



COL 11/99

ANÁLISIS DE CUENCA:¹

Desarrollo de la metodología en Colombia y decisiones de apoyo a los demás países

Ruben Dario Estrada

RESUMEN EJECUTIVO

El análisis de cuenca es un elemento central en todos los estudios de política que realiza CONDESAN. La principal inquietud está relacionada con una estimación adecuada de beneficios sociales que integrándose a los beneficios económicos permita una mejor generación de riqueza para los estratos rurales pobres.

Se planteaba la hipótesis que el pago actual del recurso agua era muy bajo y que un análisis del precio sombra del recurso mostraría un alto valor, lo cual llevaría a una mayor inversión de los productores de la parte baja en la parte alta de la cuenca.

Se ha desarrollado una metodología de aproximación al problema que comprende: A) Estimación de pérdidas de suelo y utilización del agua bajo las condiciones actuales de uso de la tierra; B) Prueba de nuevos escenarios de cambios en el uso de la tierra y su impacto en caudales, sedimentos, retención del agua en el suelo; C) Caracterización y cuantificación temporal de las externalidades; D) Impactos de las externalidades en la rentabilidad social de los sistemas de producción a nivel de finca y; E) Evaluación de cambios en la generación de empleo e ingresos por los nuevos cambios en el uso de la tierra.

Durante 1999 el grupo de CONDESAN Colombia ha progresado muy positivamente en la metodología y en su aplicación a situaciones concretas.

A) Fuimos seleccionados por el programa del Banco Mundial para validar los análisis de cuenca realizados en Colombia y de paso ser retroalimentados, en forma temprana, de las discusiones políticas sobre la conveniencia de los incentivos en Colombia y la forma de asignarlos a través del Ministerio del Medio Ambiente y las Corporaciones de Desarrollo Regionales.

¹ Documento preparado para la Reunión del Consejo Directivo de CONDESAN (Mérida, Venezuela, 15 a 19 de noviembre de 1999). El correo electrónico del autor es r.estrada@cgiar.org.

- B) Estamos apoyando todos los análisis de la cuenca del río la Miel y la desviación del río Guarinó y tenemos proyectos aprobados que nos permiten validar la metodología CONDESAN en la cuenca y el resto de los municipios que la conforman. Esto nos da información de primera mano para orientar en forma práctica las futuras inversiones en la región.
- C) Estamos capacitando en el manejo de herramientas y tipos de análisis a los técnicos de la Corporación de Desarrollo de Caldas y es la única institución, nacional e internacional, que ha presentado una propuesta agresiva para socializar la información de más de 200 cuencas del territorio colombiano, integrando en este esfuerzo más de 30 estudiantes universitarios, tecnólogos medio ambientales y profesores.
- D) En forma temprana estamos aplicando la interfase SWAT Arcview 3.1 en la cuenca del río Asunción en el Perú y de esta forma estamos ayudando, además, a la Universidad de Texas a probar sus modelos en cuencas de montaña, donde los análisis son más difíciles de hacer. A la vez, se han simplificado los análisis para poderlos validar en cuencas con muy pocos años de información de precipitación y caudales, reduciendo los costos significativamente.
- E) Se escribió el documento “*Heresy from the Hilltops*”, con el objetivo de crear conciencia y transparencia sobre la utilidad de los análisis de cuenca para priorizar acciones para generar riqueza para los más pobres. Este documento ha sido discutido con actores de proyectos de desarrollo y próximamente será publicado en una revista internacional especializada en el tema.

Los principales resultados muestran que los cambios en coberturas y prácticas de manejo de suelos tienen poco impacto en la modificación de los caudales máximos y mínimos y un gran impacto en la erosión. Esta sólo tiene valor como externalidad si se tiene acueductos, represas y está muy relacionado con otras variables como diseño y vida útil de las mismas. Todos estos elementos llevan a una gran discusión, entre el equipo de CONDESAN y otros investigadores, sobre la utilidad de esta metodología para seleccionar poblaciones y áreas con potencia de generar ingresos para los más pobres. A pesar que la producción de agua es un elemento clave y el valor pagado por la misma es muy bajo, según normas internacionales, se argumenta que bajo las condiciones actuales de desarrollo de los países de la zona andina, las externalidades **manejables por los productores** son de poca magnitud económica, en la mayoría de las cuencas. Si el valor de estas es poco importante, el análisis de cuenca, no pasa de ser una inquietud intelectual que no se justifica en proyectos de desarrollo y el enfoque de sistemas de producción sería de igual utilidad a menor costo, para priorizar las acciones.

