IMPORTANCIA DEL RECURSO FORESTAL EN LA CONSERVACION Y MANEJO DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS

Nicolás Roa Amaya*

A. Algunas Consideraciones de Aspecto Técnico

Antes de entrar en análisis de los aspectos prácticos y políticos de la influencia del recurso forestal en las cuencas hidrográficas, es conveniente hacer una síntesis de algunos conceptos técnicos, esto es, los rasgos generales de las técnicas vigentes sobre la influencia de los bosques en las características de las cuencas hidrográficas, sin pretender en esta parte se haga un análisis exhaustivo de tan importante rama técnica.

En muchas partes del mundo se han recopilado datos sobre el efecto de los montes en el comportamiento de las cuencas hidrográficas y algunos de ellos, muy seleccionados pueden ser aplicados en Colombia; haciéndonos falta conocimientos técnicos apropiados especialmente en cuanto á las zonas de bosque húmedo tropical.

1. Precipitación e interceptación. La vegetación y en particular la forestal, vuelve a redistribuir la precipitación que cae en una cuenca hidrográfica. Una parte del agua queda en el follaje la cual se denomina Interceptación, una segunda parte cae de las copas escurriendo de las hojas y se denomina, precipitación por ímpacto; la tercera parte es el agua interceptada que desciende por las ramas, el tronco o tallo lo cual es conocido como escurrimiento por el tronco, la suma de los dos últimos constituyen la precipitación neta.

Las pérdidas por interceptación pueden ser altas durante las precipitaciones de poca intensidad, especialmente si la lluvia es escasa y después de ésta hay aumento de temperatura con lo cual se evapora el agua interceptada. Con lluvias de gran intensidad la intercepción es menor y por lo tanto hay menos pérdida por evaporación.

* Ingeniero del Proyecto Colombo Holandés -Cuenca Magdalena Cauca- INDERENA.

Los anteriores factores climáticos relacionados con la intercepción no pueden ser variados por el hombre, pero los factores vegetativos relacionados con el fenómeno, si están en manos de los encargados del manejo de las cuencas hidrográficas.

Los factores vegetativos comprenden: especies, densidad y altura. En las especies de hoja aciculada la interceptación es mayor que en los árboles de hoja lafifoliada (Zinke). La densidad del bosque es muy importante. es obvio que un gran bosque tropical de muchos estratos interceptará más precipitación que un bosque escasamente poblado. El modo de crecer las distintas especies. la forma de la copa, el ángulo de las ramas y la rugosidad de la corteza influyen notablemente en la precipitación por impacto y en el escurrido por el tronco (Kittridge 1948).

2. La evapotraspiración. Los dos factores básicos que regulan la evapotraspiración son la energía disponible y la superficie de evaporación. La energía necesaria en su mayoría procede del sol y ésta puede ser influenciada por la densidad la disposición y coloración de las diferentes especies de árboles y en forma similar la densidad y el tipo de vegetación pueden influir en el contenido de agua en el suelo. En las épocas secas la cantidad de evapotraspiración depende la formación vegetal y de las especies que la conforman por esto, un rastrojo bajo y espinoso consumirá mucho menos que un bosque frondoso como también las especies coníferas menos que las latifoliadas. Sinembargo, cuando la alimentación hídrica no es factor limitante, porque hay abundancia de agua época de contínuas lluvias la evapotraspiración observada en los bosques y las gramíneas o rastrojos, es casi igual, o sea que en este caso no importa cual sea el tipo de cubierta vegetal (Douglas 1967).

3. La infiltración. Además de las características de la precipitación y de las propiedades del suelo, en el ritmo de la infiltración influyen también varios factores que son peculiares de los bosques, dentro de los cuales el más importante es la hojarasca orgánica, lo cual protege eficazmente el suelo contra el impacto de la lluvia y filtra además las partículas finas evitando así la obstrucción de los poros del suelo los cuales sirven para la entrada del agua.

La hojarasca del bosque constituye especialmente una capa aisladora del suelo, reduciendo las temperaturas extremas y las pérdidas por evaporación, de minerales de los primeros horizontes del suelo.

En el ritmo de la infiltración influye también el contenido de agua del suelo y esto lo favorece el bosque porque éste produce pérdidas por evapotraspiración, con lo que se ocasiona un bajo contenido de aguas en el suelo, favorenciendo así un buen ritmo de infiltración.

La escorrentía en su cantidad esta en relación muy estrecha con la capacidad de infiltración, la cual cuando es alta ocasiona que no haya escorrentía. por esto es frecuente que las inundaciones se deban a la escasa capacidad de infiltración de las cuencas, lo que ocurre frecuentemente en las que están desprotegidas de bosques, aunque posean pastos y tierras agrícolas, porque está demostrado que en igualdad de condiciones. la infiltración es mucho mayor en un bosque que en las tierras cubiertas con pastos o los suelos desnudos.

4. Escorrentía de la superficie. El humus y la hojarasca de los bosques presentan condiciones de la superficie del suelo completamente distintas a las de las tierras agrícolas; como se expuso anteriormente, las condiciones forestales son muy favorables a la infiltración y por lo tanto no hay escorrentía. Así pues, los factores que influyen en la infiltración como la textura, estructura y profundidad del suelo; la presencia de hojarasca y humus; el bajo contenido de agua en el suelo; y otros factores, influyen igualmente en las corrientes superficiales de manera inversa, esto es cuando estos favorecen la infiltración, desfavorecen entonces a las corrientes de superficies.

