo, los SAH proporcionados por los páramos se reducen debido a cambios en el uso de la tierra. Los efectos de la agricultura generalmente están relacionados con la construcción de obras de drenaje, el incremento de la evapotranspiración y la exposición de los suelos a la radiación solar directa (debido a la remoción total de la cobertura vegetal) durante ciertos periodos de tiempo. Observaciones a escala de micro-cuenca muestran un aumento en los caudales pico y una reducción significativa de los caudales base, indicando una reducción en la capacidad de regulación estimada en un 40%. Otro problema asociado es la alta erosión del suelo, observada a escalas tanto de parcela como de micro-cuenca. La densidad aparente del suelo de páramo (Andosol) es aproximadamente 0.4 g/cm^3 , es decir, es más liviano que el agua. Por ello, cuando el suelo se seca y su estructura se rompe (por ejemplo por arado), sus agregados son fácilmente transportados por la escorrentía. Otro cambio de uso frecuente en los páramos es la forestación con pinos. Estudios han encontrado una reducción del rendimiento hídrico de un 50% en micro-cuencas con pinos. La regulación del ciclo hidrológico es severa con una disminución significativa tanto en caudales pico como en caudales base, estos últimos llegando a ser un 25% de los observados en pajonales. Finalmente, en el caso de cambio de uso a ganadería, el principal efecto es la compactación del suelo y su consiguiente reducción de la capacidad de infiltración y conductividad hidráulica, lo que ocasiona una reducción en la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

Existe una estrecha relación entre el servicio hidrológico del páramo y el servicio de acumulación de carbono. Si bien las plantaciones de pinos contribuyen a la acumulación de carbono en los árboles, éstas reducen la cantidad de carbono almacenada en el suelo. La preocupación es que el carbono esta

siendo transferido de un reservorio más estable y seguro (el suelo) a otro (plantación) que es susceptible a desaparecer por quemas. Finalmente, cuando la plantación sea cosechada, el efecto neto en el ecosistema será negativo, pues incluso la capa de hojarasca suele ser quemada antes de realizar una nueva plantación. Por otro lado, una pérdida en el carbono del suelo tendrá un fuerte impacto en su capacidad de regulación hidrológica.

Como se había mencionado anteriormente, existe un consenso que los principales servicios hidrológicos proporcionados por los bosques andinos son la regulación de caudales y un alto rendimiento hídrico (superior al 40%). Por otro lado deben diferenciarse los bosques de neblina o nublados de los bosques que no tienen mayor incidencia de neblina. La diferencia en términos hidrológicos se debe a que la neblina causa una reducción en la radiación solar y un aumento de la humedad relativa, las cuales en conjunto ocasionan que se produzcan menores pérdidas de agua por evaporación y transpiración. Adicionalmente, el contacto entre la neblina y el bosque hace que se produzca un aporte de agua por interceptación, adicional al de la lluvia y en consecuencia la cantidad de agua que ingresa al sistema es superior. Mediciones de captura de agua de neblina reportan valores de 20% de la precipitación total en épocas secas.

Un efecto a corto plazo de la remoción de bosques es un aumento en el volumen anual de escurrimiento. En general se estima que durante los 2 a 3 primeros años luego de la deforestación es posible observar ganancias en el rendimiento hídrico. Esto se debe a que la conversión de bosque a otro uso de tierra, generalmente menos demandante de agua, hace que exista más agua disponible en el suelo y se produzcan incrementos en el volumen anual de escorrentía. Así mismo, esto podría ocasionar un incremento en los caudales de crecida ya que el suelo se mantendría más húmedo durante más tiempo. Sin embargo, se ha observado que con el tiempo la capacidad de almacenamiento de agua del suelo se reduce significativamente debido a la rápida oxidación de la materia orgánica, a la compactación de los suelos, erosión, entre otros, ocasionando a mediano y largo plazo una reducción en el rendimiento hídrico. Sin embargo, el servicio más afectado es la regulación hidrológica, ya que el suelo pierde su alta capacidad para almacenar agua en periodos húmedos y por lo tanto los caudales base o de verano se reducen drásticamente. Es decir, la deforestación produce a mediano y largo plazo un fuerte deterioro de la capacidad reguladora de la cuenca.

El servicio hidrológico está ligado con las propiedades biofísicas del bosque, en especial su vegetación, suelos y clima. Debido a esto existe una relación muy estrecha entre biodiversidad y la provisión del servicio agua: si el bosque se mantiene inalterado, se tiene una biodiversidad muy rica y sus servicios hidrológicos se generan al 100%. Otro asunto importante es la deforestación, la cual trae consigo una pérdida de las reservas de carbono almacenadas en su biomasa, las cuales se han encontrado comparables con bosques tropicales de zonas bajas.

Se puede concluir que el estudio ha identificado que los ecosistemas naturales alto-andinos proporcionan un elevado SAH, el cual puede reducirse fácilmente. Su recuperación estará íntimamente ligada al estado en el cual se encuentren los suelos; si los suelos se llegan a perder por erosión o en el caso del páramo por secado (el cual causa hidrofobicidad), será muy difícil recuperarlos y en consecuencia el efecto negativo podrá ser irreversible.