Los trabajos del Banco Mundial y del BID (basados en 7 cuencas) estiman que el beneficio por manejo racional del agua sólo pagaría, en promedio, el 40% del valor de los incentivos, pero argumenta que este se debe mantener por la generación de empleo y los incrementos de productividad que se lograrían en las parcelas y apoyo al proceso de descentralización del manejo de recursos naturales. Este argumento no es muy

convinciente. Se puede demostrar que sólo en unas cuencas se justifica invertir económicamente y que un esquema de repartir los incentivos en forma general, mantiene contentos a los gremios, a los agricultores y a los municipios pero hace poco racional el gasto. Esta es una discusión muy compleja pues, además de los intereses locales, regionales y nacionales, la recomendación técnica de los organismos internacionales relacionados con el desarrollo y medio ambiente es asignar incentivos con base en las externalidades a nivel de cuenca. Sin embargo, muchos de ellos tienen poca información sólida para justificar su recomendación y se basan más en la experiencia de otras regiones y/o en la hipótesis, que el uso de la tierra tienen un gran incidencia en caudales y sedimentos.

Además de los aspectos metodológicos se han presentado una serie de limitantes que van a tomar más fuerza en la extrapolación de los análisis a otras regiones de Colombia y a los demás países de la zona andina. El costo de la información, la capacitación de personal local para manejo de herramientas y tipos de análisis y la generación de información complementaria en cuencas son elementos que se deben solucionar teniendo como base la experiencia en el sitio piloto de La Miel. Bajo estas circunstancias, ¿cuál sería una decisión sana de CONDESAN para responder a las inquietudes de los socios en los demás países de la región andina?

Creemos que la capacitación y socialización de los análisis de cuenca es una buena oportunidad. Existe una serie de información (precipitaciones, coberturas vegetales, modelos de elevación, caudales, etc.) que se ha recolectado por varios años y que tienen poca utilidad, pues no se utilizan para sintetizar y priorizar. Esta información no es asequible por el costo de la misma. Si existe un proceso agresivo de capacitación de jóvenes investigadores y aplicación de los análisis en varias cuencas, se podría hacer un gasto más racional de los recursos que están invirtiendo los países en este campo. Esta información permitiría a su vez hacer un análisis ecorregional de comportamiento de cuencas y potencial de inversión por externalidades. Esta información sería de gran utilidad local y de los mismos organismos internacionales que están impulsando los análisis.

El plan de trabajo para el año 2000 está muy relacionado con el liderazgo técnico asumido en los proyectos de la cuenca del río La Miel y en la extrapolación de resultados a los demás países de la zona andina, especialmente en la socialización de la información de cuencas. Necesitamos trabajar más intensamente en cuencas de zonas semi-áridas de la región andina. Existe la intuición de que en estas condiciones se tendrían mayores beneficios, pero se han hecho muy pocos esfuerzos para documentarlo en casos concretos.

ANTECEDENTES

Desde 1996 CONDESAN comenzó con trabajos en este tema, con la hipótesis de que el valor de las externalidades podría ser una fuente de recursos para reducir pobreza a través de inversiones de la sociedad, en sitios críticos. Se comenzaron los trabajos en

unión con el CIAT (50y 50 % del tiempo) y los estudios fundamentales se orientaron a probar esta hipótesis en cuencas de Colombia y países de Centro América. La experiencia mostró el poco potencial de sostenibilidad cuando se tenía una mala selección de cuenca (sin potencial de externalidad) y un trabajo dividido por rubros y equipos (manejo participativo de cuenca incluyendo conocimiento nativo, GIS, etc.), sin un objetivo común. Este es un caso común cuando los investigadores están más interesados en el desarrollo de metodologías para su rubro de acción y no se tiene una la necesidad de resolver un problema concreto.

En esta alianza la labor de CONDESAN se orientaba a reducir la brecha de integración entre las concepciones y equipos de trabajo, de tal forma que se tuviera una metodología de análisis de cuenca (*Watershed Analysis Methodology, WAM*), que permitiera analizar la hipótesis planteada inicialmente y darle información técnica a la comunidad para elevar el nivel de discusión en los debates participativos. Se produjo una serie de manuales para la serie de CIAT sobre manejo de cuencas. CONDESAN ha seguido haciendo estos estudios, en asociación con la comunidad, en varios sitios de Colombia y de la región andina. Este trabajo, desafortunadamente, no se ha seguido haciendo en CIAT en Centro América y los apoyos puntuales que hemos brindado como CONDESAN (corridas de algunos modelos de balance hídrico) son muy limitados para obtener, a través de la retroalimentación de estudios de caso, la experiencia necesaria para hacer una síntesis.

