

VALORACIÓN AMBIENTAL DEL AGUA COMO PARÁMETRO DE EFICIENCIA EN LA GESTIÓN INTEGRAL DEL RECURSO.

Holger Benavides Muñoz ⁽¹⁾

- (1) Centro de Investigación en Ingeniería Hidráulica y Saneamiento (CIIHS) de la Unidad de Ingeniería Civil, Geología y Minas (UCG), Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), San Cayetano Alto, calle Marcelino Champagnat, Loja, Ecuador. Teléfono: (5937) 2570-275 ext 2939. E-Mail: hmbenavides@utpl.edu.ec.

RESUMEN

El pilar económico, como uno de los tres apoyos del desarrollo sostenible, acoge en su filosofía el objetivo global de extender tanto al ambiente como a todos los sectores y actores sociales los servicios y medios fundamentales para una vida ambientalmente digna, combinando armónicamente satisfacer las necesidades humanas con una distribución adecuada de los recursos sin llegar a contaminar, orientando la toma de decisiones hacia un beneficio común, en función de la disponibilidad equilibrada de los recursos naturales y un ordenamiento regulado de demandas tal que den sustentabilidad a la actividad antrópica.

Valorar ambientalmente el agua significa darle el alcance de la significación e importancia que para una gestión integral el recurso debe poseer, posiblemente expresado en unidades monetarias, como grado de aptitud, eficiencia y utilidad para satisfacer equitativamente las necesidades de su uso y paralelamente proporcionar bienestar, responsabilidad y gestión colegiada.

Palabras claves: Gestión integral del recurso hídrico, valoración contingente, agua, ambiente, eficiencia.

INTRODUCCIÓN

La gestión integradora del recurso hídrico, implica un manejo técnico de las cuencas hídricas que sirven para el aprovechamiento y uso del agua, junto con un adecuado marco legal y político de su intervención, en un tiempo adecuado y con las estrategias de intervención efectivas.

El crecimiento de la población en América Latina, especialmente en el Ecuador, ha provocado cambios muy fuertes en el ambiente, generando una acelerada degradación de los recursos naturales y una subida vertiginosa en las demandas del recurso hídrico, superando ampliamente la capacidad del Estado y sobre todo del Ambiente para satisfacerlas. Esto provoca que los índices de cobertura en los usos y servicios de agua, ya sea para consumo humano y saneamiento, estén entre los más bajos de Latinoamérica; por otro lado, existen serios déficits estacionales de energía (la mayor parte proveniente de la generación hidroeléctrica) que se suman a los conflictos por el uso del agua.

Por su parte, el manejo inadecuado de la tierra tiene efectos adversos en los aspectos biofísicos, como: pérdida de suelo, pérdida de la biodiversidad, alteración del régimen de escurrimiento en ríos y quebradas, confluyendo a sustanciosas pérdidas económicas por inundaciones, restricción en la producción agrícola, nuevas enfermedades en cultivos, animales y seres humanos; disminuyendo de esta manera, en forma progresiva, la calidad de vida de los habitantes de la región dependiente.

Por causas semejantes, han desaparecido bastas zonas con valiosos bosques, ricos en biodiversidad, que se suman al proceso de erosión de suelo agrícola; de este modo, grandes extensiones de tierra útil para la agricultura han tenido que ser abandonadas en los últimos tiempos; por lo que existe una emigración relativamente alta de lugares que anteriormente se consideraban productivos. Las evidencias de esta situación se manifiestan en altos índices de contaminación de los componentes ambientales, en nuestro caso el agua; marcadas y extensas temporadas de sequía, tasas elevadas de deforestación, acelerados procesos de erosión y vigorización en el decremento del régimen de escurrimiento.

La cuenca hidrográfica y particularmente el recurso hídrico, juega un rol muy importante en la participación e integración de los actores involucrados en el desarrollo y persecución de metas para la sustentabilidad. La problemática del manejo económico (sostenible) de los recursos naturales en cuencas hidrográficas requiere de un enfoque de sistema integrador, estableciendo en él factores social-ambiental-económico, tanto del medio rural como urbano, como el agente que movilizará las acciones e intervenciones sobre el medio ambiente y la naturaleza.

El papel que juegue a futuro, el aprovechamiento eficaz y eficiente de los recursos hídricos será fundamental para la eliminación de deficiencias estructurales de la economía del país. Como podríamos citar, la fuerte tasa de emigración poblacional de nuestra provincia hacia la capital o provincias del oriente ecuatoriano, producto de la sequía a partir de los años 70's, catalogándose nuestra región como una de las más pobres del país; por tal debilidad, el gobierno intenta disminuir este impacto social financiando sistemas de riego fronterizos, como el proyecto de riego Zapotillo, reforestación de las cuencas sur fronterizas y abasteciendo de agua potable a pequeños y medianos poblados.

Las interacciones del sistema territorial, requieren de una visión integral e interdisciplinaria. Una cuenca mal manejada puede afectar significativamente a las ciudades ubicadas en ella o que dependen de la misma. La falta de agua o su mala calidad, se supeditan fundamentalmente al manejo del sistema hídrico integral de la cuenca tributaria.