Las corrientes superficiales no son convenientes por dos razones principales: en primer lugar porque se concentran rápidamente en cauces y contribuyen a que se formen grandes caudales que convierten a las corrientes en torrentes; en segundo lugar, porque al correr el agua por la superficie del suelo especialmente en las superficies no protegidas, desplaza a las partículas produciendo una grave erosión con lo cual se destruyen las vertientes y se causa daños a las obras civiles de aprovechamientos hidraúlicos, por el aporte de los sedimentos. como también se enturbian las aguas, perjudicándose su calidad y disminuyendo su riqueza ícticas, con la mortandad de los peces por la asfixia que les ocasiona los altos contenidos de sedimentos en las aguas.

La inundación violenta, como una regla general es ocasionada principalmente por el escurrimiento de la superficie y, por lo tanto, un medio para controlar las inundaciones, es

introducir dentro del suelo la mayor cantidad de agua dentro del almacenamiento que pueda estar disponible o dentro de las corrientes de movimiento lento del subsuelo y de la base, factores que sin lugar a dudas son los que se encuentran más nítida y positivamente influidas por la cobertura vegetal contínua y densa, y cuando más desarrollada sea la vegetación mucho más cumple esas funciones; por lo tanto, el bosque es el que ofrece la mejor protección y mucho más los bosques naturales, o viejos o densos, que los artificiales o jóvenes o entresacados.

Expuesto el anterior resumen sobre los beneficios del bosque en cuanto al control de las crecidas, es necesario observar claramente el concepto que las reforestaciones o existencia de los bosques en la zona alta, o cuencas receptoras, influye solo parcialmente en las inundaciones ocurridas en las llanuras aluviales alejadas de estas zonas, por razón a que, estas inundaciones provienen de flujos retrasados; (Aubreville A. 1949); por lo tanto, se debe entender que el mejor efecto de las reforestaciones para el control de la torrencialidad, siempre se observa en cuencas de poca área y pendientes (Poncet A. 1968). También hay que observar que en condiciones de lluvias muy fuertes de alta intensidad y duración, el bosque puede perder cualquier efecto regulador y esta influencia reducida del bosque sobre las avenidas de gran magnitud, explica y pueden justificar que los programas de control de inundaciones se realicen principalmente con obras de ingeniería civil, para regular los caudales en las mismas vías y adecuar las llanuras aluviales, considerando de poco interés, o en muchos casos olvidando totalmente, la reducción de la torrencialidad en cuencas receptoras. Esta polftica o alternativa es apenas lógica, puesto que no es de esperar que la sola reforestación o presencia del bosque sea la solución técnica y económica total y mucho menos cuando con la reforestación para obtener beneficios significativos, se requiere de bastante tiempo, hasta cuando se ha formado en el área un bosque que presente las condiciones ya anotadas, para poder influir en los escurrimientos superficiales.

5. La erosión. Para facilitar el resumen, los procesos de erosión los agrupamos en dos amplias categorias (Bay Roger), la erosión superficial y los movimientos en masa.

a. La erosión de superficie: no suele ser extensa en las zonas con bosques, excepto cuando el hombre ha alterado el lugar con la ejecución de prácticas forestales como el arrastre y recogida de trozos y la

construcción de carreteras de trasporte muy pendientes, con lo cual se favorece la concentración del agua y su aceleración produciéndose arrastre y trasporte de partículas de suelo. Otros usos de los bosques que desprotegen la superficie del suelo en las vertientes pendientes y que también producen la erosión, son: la dedicación de tierras con aptitud forestal a la agricultura, el abuso de pastoreo en los pastizales forestales y las quemas e incendios. En las áreas agrícolas la erosión ha sido estudiada intensamente y los aspectos básicos snn aplicables a los suelos forestales, pero debido a la variación de las condiciones de la superficie del suelo y a la utilización forestal, no es pertinente usar toda la información que se requiere para las zonas agrícolas.

En un bosque inalterado, la erosión es mínima, si son normales la geología, topología, suelo y clima. El bosque favorece una alta infiltración y percolación, en menor impacto de la lluvia en la superficie del suelo y generalmente unas escorrentías mínimas en la superficie, con lo cual se reduce significativamente las fuerzas que producen la erosión, por esto las tierras con bosques poseen un equilibrio entre los procesos de formación del suelo y los de erosión y por lo tanto el factor más importante para prevenir la erosión de la superficie consiste en conservar la cubierta forestal.

b. Los movimientos en masa del suelo, tienen lugar tanto en los bosques inalterados como en los alterados y constituyen la principal fuente de aporte de sedimentos provenientes de los bosques; indudablemente que la construcción de carreteras como las cortas forestales son los principales factores que contribuyen a la producción de hundimientos, deslizamientos y corrimientos de masas de suelo dentro de las áreas forestales, en las cuales al cortarse bosque se facilita la existencia de una mayor humedad del suelo en algunos sitios, como consecuencia de la reducción de la evapotraspiración. También se ha podido observar que años después de cortado el bosque han ocurrido deslizamientos, hecho que parece estar ligado con la putrefacción de las raíces en el suelo las cuales en las laderas pendientes constituyen en gran parte un factor de ligazón y estabilización del suelo.

B. Algunos Aspectos de Tipo Político Administrativo

1. Conceptos pro y en contra. Los beneficios del bosque en cuanto los efectos que producen en la cuenca hidrográfica, a través de la historia han sido divulgados en muchas formas por mucha gente.

Unos promulgan que los beneficios del bosque en las cuencas hidrográficas es la panacea, no solamente para regular los caudales si no para mejorar la cantidad y calidad del agua, este concepto ha sido recibido con entusiasmo por los conservacionistas y por las personas que desde todo punto de vista ven a los árboles con gran afecto.