AVANCES EN LA METODOLOGÍA

Balances hídricos

En los trabajos iniciales de la cuenca de los río San Antonio, Doña Juana y El Angel se utilizó un modelo muy simple de balance hídrico. Se estimaba la evapotranspiración para las diferentes coberturas y se asumía que el resto del agua volvía al lecho del río. Los balances eran generalmente trimestrales y se trabaja con la información de precipitación mensual. Geográficamente la cuenca se dividía en zonas altitudinales (nieves perpetuas, páramos, tierras frías, zona intermedia y valles) y para cada una de estas se estimaba el aporte de cada una de las zonas a la siguiente con menor altitud.

A pesar de las debilidades en la parte hídrica que tenían estos modelos, permitían hacer un trade off entre productividad de cultivos (papa, maíz, café, cacao y arroz) y zonas altitudinales y era una aproximación valedera para estimar el monto de los aportes que las zonas bajas deberían hacer a las zonas altas, para lograr hacer un uso sostenible de la cuenca. Con el modelo EPIC se estimaba la erosión en las parcelas de diferentes cultivos y esta información se extrapolaba a toda la cuenca.

A pesar que los modelos utilizados presentaban varias debilidades, éramos consientes que utilizar modelos más sofisticados implicaba información adicional y una masa crítica de técnicos que operaran estas herramientas. Se pensó, entonces, en utilizar

modelos más complejos que permitieran cuantificar el precio sombra de caudales y sedimentos cuando estos tuvieran mayor costo en el mercado. Para tal fin se necesitaba estimar una curva de caudales y concentrarnos en los valores máximos y mínimos diarios. Los valores máximos causan grandes estragos por daños de avalanchas y erosión y los valores mínimos son muy importantes para fijar las posibilidades de riego.

Para identificar los modelos más apropiados se hizo un seguimiento a los modelos utilizados y nos concentramos inicialmente en los modelos paramétricos donde se determina los caudales con base en la precipitación diaria, morfología de la cuenca y coberturas. Deeb, con apoyo del Banco Mundial, hizo un seguimiento a 56 cuencas en Colombia y con base en 11 variables predijo en forma adecuada el caudal medio y los caudales máximos y mínimos. Tratando de simplificar aún más los modelos, trató de estimar los caudales extremos con base en el caudal medio y la forma de la curva de caudales, pero las aproximaciones fueron muy débiles y explicaban sólo un 60% del valor de estos caudales, aunque se utilizara datos de precipitación diaria por más de 25 años.

Uno de los principales problemas de estos modelos paramétricos es que la aproximación de la estimación está muy relacionada con los años de información de la precipitación diaria; las variables más importantes era la precipitación media en los tres meses continuos de menor precipitación. Esta información es crítica para determinar los caudales mínimos.

Uno de los principales objetivos de los análisis de cuenca es medir el impacto de cambios de coberturas y prácticas de manejo en las externalidades (captura de CO₂, erosión, caudales, retención de agua en el suelo, ventana de mercado), de tal forma que se mejore substancialmente los análisis ex-ante y ex-post. Con los modelos discutidos hasta ahora es imposible medir dichos impactos si no se cuenta con muchos años de información diaria, lo cual implicaría un proceso muy lento para evaluar escenarios de intervención.

Para solucionar este problema se paso a modelos analíticos, que con base en procesos permitiera estimar el comportamiento de la cuenca y validarlo con base en un parámetro, que fuera respuesta a variables integradas (precipitación, escorrentía, flujo lateral, infiltración, percolación, tamaño de acuífero superficial, etc.), como lo es el caudal. Después de una revisión rápida se propuso utilizar el modelo SWAT y con base en una validación en una cuenca instrumentada se determinaron las ventajas de esta nueva aproximación al problema. Para tal fin se simuló el flujo del agua en el suelo estimando en forma diaria la: infiltración, retención de agua en el suelo, escorrentía, flujo lateral, percolación al acuífero superficial, evapotranspiración y paso del acuífero superficial al profundo.

La validación se ha realizado en dos cuenca (río Guadalajara, 20 años de información climática y caudales diarios; y la del río San Antonio con información diaria durante un año). Las primera aproximaciones fueron muy positivas y hemos aprendido a ajustar dos elementos considerados como limitantes, en la aplicación del modelo a las regiones de ladera:

- **Sobre estimación de los caudales máximos**

Ha sido difícil establecer cuál de los datos es el más preciso, si la estimación o el medido. En los dos casos estudiados no se ha tenido mediciones del caudal en forma permanente a través del día y el tiempo de concentración estimado para las cuencas y subcuencas analizadas es muy corto (menos de 3 horas) dado la intensidad de la lluvia y la pendiente. Esto implica que pueden existir problemas en la medición del caudal diario cuando este se realiza una sola vez al día. De todas formas, la aproximación es buena y la diferencia entre las observaciones no sobrepasan el 15%.