Siempre han existido problemas de contaminación por agroquímicos, vertimiento de residuos y arrastre de sólidos, principalmente. Estas acciones provocan efectos ambientales que se asocian con un elevado costo del tratamiento del agua para el consumo humano. De igual forma, la disminución de la productividad de energía de las centrales hidroeléctricas, se debe a que en la cuenca receptora se han producido alteraciones de la cubierta vegetal que ocasiona una variación del régimen de escurrimiento y además un abundante acarreo de sedimentos que reduce la capacidad de almacenamiento del embalse. Como ejemplo anotamos el proyecto hidroeléctrico Paute, el mismo que por exagerada erosión de las cuencas o deslaves, se ha visto afectado el volumen de almacenamiento del vaso, provocando una considerable disminución de los años de vida útil del sistema hidroeléctrico.

En este contexto, resulta imperioso manejar técnica y metodológicamente los drenes naturales, basando nuestra aplicación y estudio en la ingeniería de ríos, para controlar y revertir la degradación de los recursos naturales en la perspectiva de mitigar la pobreza rural y resolver conflictos ambientales, mediante una adecuada toma de decisiones en diferentes niveles de la ejecución de proyectos de desarrollo urbano . rurales.

Nuestra propuesta se basa en generar una propuesta de valorización del agua para generar sostenibilidad y sustentabilidad de las fuentes de agua. El tema tiene que ver con la economía ambiental y la valoración contingente del agua que marcará las pautas para darles sostenibilidad a los proyectos hídricos y también se relaciona con el análisis del impacto que genera la reforestación y el adecuado mantenimiento de las micro cuencas, sub cuencas y cuencas tributarias, con respecto a la calidad del agua captada para cada uso.

JUSTIFICACIÓN.

Muchos proyectos de explotación de recursos naturales han sido implementados bajo el supuesto de que la explotación ecológicamente benigna puede reconciliar el crecimiento económico y el mejoramiento de la calidad de vida. La degradación acelerada de la fuente de los recursos naturales y del ambiente en sí, la deforestación en áreas de suelos pobres, zonas escarpadas, junto a vertientes o quebradas, el aumento de la población, la pobreza y la inseguridad socio-ambiental fomentan, con un alto riesgo de vulnerabilidad, los desastres naturales, inundaciones y erosión del suelo; mismos que caracterizan cíclicamente la mayor parte de las zonas de nuestra región.

La deforestación, el sobre pastoreo, el uso inadecuado de la tierra, las prácticas: agrícolas, industriales y domésticas, la escasez de lineamientos y ordenanzas de los gobiernos locales, políticas y acciones integradas, han llevado a un preocupante estado de deterioro y desmembramiento de la mayoría de las cuencas hidrográficas en nuestro país, con efectos ya evidentes sobre la reducción en la disponibilidad y calidad de agua, erosión del suelo y el aumento de la vulnerabilidad a desastres naturales.

Este escenario real y actual, demanda la acción inmediata de técnicos capaces de participar en la gestión y manejo de cuencas, integrando las dimensiones biofísicas con las socio-económicas y la protección del ambiente.

Ello requiere de enfoques, estrategias y conocimientos modernos sobre manejo de cuencas hidrográficas, introduciéndonos particularmente en la ingeniería de ríos, a fin de lograr un uso y manejo adecuado de los recursos naturales y la recuperación de los que ya han sido deteriorados.

Es evidente que gran número de cuencas de nuestra geomorfología tienen una intervención humana con sobre explotación de áridos, o explotación forestal - agropecuaria, disminuyendo de este modo los espacios naturales que conservan las condiciones del ambiente. Adicionalmente, se introducen especies exóticas que afectan el ecosistema como: suelo, agua, flora y fauna de las micro cuencas, recrudesciendo esta realidad anotamos, la falta de integración entre la política forestal en el marco de un régimen ambiental nacional, así como la deforestación progresiva frente al avance incontrolado de la infraestructura vial en áreas protegidas y bosques naturales, apropiación o invasión de tierras forestales por procesos de colonización y migración, inseguridad en la tenencia de la tierra, usos no forestales (agropecuarios) de rendimiento inmediato (no sostenible) y usos forestales con fines madereros, en forma destructiva y agresiva en contra del bosque. Además, el aporte socio-económico del sector es muy limitado, existen privaciones de la planificación del sector y un deficiente o casi nulo sistema de incentivos. Sumamos a esto también, la desinformación y obsoletas maneras de aplicar las leyes de protección ambiental.

Con este trabajo presentamos un procedimiento que permita aplicar técnicas económicas - ambientales para analizar y evaluar el uso hídrico y determinar la sostenibilidad y sustentabilidad del aprovechamiento del recurso proveniente de las micro cuencas a través de la asignación de un valor económico al recurso agua, por el método de valoraciones contingentes.

Marco conceptual.

Para una mejor comprensión de los temas aquí presentados será conveniente abordar, brevemente, los conceptos y teorías aplicados en el mismo.

Sustentabilidad: o desarrollo sustentable, es aquel en donde las modificaciones que se efectúen en el ambiente no contaminen, es decir que procura el uso del ambiente por debajo de la capacidad asimilativa del medio. Será entonces un mejoramiento del bienestar de la población sin agotar la base de los recursos naturales.

Sostenibilidad: o desarrollo sostenido, es un término socioeconómico que significa mantener una misma tasa de crecimiento de la producción a lo largo del tiempo, medido por ejemplo a través del producto interno bruto.
(Juan Carlos Páez. 1996).