En contra del anterior concepto surge el de que, el bosque no presenta en términos globales, significativos efectos en la regulación de caudales y en el mejoramiento de la calidad del agua. Se concibe al bosque solamente para producción de madera y se da como solución única la construcción de obras civiles, para la regulación de caudales, control de inundaciones y mejoramiento de la calidad del agua.

2. Evolución de los conceptos: Reforestación, Ordenación de Cuencas. En Colombia el primer argumento sobre el uso del bosque como la mejor solución para la conservación y rehabilitación de cuencas hidrográficas, tuvo absoluta acogida dentro de los profesionales forestales y agrónomos. En la evolución, en nuestro país, de las técnicas y políticas para la administración y conservación de las cuencas hidrográficas, se pueden distinguir tres épocas demarcadas por las siguientes características:

a. Una primera época que comprende hasta el año 1957 en la cual el principio de política estaba basado en la reforestación como único medio para obtener la regulación de los caudales, calidad de agua y control de la erosión en todas sus formas, principio que tuvo su origen en la vinculación al país de Servicio Técnico Agrícola Colombo-Americano, STACA, cuya principal labor fue la de la reforestación; durante esta etapa la participación del gobierno sólamente estuvo presente a través de algunas municipalidades y el Ministerio de Agricultura, pero en materia legal; fue esta época la de mayor fecundidad de disposiciones legales tendientes a la administración, conservación y vigilancia de los recursos de bosques. aguas y suelos.

b. La segunda época puede considerarse a partir de 1958 hasta 1967, durante la cual el concepto sobre ordenación de la cuenca hidrográfica, empezó a tomar cuerpo y su necesidad a ser comprendida por los dirigentes gubernamentales; técnicamente en esta etapa se adelantarán algunos pasos, puesto que se empezarán a realizar reconocimientos más completos teniéndose en cuenta los aspectos físicos y socio-económicos. A través del Ministerio de Agricultura el Estado tomó una mayor decisión y participación, realizando estudios en algunas cuencas de pequeña extensión y relativa importancia y formuló para varias de ellas planes de trabajo, que se pueden considerar las primeras aunque muy elementales Planes de Ordenación.

A finales de esta segunda época, la existencia de entidades del desarrollo regional como la Corporación de Desarrollo de los Valles de Chiquinquirá y Ubaté-CAR, La Corporación del Valle del Cauca-CVC, y la Corporación del Valle del Magdalena-CVM, dieron comienzo a actividades relacionadas con la ordenación, tendientes al desarrollo integrado de las cuencas, pero se puede considerar que, estas acciones se iniciaron de tal forma, que no seguían una metodología definida, aunque éstas, especialmente la CVC, fueron entidades estructuradas en forma similar a Tennesee Valley y Antohority-TVA, pero desafortunadamente se desatendieron los dos aspectos fundamentales enunciados por la TVA, la organización de la comunidad, y el tratamiento de las áreas receptoras de aguas arriba del curso principal.

Como se dijo anteriormente, los estudios y/o reconocimientos realizados hasta 1969, no obedecen a ninguna metodología previamente establecida, la mayoría fueron hechos teniendo como tratamiento principal la repoblación forestal. criterio que continuó caracterizando estas dos primeras épocas. por lo tanto la mayoría de los proyectos, formulados, son más que todo proyectos de repoblación forestal a las que comúnmente se les tituló: "Planes de Manejo de la Cuenca Hidrográfica"..., los que en su mayoría tuvieron como principal factor en su contra el abarcar áreas ocupadas por campesinos agricultores, colonos, quienes ejercieron fuertes presiones sociales e influyeron de hecho en la no ejecución de las reforestaciones proyectadas,

por no constituír éstas ninguna garantía económica ni contemplar solución ante la posesión o propiedad de la tierra.

Dentro de las realizaciones comenzadas en estas primeras épocas y que actualmente presentan algunos resultados, se pueden citar las repoblaciones forestales en áreas de las cuencas del río Otún, en Pereira, cuencas de los ríos San Francisco y San Cristóbal, en Bogotá y la cuenca del río Piedras Blancas en Medellín, en donde fueron posible por la vinculación directa de entidades semiparticulares.

Otra labor que se puede mencionar como de beneficio para la conservación de las cuencas hidrográficas, es la vigilancia y control de las explotaciones forestales, la cual inicialmente se ejerció como guardabosques nacionales pertenecientes al Ministerio de Agricultura y a partir de 1963, corporaciones de desarrollo como la CVM y la CVC, le dieron gran impulso en las cuencas hidrográficas, creando cuerpos de vigilancia con inspectores previamente seleccionados y con algún adiestramiento en la materia, lo cual sin duda alguna ha dejado provecho en la conservación de los recursos naturales de las cuencas.

c. Ejecuciones 1a. y 2a. época. En resumen las cuencas atendidas, su estado y finalidades, hasta el año de 1967, era la siguiente:

Nombre	Localización Dptos.	Area has.	Estudios o reconocimientos	Finalidades
Q.Honda	Huila	150	Edafológicos,uso de la tierra, socio-económico ecológico	
Q.Gigante	Caldas	800	Climatológicos, hidrológicos	Riegos Energía y Acueducto
E.Pamplonita	N.Santander	100.000	Climatología edafología hidrología	Acueducto