El caudal máximo se puede sobre estimar si se utiliza una precipitación promedio para toda la cuenca y se asume que la intensidad es similar en todas las subcuencas y que esta ocurre al mismo tiempo. Esto se podría corregir utilizando un nivel de precipitación con base en las isoyectas individuales de cada subcuenca. Otro factor que puede haber influenciar es la distribución horaria de la precipitación. El modelo requiere el valor máximo de la precipitación en media hora y la duración media de los aguaceros más intensos y con esta base estima un valor de la intensidad horaria de la precipitación. Esta se utiliza para todos los aguaceros intensos, que son los que producen escorrentía, incrementando fácilmente el valor de la misma cuando no se tiene información medida a nivel de campo. Ambos factores se pueden corregir, pero creemos que el costo-beneficio no justifica la cantidad de información adicional requerida.

- **Sub-estimación de los caudales mínimos**

El caudal mínimo depende fundamentalmente del tamaño de acuífero superficial y de la percolación de este al acuífero profundo. En los casos estudiados conocemos muy poco de la geología de las rocas madres, de su capacidad de infiltración, del tamaño de acuífero superficial y de la tasa de descarga del acuífero al cauce del río. Las mejores aproximaciones se han logrado cuando se estima la percolación diaria y con base en ella se hacen promedios móviles de uno a cinco meses hasta que el caudal mínimo sea igual a la suma de la descarga del acuífero superficial más la escorrentía y el flujo lateral. A través de este mecanismo se estima el flujo de los diferentes manantiales en la cuenca.

Ventana de mercado

Los modelos analíticos utilizados han sido de gran ayuda para estimar la importancia de las prácticas de manejo de suelo y el contenido de materia orgánica en la ampliación y/o reducción de la ventana de mercado. En las cuencas estudiadas no se ha presentado este limitante por la alta precipitación registrada, pero se tiene todos los elementos para estimar la retención de agua por los diferentes horizontes y medir la evolución de un cultivo teniendo en cuenta las condiciones climáticas, las características fenológicas, los nutrientes del suelo y la disponibilidad de agua en el suelo. Para tal fin se utiliza el modelo DSSAT, que está ajustando CONDESAN en varios sitios de la región andina.

Este análisis de retención de humedad y la utilización del modelo DSSAT son cruciales para estimar la captura de CO₂ en las diferentes regiones de una cuenca. En el caso de Colombia, este aspecto es primordial porque en una misma cuenca se encuentran diferentes pisos altitudinales que difieren en precipitación y temperatura. El modelo permite, a su vez, determinar la localización del CO₂ en la planta (tallos, hojas, raíces), y la forma como éste pasa a diferentes horizontes del suelo, lo cual tiene gran importancia en el potencial de liberación futuro y por ende su valor.

- **La metodología de análisis de cuenca como instrumento para la “socialización” a nivel de cuenca.**

Un gran volumen de información ha sido recolectado (La Encañada en el Perú, Río El Angel en el Ecuador y La Miel en Colombia), o será recolectada próximamente (Mérida en Venezuela, Asunción en el Perú y Cochabamba en Bolivia), en los sitios pilotos donde trabaja CONDESAN, pero los equipos a nivel de campo no siempre tienen claro la visión de cuenca y/o entienden los efectos dentro y fuera de la misma. Utilizando la Metodología de Análisis de Cuenca, los equipos de CONDESAN entenderán las implicaciones de enfocarse en el manejo del agua y de la cuenca.

La ventaja de utilizar la metodología en microcuencas (10 – 20000 ha) es que los participantes ven de qué parte de la zona vienen el agua y los sedimentos, y pueden estimar el impacto de varias alternativas de uso. Así el análisis no logre concretar nuevos recursos, si les da un entendimiento sólido biofísico y económico que les permite mirar nuevas opciones para generar opciones.

Si hacemos este trabajo en suficientes cuencas, quizás podremos informar a los donantes acerca de las características de las cuencas donde es lógico hacer inversiones en manejo.