Cuenca fluvial: entenderemos así, al conjunto de terrenos cuyas características geomorfológicas le permiten drenar toda el agua (que se precipita o existe acumulada) a un curso de agua principal (río) y a sus afluentes. El cauce, de un río o quebrada, es la conducción de origen natural por el que el agua fluye bajo la acción de su propio peso en sentido de la pendiente del fondo.

Tiempo de concentración de una cuenca es el tiempo empleado por una gota de agua, que cae en el punto más alejado de ésta para llegar al punto de salida o de "interés" del impluvio. Basados en la relación directa proporcional, a mayor velocidad de drenaje, las probabilidades de avenidas (crecidas) también lo serán.

Relieve: conjunto de formas estructurales y accidentes, que resalta sobre un plano y constituyen la parte más superficial de la corteza terrestre. Cuanto mayor son los desniveles en la cuenca (relieve fuerte o muy fuerte), mayor es la velocidad de circulación y menor el tiempo de concentración, lo que implica un aumento del caudal de punta o crecida.

ESTADO DEL ARTE

La metodología que se recomienda seguir se resume en el siguiente resumen narrativo.

1) Línea base

Como primer paso debemos organizar toda la información que involucra a la cuenca en análisis y de la cual se tenga acceso o esté disponible. Es valioso conocer de la cuenca en estudio su ubicación por coordenadas, límites geográficos, características sociales, culturales, políticas, religiosas, usos actuales de suelo, mapas geológicos, topográficos, cobertura vegetal, accesos y vías de comunicación, entre otros.

Con los datos e información recolectada, analizada y ordenada se efectúa el hidro análisis, constituido por los factores que influyen sobre las características de un sistema hidrológico:

- Características hidrológicas de la cuenca, como: tamaño: contorno y superficie, forma, elevación media, pendiente, desnivel, drenaje y datos topográficos.
- Características de los drenes naturales: disposición y longitud de las quebradas o ríos, su gradiente longitudinal y las características hidráulicas de la red de canales naturales de drenaje de las sub cuencas constitutivas.

a) Características morfométricas de la cuenca y sub cuencas albergadas.

- a. Tamaño; geoméricamente una cuenca hidrográfica se define por dos parámetros, por su contorno (forma y perímetro) y por la superficie que abarca. El tamaño del impluvio, cuantificará la totalidad de la superficie del área drenada, es decir, desde donde nace el cauce hasta el sitio de interés, cubriendo el perímetro de la cuenca.
- b. Forma; la cantidad de escorrentía de la micro cuenca es función directa de la forma. Esta característica se representa con el coeficiente de compacidad de Gravelius (K_c), cuyo modelo matemático es la razón entre el perímetro del impluvio y la circunferencia que encierra una superficie equivalente a la del drenaje. Ver ecuación 01.

$$K_c = \frac{P_c}{2\sqrt{\pi} \cdot A_c} \quad \text{õ (01)}$$

Donde, P_c - perímetro de la cuenca, en km.
 A_c - área de la cuenca, en km².

Cuadro # 01: Cuadro de las tendencias a las crecidas en función del K_c

FORMA DE LA CUENCA	ÍNDICE DE COMPACIDAD K_c	TENDENCIA A LAS CRECIDAS
De casi redonda a oval redonda	de 1.00 a 1.25	ALTA
De oval redonda a oval oblonga	de 1.25 a 1.50	MEDIA
De oval oblonga a rectangular	de 1.50 a 1.75	BAJA

Fuente: Apuntes de Hidrología. U.T.P.L., Ingeniería Civil. 1996.

El índice de compacidad está relacionado estrechamente con el tiempo de concentración, así a medida que Kc tiende a la unidad el tiempo para concentrarse disminuye, incrementándose el riesgo de que se sucedan crecidas.

- c. Elevación media; el escurrimiento superficial, la infiltración, humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al caudal de la corriente guardan una estrecha y compleja relación con la pendiente de la cuenca. También llamada declive, la pendiente afecta la relación existente entre la lluvia y el escurrimiento de la cuenca; pues, a mayor pendiente se acelera el movimiento de las partículas de agua por tal aumenta la velocidad del flujo sobre el suelo, acortando el período de infiltración y disminuyendo el tiempo de concentración de la misma.

La elevación media de una cuenca es un factor que se relaciona a la temperatura y a la precipitación del sector. A su vez la variación de la temperatura influye en la variación de las pérdidas de agua por evaporación. Por esta razón, en hidrología se utiliza como parámetro representativo la elevación media de la cuenca. Para el cálculo de la pendiente de una cuenca existen varios métodos, citamos aquí, por ejemplo, el método Horton . Alvord (ecuación 02):

$$Sc = \frac{D_1 \cdot l_1}{Ac} + \frac{D}{Ac} (l_2 + l_3 + l_4 + \dots + l_{n-1}) + \frac{D_n \cdot l_n}{Ac} \quad \text{õ (02)}$$

- Donde, D_i - desnivel en km de las curva de nivel, para cada faja topográfica.
 l_i - longitud de la curva de nivel media.
 Ac - área de la cuenca.