Nombre	Localización Dptos.	Area has.	Estudios o reconocimientos	Finalidades
R.Anchicayá	Valle	75.000	Reforestación e hidrología	Energía
R.Cali	Valle	30.000	Reforestación e hidrológicos	Acueducto e hidroeléct.
R.Nima	Valle	30.000	Reforestación	Acueducto
R.Pance, Lily Melendez	Valle	50.000	Reforestación	Acueducto
R.Otún	Risaralda	30.000	Reforestación	Acueducto y energía
R.Tejo	N.Santander	70.000	Edafológicos reforestación	Acueductos
R.Bobo	Nariño	60.000	Uso de la tierra Reforestación	Acueducto
R.Piedras Blancas	Antioquia	2.877	Reforestación	Acueducto
R.San Cristóbal y San Fco.	Bogotá, D.E.	40.000	Reforestación hidrología	Acueducto
R.Táchira	N.Santander		Uso del suelo, climatológico, reforestación	Acueducto, Energía
R.Tulúa	Valle		Reforestación	Acueducto
R.Bugalagrande	Valle		Reforestación	Acueducto
R.Gaira y Manzanares	Magdalena		Hidrología, climatología, uso actual del suelo geomorfología reforestación experimental	Acueducto y regulación
R.Córdoba y Toribio	Magdalena		Hidrología, climatología estudio físico	Energía, riego. Control de inundaciones.

Nombre	Localización Dptos.	Area has.	Estudios o reconocimientos	Finalidades
R.Lebrija	Santander	198.000	Estudios básicos para formulación del Plan de Ordenación	Desarrollo integral ordenación.
R.Combeima	Tolima	60.000	Hidrología, reforestación	Acueductos y riegos.

d. La tercera época, puede considerarse a partir de 1967, en la cual comenzó a intervenir el concepto sobre "Desarrollo Integral de Cuencas Hidrográficas" diferenciándose con el de "Ordenación de la Cuenca Alta", en la cual el país ha venido y se encuentra actualmente trabajando en la mayoría de sus proyectos. En esta etapa, la CVM, realizó estudios sistemáticos, para las cuencas de los ríos Lebrija y Sinú, formulando sus respectivos planes, de los cuales sin duda alguna, el río Lebrija es ampliamente completo y se puede considerar como patrón y medio de consulta para los proyectos de "Desarrollo Integral" con propósito múltiple, aunque éste no cubre sino la parte superior de la cuenca del río Lebrija. Al completarse el estudio hasta alcanzar toda el área de la cuenca, se ha considerado (Misión FAO 1970) que este proyecto puede ser tenido como el proyecto piloto de Colombia, en el cual es factible la aplicación de múltiples y variadas prácticas de conservación y desarrollo, estableciendo a la vez una estructura orgánica adecuada para llevar a cabo el desarrollo integral con propósito múltiple de las cuencas hidrográficas, a similitud con las que en otros países han dado resultado; conformando esta estructura por: una Comisión Planificadora Técnica y una Junta de Desarrollo de Cuencas Hidrográficas.

En esta época entra a figurar el hecho importante de la creación en 1969, del Instituto de Desarrollo de los Recursos Naturales Renovables INDERENA, con cuyas labores se comienza a marca una nueva época en conservación y aprovechamiento de los recursos naturales de Colombia.

Como anteriormente se anotó, en esta época, se definen dos niveles de intervención en las cuencas hidrográficas, que son y se definen así: (FAO, Misión Técnica en Colombia 1971).

1) Desarrollo de cuencas hidrográficas con propósito múltiple, "se refiere al planeamiento del desarrollo regional en una unidad fisiográfica, la cuenca hidrográfica, tomando en consideración las metas y prioridades de desarrollo diseñadas para el área mayor de influencia". Este planteamiento no se hace para el aprovechamiento en forma aislada de los recursos agua, y mucho menos para el bosque, si no en forma integral para el aprovechamiento de todos los recursos naturales y humanos de una cuenca, de acuerdo con las necesidades, alternativas y prioridades locales, regionales y nacionales.

2) Ordenación de cuencas, "comprende la ordenación de los recursos naturales renovables principalmente en las áreas de captación de aguas". Mediante la ordenación de cuencas, se trata de obtener el mejor rendimiento del suelo agrícola, de la producción forestal, de los pastizales, de la pesca, etc. y al mismo tiempo, regularizar la cantidad y calidad del agua, ejerciendo las prácticas correspondientes, principalmente en las cuencas altas en donde los elementos agua, suelo, vegetación, están estrechamente vinculados.

De acuerdo con estos dos principios, la ejecución en Colombia, se desarrolla como Ordenación de cuenca, dentro de lo cual, las reforestaciones son una parte de los Planes de Manejo Forestal, los cuales a su vez son solamente uno de los tantos planes de manejo necesarios para la ordenación de la cuenca. Comunmente un Plan de Ordenación, en nuestro medio puede comprender Planes de Manejo para:

-Remodelación agropecuaria, partiendo de una clasificación de suelos según su uso potencial.

-Manejo de pastizales y economía silvopastoral.

-Manejo hidraúlico (control de inundaciones, aprovechamientos de aguas, reglamentación de corrientes de uso público).

-Control de erosión, defensa y rehabilitación de suelos.

-Manejo de bosques (reforestaciones, regeneración natural, selección y mejoramiento de masas forestales, etc.).

-Control torrencial.