Estos elementos fueron plenamente confirmados en los trabajos en las microcuencas del río La Miel en Colombia. En la desviación del río Guarín hacia la represa de La Miel, CONDESAN demostró que los términos de referencia de una convocatoria (nacional por concurso) para estimar caudales de desviación máximos por época de año, eran intrasendentes para contestar adecuadamente las inquietudes de la comunidad. A pesar que CONDESAN no ganó el concurso, pues propuso hacer el trabajo con otros términos de referencia y estos no se podían cambiar, pues era una convocatoria a nivel nacional ya publicada, si le dio elementos a la población para asignar mejor las prioridades al detectar elementos críticos de una nueva negociación. Es por eso que CONDESAN actualmente tiene el apoyo financiero de la comunidad (Hidromiel, Corpocaldas, Universidad, Alcaldes y productores) para el proyecto de priorización de inversión en la cuenca del río La Miel y los municipios que la integran.

LIMITANTES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL OBJETIVO DE CONDESAN EN LOS TRABAJOS REALIZADOS

El objetivo de CONDESAN es desarrollar la experiencia necesaria para apoyar a los socios del consorcio en una estimación adecuada de beneficios sociales que integrándose a los beneficios económicos permita una mejor generación de riqueza para los estratos rurales pobres. A la par de los aspectos metodológicos se han ido presentando inconvenientes que han sido más difíciles de solucionar y que seguramente serán los de mayor importancia en la extrapolación de la experiencia de Colombia a los demás países. Los principales son:

- **Disponibilidad de la información**

Los análisis más detallados de cuenca requieren información georeferenciada de coberturas, suelos, modelos de elevación digital y series de datos de precipitación y caudales. Esta información está disponible en varias instituciones, pero todas esperan recibir una retribución económica por este servicio. Dado el poco uso que se hace de esta información, el costo para aquellos que la solicitan es muy alto.

Según la ley colombiana esta información es pública y debe estar disponible para quien la solicite, sin embargo la información es suministrada en planchas y registros impresos, y por tanto no se puede tener acceso a información georeferenciada y/o archivos digitales, a pesar de que existen. Esto hace que cada vez se requiera procesar nuevamente la información y esta no se puede suministrar en este medio a otros proyectos sin la autorización de la institución que tiene la información básica.

- **Personal capacitado para manejo de información**

Los modelos analíticos que se están utilizando son más complejos y exigen el dominio de nuevas herramientas de análisis y modelos de simulación. Varios trabajos mencionan la utilización de estos modelos (EPIC, SWAT, DSSAT, etc.), pero el dominio que se tiene de ellos es muy limitado y en muy pocos casos se han validado. Muchas de las dificultades encontradas en los primeros análisis se debían a un manejo deficiente de la herramienta. El objetivo de CONDESAN es ir formando una masa crítica de jóvenes técnicos, que a través de talleres en cada uno de los modelos mencionados, vayan evaluando el comportamiento de cuencas reales y estimando el impacto físico, biológico, económico y social.

- **Objetivo de los análisis realizados**

Las instituciones que han colaborado con CONDESAN y/o que pagan por los servicios están interesadas en estimar caudales y sedimentos. Están muy poco preocupados por el impacto de las prácticas de manejo y/o coberturas en la productividad

de la parcela y por lo tanto dedican muy pocos recursos para hacer análisis donde se puedan determinar precios sombras de los recursos que se utilizan en la producción agropecuaria. Están más interesados en evitar la utilización de la cuenca para producción agropecuaria y esperan una reforestación de toda el área. Esto implica contar con recursos financieros adicionales para complementar esta información básica con datos relacionados con la producción. En varios casos no ha sido posible obtener información adicional de la utilización del agua en las parcelas de la parte baja, especialmente cuando los cultivos son muy tecnificados (flores en el Ecuador, caña de azúcar en el valle del Cauca, Colombia)

- **Potencial de hacer cambios a nivel de cuenca**

La hipótesis inicial era que el manejo de la cuenca tendría una gran incidencia en la disponibilidad de agua y por lo tanto se justificaba pagar por cambios en coberturas y/o manejos agronómicos. En los estudios realizados, el impacto en el caudal promedio es mínimo y se requieren grandes cambios en cobertura para tener un impacto modesto en los caudales máximos y mínimos. La implementación de cambios en las cuencas es difícil, porque las personas involucradas esperan recibir beneficios sin aportar al proceso; la gente locales argumentan que en la cuenca es donde se produce el agua y deben recibir un beneficio por este bien y las instituciones que utilizan el agua responden que este es un bien público y que sólo se debe pagar por el manejo que tiene incidencia en caudales y sedimentos. Con los pocos análisis realizados el potencial de cambio en cuencas será limitado, porque se requiere una gran madurez social para que las poblaciones manejen el tema de los recursos naturales y la captura de beneficios. Hasta ahora hay poco chance de modificar las cosas, pues los estudios técnicos se realizan para defender posiciones y no para lograr eficiencia.