- d. Desnivel específico; debido a que valores semejantes de pendiente pueden darse en cuencas de relieve diferente, es recomendable caracterizarlo a través del desnivel específico. Analíticamente se ha encontrado que el índice de pendiente (I_g) disminuye conforme la superficie aumenta. Con la valoración del Desnivel específico (Ds) se intenta determinar dicha influencia lineal.

$$Ds = I_g \sqrt{Ac} \quad \text{õ (03)}$$

$$I_g = \frac{H_5 - H_{95}}{Lm} \quad \text{õ (04)}$$

$$Ln = \frac{Pc}{4} - \sqrt{\frac{Pc^2}{16} - Ac} \quad \text{õ (05)}$$

$$Lm = \frac{Pc}{4} + \sqrt{\frac{Pc^2}{16} - Ac} \quad \text{õ (06)}$$

$$Lm + Ln = \frac{P}{2} \quad \text{õ (07)}$$

$$Lm * Ln = Ac \quad \text{õ (08)}$$

- Donde, Ds Desnivel específico.
 I_g Índice de pendiente global de P. Dubré, en m/Km.
 Ac Área total de la micro cuenca en estudio en Km².
 H_5 Altitud al 5% de la curva hipsométrica en m.s.n.m.
 H_{95} Altitud al 95% de la curva hipsométrica en m.s.n.m.
 Lm Lado mayor del rectángulo equivalente en Km.
 Ln Lado menor del rectángulo equivalente en Km.
 Pc Perímetro de la cuenca en Km

Cuadro # 02: Tipo de relieve en función del Ds

TIPO DE RELIEVE	RANGOS PARA Ds
Relieve muy débil	Ds < 10 m
Relieve débil	10 m < Ds < 25 m
Relieve débil-moderado	25 m < Ds < 50 m
Relieve moderado	50 m < Ds < 100 m
Relieve moderado-fuerte	100 m < Ds < 250 m
Relieve fuerte	250 m < Ds < 500 m
Relieve muy fuerte	500 m < Ds < 1000.m
Relieve extremadamente fuerte	1000 m < Ds < 2500 m

Fuente: Apuntes de Hidrología. U.T.P.L., Ingeniería Civil. 1996.

b) Drenaje de la cuenca.

El tipo y distribución de los cauces naturales en una cuenca hidrográfica permite conocer la eficiencia del sistema de drenaje, el rendimiento de la red de drenaje versus los tipos de suelo y las condiciones de la superficie de la cuenca.

Hay dos índices que miden el sistema de drenaje de una cuenca:

- a. La densidad de la red de los cauces (Dr)

$$Dr = \frac{N}{Ac} \rightarrow \text{en cauces / Km}^2 \quad \bar{o} \quad (09)$$

- b. La densidad de drenaje (Dd)

$$Dd = \frac{\sum L}{Ac} \rightarrow \text{en Km / Km}^2 \quad \bar{o} \quad (10)$$

Donde, N - número de cauces en la cuenca (perennes más intermitentes).

$\sum L$ - longitud total de los cursos de agua, perennes e intermitentes, en km.
Ac - superficie de la cuenca hasta el lugar de interés, en km².

El valor de la Dd aporta con una pista acerca de la eficiencia del drenaje de la cuenca. Con base en la Dd se establece las características de drenaje de la cuenca, según el siguiente cuadro 03:

Cuadro # 03: Características de la cuenca en función del Dd

CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA	DENSIDAD DE DRENAJE
Regularmente drenada	0 < Dd < 1.0
Normalmente drenada	1.0 < Dd < 1.5
Bien drenada	1.5 < Dd

Fuente: Apuntes de Hidrología. U.T.P.L., Ingeniería Civil. 1996.

- c. Pendiente del cauce; para hallar este parámetro se recomienda dibujar el perfil del río desde su nacimiento hasta el sitio de interés. Es recomendable trazarlo con líneas rectas que unan los puntos de cambios de pendientes. En el eje de las abscisas se representa la longitud del río y en el eje de las ordenadas las cotas o desnivel; las escalas vertical y horizontal son distintas por razones obvias. Los pasos necesarios son:

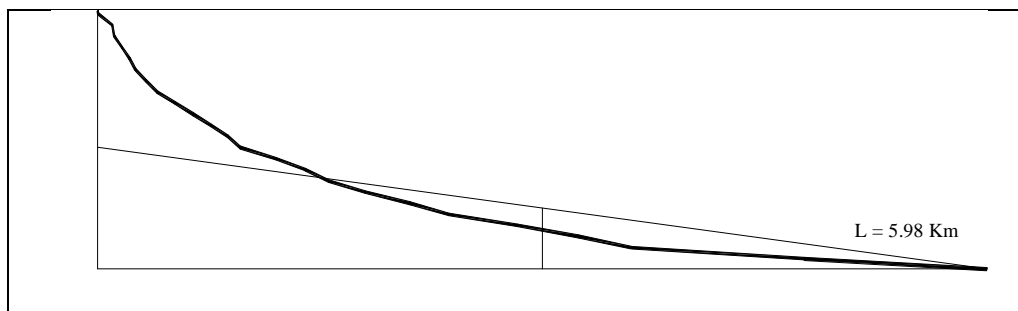
- i) Calcular el área existente bajo el perfil longitudinal.