-Control y vigilancia de los recursos naturales.

e. Ejecuciones tercera época. Tendiendo a la "Ordenación de su cuenca" en esta tercera época, por parte del INDERENA, se han estudiado las siguientes cuencas:

Nombre	Localización Dptos.	Area has.	Ejecución	Finalidades
R.Lebrija	Santander	195.000		Acueductos, energía eléctrica, conservación suelos.
R.Zulia	N.Santander	40.000		Acueducto, energía, riego estructuración de uso de la tierra.
Rs.Córdoba, Toribio,Gaira y Manzanares	Magdalena (SM)	63.000	Ejecución del Plan de Ordenación	Riego, control inundaciones
R.Combeima	Tolima	135.000	Plan de Ordenación (Q.Cay)	Riego, acueducto energía.
R.Otún	Risaralda	30.000	Ejecución Plan de reforestación	Acueductos y energía

Nombre	Localización Dpto.	Area has.	Ejecución	Finalidades
R.Mayo*	Nariño	152.000	Plan de retención de sedimentos	Protección embalse de hidroélectrica.
R.Las Ceibas	Huila	25.000	Ejecución de estudios básicos	Acueductos
R.Alto Putumayo*	Nariño	60.000	Ejecución de estudios básicos	Acueductos
Laguna de Tota	Boyacá	21.000	Plan de Operación	Regulación de caudal
R.Coello	Tolima	93.000	Estudios básicos	Riego
R.Frío	Magdalena	38.000	Estudios básicos	Riego
R.Algodonal	N.Santander	28.000	Estudios básicos	Riego
R.Pamplonita	N.Santander	10.000	Plan de ordenación	Acueducto

Además, se encuentran vinculadas a esta actividad algunas Empresas Públicas Municipales y entidades de desarrollo regional como la CRQ, CAR y la CVC quien dentro de éstas, se destaca por sus realizaciones en las cuencas de los ríos Cali, Nima, Anchicayá y Calima.

3. La imprevisión de los estudios de obras hidraúlicas. Han existido sinembargo, mediadores dentro de los dos argumentos tan antagónicos mediante los cuales se ha permitido observar que, las obras civiles y la reforestación son complementarios, y por lo tanto indispensables cuando se trata de obtener los mejores resultados en el aprovechamiento de agua, en la regulación de caudal, control de inundaciones y protección del suelo.

* Proyectos suspendidos recientemente.

Es fácil razonar, que los beneficios de una reforestación solamente son percibidos después de muchos años de iniciarse ésta, o sea cuando ya los árboles forman realmente una masa forestal protectora y por el contrario las obras civiles a más corto tiempo presentan soluciones inmediatas. Pero las obras civiles requieren altas inversiones de dinero en corto tiempo y por más técnicamente proyectadas y construídas desde el punto de vista hidraúlico, están expuestas a su disminución de poder, por efecto de los sedimentos que aportan las vertientes que se encuentren desprotegidas de vegetación, para lo cual el medio efectivo es sin duda la existencia de una adecuada protección vegetal, como seguro de vida para las altas inversiones necesarias en la construcción de obras civiles.

Se ha dicho anteriormente que el cubrimiento vegetal de las vertientes permiten un seguro de vida para las obras construidas, para entrar aquí, a observar si por factores económicos se prefiriese en favorecer la regeneración de vegetación espontánea o si involucrando el factor de rendimiento económico por la producción de madera, se decidirá efectuar repoblaciones forestales, las cuales en principio también exigen inversiones considerables, pero se trata de obtener como beneficio, el control de la vertiente la protección de las obras y la producción de madera.

Atribuímos en esta forma un beneficio al bosque, la protección de las obras hidraúlicas y es así, porque está demostrado y aceptado por todos, que el bosque ejerce gran influencia en el control de erosión y por lo tanto en la producción de sedimentos, los cuales ocasionan daños en las obras civiles de aprovechamiento de aguas, con significativas pérdidas económicas.

Por esto los estudios de "Aprovechamientos Hidraúlicos" además de su información básica usualmente requerida sobre hidrología, topografía, geología, etc., requieren de la información sobre suelo, erosión y silvicultura, con el fin de complementarse con los proyectos de conservación de vertientes, a través de obras forestales, las cuales no solamente consisten en reforestaciones, sino también, en ejecución de otras medidas, como creación de pastizales, tecnificación del uso de la tierra, construcción de obras mecánicas de pequeña magnitud, pero distribuidas en número adecuado a través de la vertiente como: bancales, terrazas, zanjas de infiltración, plateos, barreras vivas, etc..

a. <u>Algunos casos concretos en Colombia</u>. Al comenzar a pensar en los grandes proyectos de desarrollo integrado, es conveniente comenzar en el país la labor de demostración y divulgación respecto a la modalidad

conservacionista de los proyectos de aprovechamiento hidráulico, teniendo como área de acción algunas modestas realizaciones de aprovechamiento único, en los cuales la necesidad de una integración se presenta en evidencia.

La necesidad de prever las medidas tendientes a garantizar el aprovechamiento óptimo y sostenido, no surgen si no cuando se presentan las imprevisiones como los siguientes casos concretos, donde la falta de atención a las áreas receptoras, han ocasionado pérdidas costosas e irreparables tales como lo ocurrido, en la represa de "Anchicayá", construida por la CVC, la cual se colmató en el curso de unos pocos años como consecuencia de la imprevisión. Los deslizamientos ocasionados y el aporte de sedimentos por las vertientes han disminuido la capacidad de embalse, de cinco millones de metros cúbicos a menos de un millón de metros cúbicos, por lo cual, prácticamente se ha inutilizado la costosa estructura de Arco-gravedad diseñada para la generación de 73.000 kilowatios. La represa de "Calima" y la nueva represa de "Alto Anchicayá" localizada a 11 kilómetros aguas arriba de la represa ya afectada por los azolves, presentan por los mismos motivos de degradación de las vertientes de las áreas receptoras, la posibilidad de ser afectadas en corto tiempo.