Las decisiones prácticas que se están tomando es comprar los predios para reforestar, sabiendo que el impacto es muy bajo, pero eliminando la presión social y política de las personas locales para acceder a las inversiones (6% del valor de la energía) que deben hacer las empresas de energía. Los dueños de la represa y las instituciones creen que el 6% del valor de la energía es el pago por el agua y que no debe incrementarse este valor. Para el caso del río La Miel se pagarían unos 4 usd por cada 1000 m³. Este aporte es muy bajo para realizar acciones en la cuenca.

- **Impacto de los análisis de cuenca en pobreza.**

La experiencia que estamos teniendo nos indica que los análisis de cuenca contribuyen poco a atacar pobreza. La hipótesis, según la cual las personas pobres estaban causando un gran impacto en los recursos naturales, no se ha visto confirmada en los análisis de cuencas realizados y por lo tanto pocas personas e instituciones están dispuesto a invertir recursos en estas áreas que representan muy poco de la superficie de la cuenca. Esta posición es correcta económicamente, pues los modelos están mostrando

que sólo se logra un efecto importante cuando se incorporan grandes áreas a un manejo diferente y el costo fijo es muy alto cuando se trata de cambiar pequeñas áreas esparcidas. Bajo estas circunstancias, los análisis de cuenca están contribuyendo muy poco a generar riqueza para los más pobres.

Otros de los factores por los cuales se deduce poco impacto son:

- **A menudo los problema de sedimentación no pueden corregirse a través de incentivos a los productores.** Se ha documentado en los análisis de cuenca que una gran parte del sedimento no se debe a la actividad agropecuaria. Movimientos masales, carreteras y el fenómeno de El Niño tienen una mayor importancia en las cuencas donde los sedimentos forman la mayor proporción de los beneficios por reducción de externalidades. En estos casos se requiere la participación de diferentes actores e inversiones muy superiores a las requeridas cuando el problema se puede corregir a través de estímulos para que los agricultores cambien sus practicas de producción agropecuaria.
- **Es difícil demostrar que los fondos nacionales deben pagar por los incentivos a la reforestación en cuencas de montañas tropicales.** Los estudios realizados y los modelos están sugiriendo que la reforestaciones en los Andes húmedos pueden modificar levemente los caudales máximos y mínimos y tienen poco impacto en los caudales medios. Por eso los incentivos forestales, basados en solo sedimentos y manejo de agua, se quedan cortos la mayoría de las veces y a duras penas el ingreso obtenido por reducción de las externalidades pagan un 40% de los incentivos que requieren los productores para hacer cambio de uso de la tierra.

El incentivo mínimo por hectárea para el cambio se definió como el valor presente de la sumatoria de los montos que cada año compensan los déficits que el productor tiene por sustituir su alternativa actual por la propuesta. Este valor está relacionado con el sistema de producción, el tamaño de operación, el nivel de productividad y varía en diferentes sitios dentro de la cuenca. En el trabajo del Banco Mundial los valores promedios variaron entre 277 y 2080 por cuenca y entre 603 y 2460 por actividad productora. La producción de agua sólo compensaba, en promedio, el 40% de estos incentivos.

Existen otra serie de beneficios sociales adicionales que generalmente se invocan para compensar el 60% de los incentivos faltantes, pero estas son hipótesis poco validadas en la realidad. Para incrementar el potencial de las reforestaciones CONDESAN ha estado trabajando en la captura de CO₂, pero existen pocas instituciones internacionales dispuestas a pagar por este rubro y las instituciones nacionales que participan en la negociación están pensando en como capturar el beneficio para ellas, a expensas de los productores. Adicionalmente, existe poco conocimiento respecto a los volúmenes capturados por las diferentes especies y a la forma de valorar el contenido del mismo en diferentes partes de la planta y del suelo. Mientras no se concreten negocios al respecto va a ser difícil argumentar que las inversiones en el

manejo de recursos naturales tiene una buena relación costo beneficio con respecto a generar riqueza.

Es necesario anotar que no existía un patrón de comportamiento con respecto al nivel de productividad y/o tipo de productor. En unas cuencas el productor de poca productividad tenía un valor muy bajo de incentivo, mínimo mientras tanto en otras cuencas este valor era muy alto. Todo se debía al valor de la producción, la cual se ve muy afectada por la cercanía a vías de comunicación y a mercados. En general, los productores medios con alta productividad tenían los valores más altos de incentivos mínimos.