- ii) Dividir el área obtenida (m²) entre la longitud del río (m), obteniendo un valor h (m). A éste se le suma la cota mínima y se lo dibuja en el centro de la longitud del río, este se denomina punto pivote.
- iii) Desde el valor de la cota mínima, para la longitud de cálculo del río, trazar una línea recta que pase por el punto de pivote, siendo ésta la pendiente media.
- iv) La recta determina puntos de cota máxima y mínima, con los cuales podemos cuantificar la pendiente media, se emplea ecuación (11):

$$Sr = \left(\frac{P \text{ max} - P \text{ min}}{L} \right) \cdot 100 \quad \text{õ (11)}$$

Donde, Sr pendiente media del río, en %.
 Pmáx cota máxima definida mediante d, en m.s.n.m.
 Pmín cota mínima (correspondiente al punto de interés), en m.s.n.m.
 L longitud del río (desde nacimiento hasta punto de interés), en m.

Figura # 1: Ejemplo de un perfil longitudinal para un cauce



Fuente y elaboración: El autor.

- c) Precipitaciones; entenderemos por precipitación, al agua que cae por acción de la gravedad desde las nubes en la atmósfera hacia el suelo. El agua mientras está descendiendo, antes de golpear al suelo es de suma importancia para el meteorólogo; luego, ya en el suelo esta agua se convierte en un elemento básico de los estudios hidrológicos. Existen varios métodos para determinar la lámina de agua promedio que cae en una hoya, sin embargo proponemos uno de los más conocidos y prácticos para estos estudios; el método de las curvas isoyetas, el mismo que brevemente se lo describe a continuación:

Curvas isoyetas.

Este método consiste en trazar curvas de igual precipitación (curvas isoyetas) para un período elegido. Los intervalos de profundidad de precipitación (decenas, medias centenas ó centenas, de milímetros) y de incremento de tiempo (1 hora, 6 horas, 12 horas, 1 día, 1 mes, 6 meses ó 1 año) se toman según la necesidad del estudio. La metodología lógica a seguirse es así:

- a. Sobre un plano de la cuenca, elaborado a escala conveniente, se replantean las estaciones pluviométricas que se hallan tanto dentro como próximas a ella.
- b. Mediante trazos finos, se unen las estaciones entre sí, en triangulación, cuidando que las líneas no se intercepten y dando prioridad a las más cercanas.

- c. Con los datos de precipitación correspondiente a cada estación, se interpola linealmente con las estaciones enlazadas, con la finalidad de encontrar los puntos de igual precipitación.
- d. Unimos los puntos anteriormente interpolados que tienen igual precipitación.
- e. Ayudados por la topografía de la cuenca y dirección de los vientos, se corrigen las curvas isoyetas dándoles la forma correcta de acuerdo al relieve y a la orientación de los frentes de lluvia. Por lo general las curvas se verán forzadas a moverse del punto interpolado.
- f. La expresión a utilizarse, para determinar la precipitación media de la cuenca (P_m), es la siguiente:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{A_t} \quad \text{õ (12)}$$

Donde, P_i - Precipitación promedio entre dos curvas isoyetas consecutivas.
 A_i - Área delimitada por las dos curvas isoyetas.
 A_t - Área total considerada.

- d) Aforo de caudales; es preciso determinar el promedio de valores mínimos, medios y máximos de caudal que circula por el cauce de la cuenca durante un período de tiempo establecido, se efectuarán proyecciones de caudales, con datos de aforos históricos, concatenados con valores presentes.
- e) Pérdidas de suelo; consecuentemente de efectuar una estimación de caudales, se deberá estimar la cantidad de suelo erosionado y transportado por los ríos o quebradas. Por ejemplo, se indica que es común aplicar el método MUSLE, o los métodos derivados de éste y que han sido modificados. Los datos de campo serán exhaustivamente determinados y razonadamente aplicados al método seleccionado. El resultado de arrastre final estará en toneladas por año.

2) Aspectos biológicos

Los aspectos biológicos actuales deberán ser levantados de la zona afectada por el estudio en su totalidad; un inventario de la biodiversidad será de gran utilidad para poder, mediante modelos matemáticos y estadística proyectar posibles condiciones de hábitat y capacidad de explotación futuro de la cuenca. Los aspectos mínimos a ser considerados son:

- a) La cubierta vegetal; en función de las zonas de vida (Holdridge), con la variación de altitud y temperatura se deberá caracterizar las condiciones propias de la zona de investigación, bajo estos aspectos es necesario establecer:
 - a. La densidad de especies se determina tras una identificación y conteo de los tipos de plantación forestal existente, medida en número de individuos por metro cuadrado.
 - b. Cambio de la vegetación; correspondiente a la evolución histórica que se ha producido en la geografía que alberga a la cuenca hidrográfica en estudio. Se identifican históricamente y en unidades de superficie, el total del área catastrada con especies de bosque natural, bosques secundarios, matorrales naturales, bosques de páramo, bosques achaparrados, matorrales, pastizales, pajonales, entre otros.

Como cubierta vegetal de las cuencas, normalmente hablaremos de vegetación menor, arbustos y bosques, y anotamos que tienen gran importancia dentro del ciclo hidrológico, ya que ayudan con:

- Disminución de la evaporación y la evapotranspiración.
- Protegen el suelo de la erosión y la escorrentía superficial, evitando las crecidas con arrastre exagerado de sedimento (lavado del suelo).
- Sirven de hábitat y protección a muchas otras especies.
- Producción de precipitación horizontal, (fenómeno de condensación de la humedad del aire al ser interceptada por la vegetación, generando gotas de agua).
- El tiempo de escurrimiento aumenta, dando cabida a una mayor infiltración y recarga de acuíferos.
- En período de estiaje, no disminuye críticamente el caudal de los ríos y quebradas.