La represa de "Bocas" construida sobre el río Lebrija, en 1964, en la actualidad su embalse presenta solamente la mitad de la capacidad original, o sea, aproximadamente 500.000 metros cúbicos, se ha estimado que en un mes se puede llegar a acumular hasta 800.000 metros cúbicos de acarreo y por lo tanto una vez por mes debe abrirse las compuertas de fondo para hacer el lavado de la represa, lo cual exige la suspensión de la generación de energía en la central de "Palmas" y el consiguiente racionamiento en la ciudad de Bucaramanga. En esta misma área el río Lebrija, en los estudios realizados por el INDERENA, para la ordenación de su cuenca, se tomaron muestras de agua inmediatamente después de la evacuación del embalse y se obtuvo que el valor de los sedimentos supera los 40 gr/litro, lo cual explica el por que existe la gran mortandad de pescado en la parte baja del río Lebrija, con lo cual se afectan grandes comunidades de pescadores de esta región. (Botero y Roa 1970).

También se observa el caso de la hidroélectrica del río Mayo (1), la cual se encuentra localizada a cuatro kilómetros de "San Pablo" en el departamento de Nariño. Fue inaugurada el 31 de agosto de 1969, con un costo en su etapa inicial de $130 millones de pesos, para una capacidad de generación de 21.000 kilowatios a plena carga, destinadas a abastecer la demanda de la ciudad de Pasto, Popayán y áreas rurales de los departamentos de Nariño y Cauca, considerada como la primera obra del desarrollo, de regiones marginadas del país. La imprevisión de los estudios hidraúlicos, por desconocimiento del estado de las vertientes nuevamente causa aquí sus graves efectos; a los tres meses de operación se había colmatado su embalse casi en su totalidad y hubo necesidad de efectuar la primera limpieza, las cuales en forma periódica se han venido realizando, ocasionando la suspensión de generación en cada una de ellas, en un promedio de ocho horas, con un costo por suspensión de servicio en las ocho horas, equivalente a $10.000 cada vez, a lo cual se debe sumar los efectos que produce el racionamiento en las ciudades cuando el lavado no se puede efectuar en las horas de la madrugada. (Botero y Roa 1970).

Además de la pérdida de embalse, la central de Hidromayo presenta un problema de suma gravedad: las turbinas han estado trabajando con un caudal cargado de bastante material sólido construido principalmente por cristales de Silice de gran consistencia que han ocasionado el desgaste prematuro de los árboles, anillos de desgaste y en las partes internas de funcionamiento, la cual hace temer que en muy corto tiempo las turbinas queden fuera de servicio.

b. Proyecto Colombo-Holandés "Plan de Regulación Fluvial y Defensa Contra las Inundaciones -Cuenca Magdalena-Cauca". Los puntos de vista expuestos a través de este trabajo, han encontrado un amplio campo de elaboración en los planteamientos que para la utilización integral de los Recursos Naturales Renovables, especialmente los hidraúlicos, ha venido haciendo el Proyecto "PLAN DE REGULACION FLUVIAL Y DEFENSA CONTRA LAS INUNDACIONES -CUENCA MAGDALENA- CAUCA", que el INDERENA adelanta con la colaboración técnica económica del Gobierno Holandés.

Para lo que sea de interés, se anexa una breve descripción de los postulados y fases conceptuales del citado proyecto.

Conclusiones

1. Las condiciones del bosque natural o artificial, es uno de los diversos factores que determinan el funcionamiento de una cuenca; factores que en su totalidad deben estudiarse y entenderse, antes de formular un programa para su ordenación.

2. Es preciso actuar pronto para lograr un mejor conocimiento del bosque y las características hídricas de cada vertiente y región, puesto que dadas nuestras particulares condiciones de clima, suelos y vegetación netamente tropical, es muy difícil aplicar todos los conocimientos y antecedentes sobre los procesos y principios hidrológicos forestales, que en otros países europeos y americanos, se han obtenido como fruto de largo tiempo de investigaciones y manejo de cuencas.

3. Para el control de crecientes normales el bosque nunca presenta inconvenientes y en la mayoría de los casos ofrece ventajas indiscutibles, al contrarrestar la concentración de las aguas, por el efecto que ejerce de frenar la escorrentía superficial y aumentar la infiltración traduciéndose en disminución de la velocidad de las crecidas y disminución de los caudales máximos.

4. Los efectos positivos del bosque y su manejo, para elevar las tasas de infiltración y reducir el caudal y velocidad del agua que corre por la superficie, son poco significativos en las grandes crecientes de tipo excepcional, pero debe considerarse que, en estas mismas condiciones, métodos diferentes de manejo de tierras, se traducen siempre en una mayor erosión y sedimentación.

5. La influencia reducida, del bosque, sobre las avenidas de gran magnitud, explica y puede justificar que los programas de control de inundaciones se realicen principalmente con obras de ingeniería civil, para regular los caudales en los mismos ríos y adecuar las llanuras aluviales.

6. Los efectos positivos bosque en la intercepción, infiltración y escorrentía mínima en su área, reducen significativamente las fuerzas que producen la erosión, y por esto las tierras

con bosque poseen un equilibrio entre los procesos de formación del suelo y las de erosión natural y por lo tanto, el factor más importante para prevenir la erosión y su consecuente producción de sedimentos, consiste en conservar la cubierta forestal.