La metodología utilizada por el Banco Mundial, en el caso colombiano, impide calcular incentivos específicos para cada productor considerando adicionalmente la generación de externalidades por su localización en la cuenca. Esto hace que se fijen incentivos promedios que son muy poco relevantes para los productores con más potencial de cambio por valor de externalidades. Generalmente los que cambian son los que menos contribuyen al proceso de manejo adecuado de recursos. La tecnología analítica utilizada por CONDESAN permite tener una mejor aproximación y por lo tanto asignar recursos que estimulen el cambio, a los que son más útiles para la sociedad. Estos análisis tienen un costo mayor y por lo tanto se deben buscar mecanismos para reducirlos.

- **La priorización de intervenciones a nivel de cuenca puede tener sólo interés académico.** A pesar que se han identificado cuencas y áreas críticas en una cuenca donde la inversión es más rentable, el deterioro social y la división política del estado hace que, en la asignación de fondos, primen estos factores y se deje en un segundo plano los aspectos de eficiencia económica en el manejo de recursos naturales. En estos casos se le asigna los mismos recursos a municipios con diferente área y potencial de impacto en externalidades.
- **La falta de productividad de los sistemas de laderas están haciendo que el manejo de los recursos naturales se perciba como una acción de poco valor.** Generalmente el pago por recursos hídricos en los Andes es muy bajo (25 a 50 usd/ha/año) y esto se debe al tipo de cultivo de pancoger que se está irrigando y que está asociado con baja utilización de insumos modernos como fertilizantes, variedades mejoradas y prácticas de cultivo. En estos casos, si un agricultor quiere acceso a más agua, el esquema más barato es comprar más tierra, con derechos garantizados de agua de riego. Bajo estas condiciones va a ser difícil que los agricultores estén dispuestos a incrementar el valor de los recursos naturales de tal forma que se pueda hacer inversiones razonables en las partes altas de las cuencas.
- **Algunas de las intervenciones propuestas en cuencas pueden incrementar la pobreza rural.** Varias de las propuestas de reducción de erosión implican utilización más extensiva de la tierra, lo cual lleva a su vez a una reducción de los jornales utilizados. Los estudios están mostrando pocos casos en los cuales sea económico

tener una situación ganadora donde se incremente los jornales y a su vez se mejore el uso de los recursos naturales.

TRABAJOS PARA EL AÑO 2000

A) EN COLOMBIA

CONDESAN Colombia ha presentado una serie de proyectos para ser ejecutados en la cuenca del río La Miel y los municipios que la conforman y apoyar metodológicamente la Maestría en la Universidad de Caldas. Estos proyectos están aprobados en su gran mayoría y los recursos han sido asignados para validar, en esta región, la metodología CONDESAN para priorizar la inversión en cuencas. Para poder cumplir con el liderazgo técnico asumido se requiere profundizar en los siguientes aspectos.

- **Investigaciones adicionales para estimar adecuadamente los trade off a nivel de cuenca**

En la justificación de los incentivos de manejo de recursos naturales se menciona frecuentemente la captura de CO₂ y el impacto social por generación de empleo de las poblaciones de bajos ingresos. Estos dos beneficios justificarían más del 60% de los subsidios asignados actualmente en Colombia y serían más importantes, en muchas cuencas, que los asignados por caudales y sedimentos. A pesar de ello, son pocos los esfuerzos que se han hecho para valorar estos incentivos en forma adecuada a nivel de cuenca.

- **Captura de CO₂**

CONDESAN ha venido trabajando con el modelo DSSAT para estimar la producción de biomasa de diferentes coberturas y cultivos y con base en esta información ha estimado el valor del carbono almacenado en diferentes partes de la planta. Para valorarlo se tiene un flujo de liberación de carbono para diferentes especies y partes de la planta (ramas, tallo, raíces) y usos (leña, madera para papel, muebles, etc.) y se estiman el valor presente bajo diferentes tasas de descuento.

Esta primera aproximación se complementa con análisis georeferenciado a nivel de cuenca donde con base en la temperatura, precipitación, retención del agua en el suelo, evapotranspiración, tipo de suelo y textura se determina el potencial de fotosíntesis y la acumulación de carbono en el suelo. La estabilidad del carbono en el suelo esta muy relacionada, a su vez, con el tamaño de las partículas siendo más estable cuanto mayor sea el tamaño de partículas de los agregados y la profundidad en el perfil.