No es nuevo pero se debe anotar que, la deforestación de los bosques da lugar a una disminución de los caudales generados y aportados por las cuencas, aumenta el desgaste de la superficie de los suelos, la lluvia compacta la superficie y facilita la creación de avenidas e inundaciones aguas abajo, también acarrea más sólidos en suspensión y en disolución.

- b)** La fauna; se identificará, caracterizará y contará todas las especies que tienen como hábitat o corredor biológico la cuenca de la cual se tiene el interés de investigación de sostenibilidad. Todos mamíferos, aves e insectos así como también los macro y micro invertebrados de la cuenca se caracterizarán con estudios biológicos transversales apropiados.

Las especies que dependen de un caudal residual mínimo también serán caracterizadas, identificadas y sus poblaciones proyectadas matemáticamente, de tal manera que cuando se deba especificar el caudal ecológico - tanto en cantidad como en calidad - se advierta de una cifra significativa y suficiente para seguir albergando y sosteniendo la vida que de ella dependa.

- c)** Se deberá construir además un catastro de la actividad humana permanente y flotante a la que la cuenca se vea afectada o condicionada. Resultado de esta información, se podrá plantear con criterios de equidad y sustentabilidad la distribución, uso y depuración del recurso hídrico explotado. Además, se incluye la forma de tenencia de la tierra, población actual, proyección de una población futura, su principal actividad socio-económica, política y cultural.

3) El agua

En la cuenca de estudio se efectuará un análisis detenido de la calidad del agua versus la cantidad y relacionado con la época del año. El balance hídrico marcará el punto definitivo para conocer el grado de disponibilidad hídrica que en cada punto de la cuenca se puede asignar; los cálculos de evaporación, transpiración y otros índices de filtración permitirán al equipo transdisciplinario desarrollar un correcto ajuste de caudales (para todo el año) tanto producidos como explotados ya sea para consumo humano, abrevaderos, riego, industria, recreación y turismo, minería, etc.

En lo que respecta a la calidad de agua para consumo humano, por ejemplo en nuestro país, serán los parámetros mínimos propuestos por la norma INEN 1108 los que nos direccionen en todo momento para planificar su uso, tratamiento y depuración. Asimismo, todos los proyectos que se pretendan incubar en la cuenca de estudio, deberán contar con al menos un estudio de impacto ambiental, que incluya evaluaciones de impacto ambiental, planes de manejo ambiental, bases técnicas para las auditorías ambientales futuras, presupuesto, cronogramas, fuentes de financiamiento, seguimiento y control, entre otros parámetros que conduzcan a una sostenibilidad estudiada y debidamente proyectada en el tiempo.

4) Valoración económica de los bienes y servicios ambientales.

- **Cuantificación de costos y beneficios.**

El agua es un recurso natural renovable, y su valoración económica puede realizarse de acuerdo a la función que cumple (bien final de consumo, bien intermedio de producción o bien de capital), entendiéndose por:

Í Bienes de capital, bienes cuya utilidad consiste en producir otros bienes o que contribuyen directamente a la producción de los mismos.

Bienes de consumo, bienes que se utilizan para satisfacer las necesidades corrientes de quienes los adquieren, es decir, cuya utilidad está en satisfacer la demanda final de los consumidores.

Bienes de producción, aquellos cuya utilidad consiste en producir otros bienes. Son bienes de producción las máquinas y otras instalaciones que permiten organizar procesos productivos que resultan en la creación de mercancías.¹

Entenderemos como valoración económica de los bienes y servicios ambientales a la aproximación en términos monetarios de los efectos experimentados por el ser humano a causa de una actividad desarrollada en el ambiente. La cuantía monetaria asignada al bienestar o perjuicio del bien o servicio ambiental no representa en sí un precio o costo, sino que se convierte en un indicador entendido en términos monetarios de la equivalencia aproximada que puede tener para una persona o grupo de personas el bien o servicio ambiental tratado.

Para valorar un bien existen varios métodos, entre ellos anotamos:

Métodos indirectos: Consideran el comportamiento actitudinal de cada individuo, y con base de dicha observación se valora implícitamente la cuantía que se le otorga al bien o servicio.

Método de costos evitados: se estima una función de producción de la explotación o actividad afectada en la que el bien ambiental (calidad y cantidad del agua) se combina con el resto de los factores de producción.

Método de costo de viaje: está basado en el supuesto de que los consumidores valoran un servicio ambiental en no menos que el costo de acceso al mismo.

Método de precios hedónicos: Intentan descubrir los atributos del bien que explican su precio, y discriminar la importancia cuantitativa de cada uno de ellos. Se atribuye a cada característica del bien su precio, obteniéndose la disponibilidad marginal a pagar por persona por unidad adicional de la misma.

El costo de oportunidad: Es el valor máximo sacrificado alternativo al tomar una decisión económica. Existen varias nociones adicionales que pueden servir:

- El costo alternativo de oportunidad de producir una unidad del bien X, es la cantidad del bien y que se debe sacrificar para el efecto.
- Valor que representa el desaprovechar una oportunidad.
- Tasa de interés o retorno esperado más alto alternativo al del activo en cuestión.