7. Está demostrado y aceptado por todos, que el bosque ejerce gran influencia en el control de erosión y consecuente producción de sedimento, con lo cual se puede atribuir al bosque el carácter de seguro de vida para las obras hidraúlicas, al proteger las de los sedimentos, los cuales ocasionan, en éstas, graves daños con significativas pérdidas económicas.

8. Como consecuencia del efecto del bosque en la erosión y producción de sedimentos, el agua proveniente de las cuencas receptoras cubiertas con bosque, por lo general, es de óptima calidad y apta para el consumo humano con mínimos costos de tratamientos.

9. El bosque en comparación con los arbustos o gramíneas, por el factor de evapotraspiración, es mayor consumidor de agua, pero esto solamente es válido en épocas secas, por que está demostrado que en épocas de abundancia de lluvias, las dos coberturas vegetales poseen igual evapotraspiración. Estas dos condiciones quedan a disposición del técnico, cuando se trata de manejar el caudal de agua que deba producir una cuenca.

10. Por la imprevisión en los planeamientos y ejecución de los estudios para proyectos, tanto hidraúlicos, como forestales, estos no han logrado su éxito prospectado y en muchos casos han ocasionado pérdidas económicas significativas.

11. Las obras de aprovechamientos hidraúlicos y el cuidado de la cobertura vegetal de las vertientes tributarias son complementarias e indispensables, cuando se trata de obtener los mejores resultados en la regulación de caudales, control de inundaciones, control de erosión, producción de sedimentos y calidad del agua.

BIBLIOGRAFIA

Aubreville A. 1949. Climats, forets et desertification de l' Afrique Tropicale Paris.

Bochkov. A.D. 1970. Fores influence on river flows. Nature and Ressources -VI- 1 - UNESCO.

Botero, L.S. y Roa N. 1970. El manejo de las cuencas hidrográficas para protección de obras hidraúlicas. Bogotá. Mimeógrafo 22 pp.

Chow, Ven, Te. 1964. Handbook of applied Hydrology, Mc Graw-Hill, N.Y. 1918 pp.

Douglas, James E. 1967. Effects of especies and arrangament of forests on evapotraspiration. Penn. State Univ: N.Y.

Kittredge, J. 1948. Interception and stenflow. Forest influences, chapt. XI, 99-114. HcGraw - Hill N.Y.

Roger R. Bay. 1971. Efecto del uso de la tierra y del manejo sobre el caudal y la calidad de las aguas. Informe, Primer Seminario Latinoamericano de Ordenación de Cuencas Hidrográficas. La Plata, Argentina.

Roa N. 1971. La Ordenación de Cuencas en Colombia. Informe, Primer Seminario sobre Ordenación de Cuencas en Latinoamérica. La Plata, Argentina.

PONENCIA

1. Los perjuicios constatados por la imprevisión, falta de estudios y trabajos consecuentes, exige que en el futuro el Estado cuide de que todo aprovechamiento hidraúlico sea concebido por un equipo multidisciplinario de técnicos, entre los cuales, se contará necesariamente un experto en conservación de vertientes y condiciones de cobertura vegetal, o sea, un ingeniero especialista en Manejo de Cuencas Hidrográficas.

2. El Estado directamente a través de sus administraciones delegadas, vigilará el cuidado que se tenga de las cuencas tributarias, exigiendo en adelante el conocimiento exhaustivo de las mismas y su conservación, antes de autorizar sus aprovechamientos: embalses, canales, riego, adecuación de tierras, acueductos, etc..

3. El apoyo a las exigencias sobre conservación, estudios y planificación de los aprovechamientos de las cuencas, el mismo Estado, a través de las Universidades y Centros de Investigación, promoverá y auxiliará programas tendientes a la investigación hidrológica-forestal en cuencas hidrográficas.

Anexo No. 1

PROYECTO COLOMBO HOLANDES "PLAN DE REGULACION FLUVIAL Y DEFENSA CONTRA LAS INUNDACIONES EN LA CUENCA MAGDALENA-CAUCA"

INDERENA

QUE ES EL PROYECTO

Las sistemáticas pérdidas en vidas y bienes por efecto de las inundaciones y las grandes extensiones de tierras agrícolas que se encuentran en bajas condiciones de productividad o totalmente inutilizadas, a lo largo de los valles de la cuenca, han demostrado la urgente necesidad de un PLAN de Regulación Fluvial y Defensa contra las inundaciones, en especial para nuestra más importante Unidad Hidrográfica: La cuenca de los ríos Magdalena y Cauca, con 275.000 kilómetros cuadrados de superficie.

Por otra parte, la insuficiente coordinación entre los múltiples y diversos organismos estatales que se ocupan del estudio y utilización de los recursos hidraúlicos (ISA, SCMH, ICEL, INDERENA, INCORA, INSFOPAL, MINISTERIO DE SALUD, EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN, CHEC, CVC, MINISTERIO DE AGRICULTURA, EMPRESAS DE ENERGIA y ACUEDUCTO DE BOGOTA, CAR, CRQ, CIAF, IGAC, NAVEGACION Y PUERTOS DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, INGEOMINAS, ADENAVI, etc.) agregada a la demostración histórica a escala mundial de que los aprovechamientos hidraúlicos de propósito múltiple minimizan los costos del desarrollo económico y proveen la base técnica de sustentación para la explotación racional de todos los recursos naturales y la creación de infraestructura del país, han motivado al Departamento Nacional de Planeación y al Ministerio de Agricultura en el sentido de estructurar, estudiar y justificar económicamente un PLAN general coherente de aprovechamiento de los recursos hidraúlicos para la totalidad de la cuenca Magdalena-Cauca.