Adicionalmente se estaría midiendo en áreas específicas la respiración del suelo, aspecto muy importante en los balances de carbono cuando se trabaja en suelos con alto contenido de microorganismos. La metodología para estas mediciones está disponible y ha sido validada por el CIAT (socio de CONDESAN) en varios suelos de ladera.

- **Venta de captura de CO2**

CONDESAN tiene una filosofía que es compartida por muchos socios locales en Colombia. Se argumenta que en un mercado mundial de CO2 las regiones de ladera no tendrían ventaja comparativa y que sólo podríamos competir si adicionalmente ofrecemos, como incentivo, dedicar todos los recursos obtenidos a generar riqueza para los más pobres. Este tema ha sido tratado con los directivos e investigadores de la Federación de Cafeteros y están dispuestos a conformar un frente común para documentar la captura y el beneficio social alcanzado.

Adicionalmente necesitamos hacer ventas de CO2 para aprender cómo implementar la figura diseñada por CONDESAN. Las primeras propuestas han causado reacción en los ministerios de medio ambiente y las corporaciones regionales, quien se creen los autorizados por la convención mundiales sobre el tema, para negociar este recurso.

- **Determinación de puntos críticos para socializar la información en cuencas**

A pesar de ser consientes de la validez de los puntos mencionados, CONDESAN considera que estas experiencias están basadas en pocos estudios de caso realizados en profundidad y que se requiere mayores evidencias para tomar una posición definitiva sobre las ventajas de utilizar esta metodología para asignar prioridades de desarrollo y manejo de recursos naturales. Para evaluar objetivamente esta metodología se requiere socializar los análisis de cuenca y hacer posteriormente una evaluación crítica de sus bondades y limitantes. Para tal fin se requiere hacer tres esfuerzos adicionales.

- a) **Reducir el costo de la información.** Los modelos analíticos que se están validando son intensivos en la utilización de datos georeferenciados, por lo tanto es muy difícil aplicarlos sin la colaboración de las agencias del estado, que en la mayoría de los casos están cobrando valores extremos por información existente. CONDESAN debe asignar recursos para apoyar una estrecha colaboración con estos organismos estando convencido que es la única forma de poner valor agregado a una información actualmente subutilizada.
- b) **Preparar una masa crítica de técnicos jóvenes.** Existe un círculo vicioso que impide progresar en los análisis de cuenca. Son pocos los investigadores que realizan los análisis y el costo de los mismos hace que las personas que toman decisiones no estén interesados en contratarlos. La única forma de romper este círculo es incrementando la oferta de técnicos que pueden utilizar

mecanismos más ágiles de análisis, que a su vez conllevan una reducción en costos.

- c) **Mediciones adicionales para validar la estructura y función de la cuenca.** En muchas cuencas existe información histórica de precipitación diaria que se queda sin utilizar porque no se tienen mediciones complementarias, de alto valor marginal, como por ejemplo caudales. En estos casos deben colaborar tecnólogos medio ambientales y/o agropecuarios para hacer las medidas y los análisis correspondientes. Esta es la única forma de socializar y actualizar la información que permita evaluar el comportamiento de la cuenca y tipificarla por indicadores de estructura y función.

B) EXTRAPOLACIÓN DE LA METODOLOGÍA A LOS DEMÁS PAÍSES

CONDESAN ha realizado los primeros contactos para hacer una alianza estratégica con instituciones ecuatorianas que estén dispuestas a implementar la metodología desarrollada en los análisis de cuenca. El reto del año 2000 será cómo socializar esta información en el Ecuador y capacitar a su vez una masa crítica de unos 20 estudiantes que manejen esta información.

- **Análisis ecorregional de comportamiento de cuencas y su potencial para asignar incentivos de manejo de recursos naturales**

Todos los países andinos están revisando la forma de asignar los incentivos por manejo de recursos naturales, sin embargo esto se hace con muy poca información técnica. Con base en la información que estamos generando se podría hacer una comparación del comportamiento de las cuencas (potencial de escorrentía, tamaño de acuífero superficial, perfil de caudales, etc.) en diferentes ecosistemas, lo cual sería de gran utilidad para hacer un gasto más racional. Necesitamos tener cuencas estratégicas localizadas en los diferentes ecosistemas de la región andina y evaluar como es su comportamiento ante cambios de escenarios y determinar el precio sombra de los recursos. Para tal fin deberíamos tener al menos 5 cuencas adicionales en Bolivia y Ecuador y Perú. **Debemos trabajar más fuerte en aquellas cuencas de regiones semi-áridas, donde los expertos esperan que estos análisis sean cruciales y donde tenemos menos recursos humanos capacitados en la metodología.**