- **El valor del medio ambiente.**

Para valorar al medio ambiente partiremos de la filosofía antropocéntrica en la que el valor de todas las cosas incluido el medio ambiente está determinado por la relación con el ser humano; en donde las cosas tienen el valor que las personas le dan, en función de la oferta,

¹ Resumido de: <http://www.eumed.net/cursecon/dic/B.htm#bienes%20de%20consumo>

demanda, necesidad satisfecha, comodidad, movimiento económico del mercado, previsión para el futuro, entre otros. Desde el punto de vista económico, un recurso natural es un factor de capital natural que produce bienes y/o servicios que satisfacen gustos, necesidades y podría llegar hasta solucionar problemas de los demandantes.

- **Disponibilidad a pagar.- Método de valoración contingente. MVC.**

El *método de valoración contingente* parte de la simulación de un mercado hipotético, examinando en sus demandantes cuál sería su máxima disponibilidad a pagar por el agua o su mínima retribución exigida por permitir se le desconecte o se le prive el servicio de agua (para la actividad que fuere).

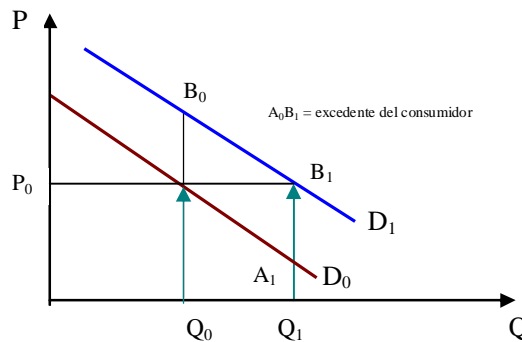
El método se basa en la información obtenida de la gente (encuesta) para estimar el excedente del consumidor. El método de valoración contingente es una herramienta muy cómoda cuando se pretende estimar la **disponibilidad a pagar** para reingeniería, mejoras en bienes o servicios, como el resguardo y conservación de la cuenca tributaria (fuente) de agua para consumo humano. Aquí, el objetivo de la encuesta es fácil de identificar y los encuestados fácilmente se ubican en lo que deben justipreciar.

El sustento del modelo de valoración contingente pueden ser los siguientes criterios económicos del consumidor:

- La cantidad máxima que un individuo está dispuesto a pagar por un cambio favorable en el servicio o bien de interés.
- La cantidad máxima que un individuo está dispuesto a pagar para evitar un cambio desfavorable en el servicio o bien de interés.

Mediante el método de valoración contingente podremos determinar el *excedente del consumidor*, que es el área que queda entre la curva de demanda de una persona por un servicio o bien cualquiera entendido como la disposición que tiene a pagar por el, y la línea de precio mismo, también podemos expresarla como la diferencia entre lo que una persona está dispuesta a pagar por un servicio o bien y lo que realmente paga (distancia AB de la figura 02).

Figura # 02: **Curvas de demanda para el análisis del valor económico del agua**



Fuente: Adaptado de Castro R. Raúl & Mokate Karen (1996)

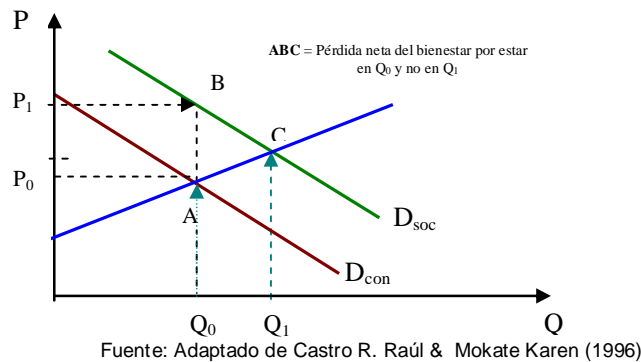
De aquí se deriva el cálculo del *bienestar total del individuo* que es igual a la suma de los gastos más el excedente del consumidor.

Externalidad en el consumo.

Para una externalidad positiva en el consumo.- Sea el punto A (figura 03) el punto de equilibrio para $(P_0 Q_0)$ aquí el costo marginal de producción es igual a la utilidad marginal

percibida por los consumidores. Podemos anotar que desde el punto de vista social este equilibrio es ineficiente ya que (P_1) la utilidad marginal social del consumo Q_0 es mayor que P_0 . Para optimizar socialmente la relación, el costo marginal de producción debe ser igual a la utilidad marginal social, esto se produce con un Q_1 a un P_c .

Figura # 03: **Curva de externalidad positiva en el consumo**



Donde, D_{social} - Utilidad marginal social
 $D_{consumidor}$ - Utilidad marginal del consumidor

El valor promedio del agua se puede obtener aplicando la siguiente ecuación:

$$Vp = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \tag{13}$$

Donde, VP - Valor promedio total del agua (\$/m³)
 Pi - Valor del agua como insumo en la categoría i (\$/m³)
 Q_i - Volumen de agua demandado en la categoría i (m³/año)

CONCLUSIONES.