Se procura concebir y definir los medios de protección para las mejores tierras sometidas a inundaciones, para lo cual se presumen que se requiere, entre otros, regular los cursos de agua tributarios de la cuenca, originándose así esquemas de proyectos que a su vez van a permitir el uso racional del recurso agua para fines hidroagrícolas, energéticos, de trasporte y de turismo, etc., al tiempo que se promueve la explotación de otros recursos naturales existentes en la cuenca.

Para esta acción planificadora se ha designado al INDERENA, en su calidad de máximo rector y vigilante de los recursos naturales renovables del país como ejecutor del Proyecto, por delegación del Ministerio de Agricultura. Se cuenta así mismo con la orientación plural para el Proyecto a través de un CONSEJO DE COORDINACION y una COMISION EJECUTIVA, presididos por el DNP y en los cuales participa la totalidad de las entidades y agencias del Estado que se ocupan del recurso agua y los demás recursos naturales.

A la solicitud de asistencia técnica para el Proyecto por parte del Gobierno Colombiano ha respondido el Gobierno de Holanda a través del Convenio de Cooperación Técnica entre ambos países, suscrito en Bogotá en julio de 1966.

La participación del Gobierno Holandés incluye el suministro de expertos asesores y consultores en las diferentes disciplinas de estudio en el Proyecto, equipos de investigación y medida, facilidades materiales de trasporte, adquisición de elementos de juicio y estudio, captación del personal técnico colombiano, etc.

La primera etapa del Proyecto está prevista a 24 meses que se han iniciado el primero de octubre de 1972 y para ésta, la participación holandesa asciende a unos $20 millones y la participación colombiana a unos $15 millones.

En esta etapa se proyecta responder a una serie de preguntas consignadas como "CUESTIONES BASICAS", Primera Etapa, las cuales hacen parte integrante de las consignadas como "GRANDES METAS", establecidas por la generalidad del Proyecto, en un tiempo mayor y con recursos más considerables.

Se ha visto la posible necesidad de ampliación del Proyecto en el tiempo, hasta un término aproximado de unos cinco años, a fin de lograr cabalmente la meta final de estructuración y configuración de un PLAN de desarrollo de los recursos hidraúlicos convenientemente sustentado en el comportamiento hidraúlico real de toda la cuenca y apoyado en la respuesta económica de los aprovechamientos.

En su etapa actual, el Proyecto se ocupa de inventariar los recursos naturales de la cuenca y medir su significación en la Economía Nacional, mediante investigaciones en los siguientes campos:

1. CARTOGRAFIA Y AEROFOTOGRAFIA

2. HIDROLOGIA Y CLIMATOLOGIA

3. GEOLOGIA Y GEOMORFOLOGIA

4. EDAFOLOGIA (AGROLOGIA)

5. AGRICULTURA Y RECURSOS NATURALES

6. APROVECHAMIENTOS HIDRAULICOS DE USO MULTIPLE

7. EVALUACION ECONOMICA DE PROYECTOS

Posteriormente se configurarán esquemas de proyectos específicos de propósito múltiple para utilización integral de tales recursos, los cuales serán sometidos a los análisis socio-económicos, posiblemente hasta nivel de prefactibilidad que permitan definir sus posibilidades de ejecución a diferentes plazos y con prioridades, para pasar luego a las etapas de realización a través de las Entidades ya establecidas para tales fines, la mayor parte de las cuales participan activamente en la Dirección del Proyecto y de otras que eventualmente deban establecerse. La sede del Proyecto es Bogotá, con jurisdicción a toda la cuenca Magdalena-Cauca y la dirección está asegurada por un Jefe de Misión Holandesa y un Director de Proyecto por Colombia, bajo la supervigilancia y en coordinación con todos los niveles ejecutivos del INDERENA.

Cuenta el Proyecto con un equipo interdisciplinario de profesionales colombianos, constituido por ingenieros civiles, forestales, agrónomos, hidrólogos, geomorfólogos y economistas, el cual es el responsable de los planteamientos de desarrollo técnico y político, contando con la asesoría de los correspondientes expertos holandeses, en cada una de las disciplinas y especialidades.

RESUMEN

Se hace un esbozo general de las consideraciones técnicas vigentes sobre la manera como ejerce su influencia las coberturas vegetales, especialmente el bosque, en relación con las principales características de las cuencas hidrográficas: precipitación e intercepción, evapotraspiración, escorrentía de la superficie y la erosión como productora de sedimentos.

En una segunda parte se observan los aspectos de tipo político y administrativo que existen en nuestro país con relación al curso forestal y al manejo de las cuencas hidrográficas, comenzando por anotar los dos conceptos antagónicos existentes en relación con el beneficio del bosque para la regulación de caudales, el control de inundaciones, la protección contra la erosión y mejoramiento de la calidad del agua. Se hace una síntesis histórica de la evolución técnica, en nuestro país, sobre los conceptos reforestación, ordenación de cuencas, distinguiéndose tres épocas marcadas en las cuales se analizan estos conceptos y se hace un resumen en cada una de ellas, de las realizaciones, anotándose especialmente el grave problema de la imprevisión de los estudios de obras hidráulicas, para los cuales se dan algunos casos concretos. Se anexa un resumen de Qué es el Proyecto Colombo Holandés "PLAN DE REGULACION FLUVIAL Y DEFENSA CONTRA LAS INUNDACIONES", como ejemplo de Proyecto de coordinación interinstitucional e interdisciplinario. Finalmente se obtienen conclusiones de tipo técnico y político-administrativo, sobre lo cual se basa la ponencia de que es motivo este trabajo.