- Un proyecto de explotación hídrica será sostenible y se dirá que existió una buena GIRH cuando como resultado de su injerencia se aumente la cantidad y se mejore la calidad del agua explotada, se de una explotación medida y un uso efectivo del agua, acompañado de una tarifa al usuario determinada por su consumo, por el mantenimiento y conservación de la cuenca tributaria y por los costos de su depuración y saneamiento en general de su actividad dentro de la cuenca, acompasado con los programas de participación de la comunidad y empoderamiento integral de cada proyecto en su entorno.
- Un modelo de una externalidad positiva en el consumo sería, el placer altruista y generoso que una persona siente cuando ha reforestado y cuidado parte de las microcuencas para (en un futuro) satisfacer las necesidades de otros, siendo que el consumo de agua de las generaciones futuras (gracias al cuidado y reforestación) le generan entusiasmo y satisfacción a quien cuidó y reforestó tempranamente.
- La sostenibilidad también la proporcionará los ingresos mensuales que por producción de agua se venda y la reinversión en el mantenimiento equilibrado y explotación moderada del recurso. La sustentabilidad del proyecto dependerá de la estricta reinversión económica que el Estado o Gobierno Local mensualmente y durante la vida del proyecto propicien a la cuenca. Además el manejo de la cuenca deberá incluir estudios puntuales como, reordenamiento territorial, uso de

suelos, estabilización de taludes, control longitudinal y transversal de las quebradas, estimulaciones y compensaciones ambientales, entre muchos otros.

Actividades a desarrollar:

- Proceso legal para adquisición de las tierras y fincas, declaración de utilidad pública, avalúo de tierras, indemnización y pago. Delimitación de áreas de reforestación y regeneración natural.
- Forestación, reforestación y regeneración natural.
- Compra, transporte y siembra de plántulas. Mantenimiento y control oportuno.
- Efectuar cerramientos y/o protección en las áreas de regeneración natural.
- Diseñar y presupuestar gaviones, cerramiento y letreros. Protección de taludes y cauces.
- Puesta en marcha de un plan de capacitación para familias asentadas cercanas a la zona de interés.
- Seguimiento y evaluación periódica.
- Difusión de resultados y participación ciudadana.

BIBLIOGRAFÍA:

ANDERSEN, A. (1999). Diccionario de economía y negocios. Espasa. España.

ANTONIO, A. D. F. (1994). Análisis económico y gestión de recursos naturales. A. Editorial. España: 373.

BARBANCHO, A. G. (1973). Complementos de econometría. Ariel. España: 194.

BENAVIDES, J. D & SOLANO, C., (2005). Evaluación del impacto ambiental de los planes de forestación y reforestación ejecutados en la cuenca del Zamora Huayco del cantón Loja, provincia de Loja. Ingeniería en Gestión Ambiental. Loja, U.T.P.L.: 193.

CASTRO, R. & MOKATE, K. (1996). Evaluación económica y social de proyectos de inversión. Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá, D.C., Colombia.

CANTER, L. (1998). Manual de evaluación de impacto ambiental, técnica para la elaboración de los estudios de impacto. M. G. Hill. España.

CHAIN, N. S. (1993). Criterio de evaluación de proyectos. M. G. Hill. Chile: 144.

DÁVILA, J. (2002). Valoración económica del recurso agua en la comunidad Frijolares, Güinope. Zamorano. Honduras.

DIEGO, F. B. A. O. (1998). Economía y Medio Ambiente. McGraw-Hill. Colombia.

FONTAINE, E. (1997). Evaluación Social de Proyectos. U. d. Chile. Santiago: 466.

G., P. (2004). Diccionario de terminología ambiental. H. C. P. d. Loja. Loja.

GLAZER, J. H. A. (1992). Microeconomía, teoría y aplicaciones. México: 800.

HOLDEN, R. F. W. K. (1978). Introducción al análisis econométrico. Ariel. México: 293.

JHON DIXON, L. F. S., Richard Carpenter, Paul Sherman (1994). Análisis económico de impactos ambientales. E. latinoamericana: 250.

JOHNSTON, J. (1975). Métodos de econometría. Vicens-Vives. España: 463.

- KAZMIER, L. J. (2000). Estadística aplicada a la administración y a la economía. M. G. Hill. México: 416.
- MANUELA, D. P. B. (1998). Economía mundial. Tránsito hacia el nuevo milenio. Pirámide. España: 605.
- MARTHA, F. B. F. (2003). Economía Ambiental. McGraw-Hill. España: 556.
- MOKATE, K. M. (1996). Evaluación financiera de proyectos de inversión. U. d. Colombia. Colombia: 287.
- MOKATE, R. C. R. K. M. (1996). Evaluación económica y social de proyectos de inversión. U. d. Colombia. Colombia: 418.
- REITSCH, J. E. H. A. G. (1997). Estadísticas para negocios. M. G. Hill. México: 961.
- ROBERTO, H. S. (1999). Metodología de la Investigación. M. G. Hill. Colombia: 501.
- ROMERO, C. (1997). Economía de los recursos ambientales y naturales. A. Editorial. España: 314.
- V., C. F. (1997). Guía metodología para la evaluación del impacto ambiental. Mundi-Prensa. España.
- VAUD, E. M. (1967). Métodos estadísticos de la econometría. Ariel. España: 706.
- VÉLEZ, G. A. (1998). Proyectos: formulación, evaluación y control. A. Editores. Colombia: 593.
- ZAMORA, J. C. P. (1996). Introducción a los métodos de evaluación de impactos ambientales, recomendaciones para los gobiernos seccionales del Ecuador. F. Natura. Comisión Asesora Ambiental de la Presidencia de la República del Ecuador . USAID. Edit. Crearimagen. Quito. Ecuador.
- <http://www.eumed.net/cursecon/dic/B.htm#bienes%20de%20consumo>. Consultado en Loja, diciembre 2005.