

LINEAMIENTOS PARA LA EVALUACIÓN
DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LAS
PLANTAS INVASORAS EN COLOMBIA

Informe 4: Recopilación de todos los
resultados.

Diciembre de 2010.

*Por: Juan Carlos
Mendieta, Juliana
Cárdenas Toro.*

Contenido

Contenido	1
1. Introducción.....	3
2. Metodologías Económicas de Cuantificación de Impactos Económicos producidos por Especies Invasoras	4
2.1. El Concepto de Valor Económico Total.....	5
2.2. Metodologías de Valoración de Bienes Mercadeables	7
2.3. Metodologías de Valoración de Bienes No Mercadeables para estimar costos y beneficios económicos de expansión de las plantas invasoras o del control de las mismas.	11
2.3.1. Enfoque de Preferencias Reveladas	13
2.3.2. Enfoque de Preferencias Declaradas.....	14
3. Requerimientos de Datos e Información para la Valoración Económica de Impactos de Especies Invasoras	16
4. Plantas Invasoras en Colombia.....	17
5. Impacto de las Plantas Invasoras	20
6. Especies invasoras y el recurso hídrico	20
6.1. Impacto de las plantas invasoras en el recurso hídrico.....	22
7. Especies invasoras en sistemas agrosilvopastoriles	23
7.1. Impacto de las plantas invasoras en la agricultura	24
7.2. Impacto de las plantas invasoras en la Ganadería	24
8. Priorización de Especies para Desarrollar Estudios de Caso.....	26
9. Programas de control y manejo de plantas invasoras en sectores productivos y sus costos económicos.....	27
9.1. Programas de Manejo y Control de Especies Invasoras	29
9.1.1. Controles de Invasoras en Cultivos	32
9.1.2. Controles del Buchón de Agua.....	32
9.1.3. Controles de Insectos y vertebrados.....	36
9.2. Costos Económicos de las Especies Invasoras	37
10. Estimación del Impacto Económico.....	39
10.1. Definiciones, Metodologías y Estudios Consultados	40
10.2. Documentación de los Impactos.....	56
3.1.1. Palma Africana (<i>Elaeis guineensis</i>).....	57

3.1.2. Helecho Marranero (<i>Pteridium aquilinum</i>)	58
3.1.3. Pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	60
3.1.4. Buchón de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	61
10.3. Estimación del Impacto Económico sobre las Actividades Agropecuarias.....	63
3.2.1. Estimación del Impacto económico de la Palma Africana (<i>Elaeis guineensis</i>)	67
3.2.2. Estimación del Impacto económico del Helecho Marranero (<i>Pteridium aquilinum</i>).....	68
3.2.3. Estimación del Impacto económico del pasto Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)..	69
3.2.4. Estimación del Impacto económico del Buchón de Agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	69
3.25. Estimación del Impacto económico de las Especies Invasoras en los Pastos para Actividades Pecuarias	70
3.2.6. Resumen de los Impactos Económicos de las cuatro especies invasoras estudiadas.	70
3.3. Estimación del Impacto Económico sobre Ecosistemas, recursos hídricos y Biodiversidad.....	71
11. Conclusiones.....	73
12. Referencias Bibliográficas.	74

1. Introducción

Las especies invasoras son especies introducidas que se han establecido en nuevos ecosistemas, provocando desequilibrios ecológicos como: cambios en la composición de las especies, desplazamiento de las especies nativas, pérdida de biodiversidad y/o la posible transmisión de enfermedades (Gutiérrez 2006).

Muchas de estas especies son introducidas por su importancia económica para la agricultura, acuicultura, silvicultura, horticultura, comercio de mascotas o para control biológico de otras especies (UICN 2009); sin embargo este proceso se ha acelerado por la dependencia del ser humano de los sistemas agrícolas, la intensificación del comercio, el transporte y el desplazamiento de personas entre las diferentes partes del mundo (Meyerson y Mooney 2007).

Las especies invasoras son consideradas en el mundo entero como el segundo motivo de extinción de especies, después de la pérdida de hábitat (Wilcove *et al.* 1999, McNeely *et al.* 2001); su impacto es comparable a la sobreexplotación de poblaciones silvestres, la alteración de ciclos biogeoquímicos, al aumento de las concentraciones atmosféricas de gases causantes del efecto invernadero y a las modificaciones de la cobertura vegetal por cambios en el uso de la tierra (Vitousek *et al.* 1997).

Se estima que las invasiones biológicas le generan a la economía mundial un costo mayor a 336.000 millones de dólares anualmente (Pimentel *et al.* 2001); una gran parte de este costo es el resultado directo de la reducción de la productividad en la agricultura, silvicultura y otros sistemas de producción, el daño a infraestructuras, pérdida de ingresos por el turismo, y costos relacionados con la erradicación, contaminación y manejo. Existen a su vez costos indirectos como la pérdida de los servicios ecosistémicos, así como costos sociales y culturales (UICN 2009).

En el contexto global diferentes organizaciones y entidades han abordado el tema de las especies invasoras, Por ejemplo el Programa Mundial sobre Especies Invasoras (GISP), El GISP se estableció en 1997 con el objetivo de identificar amenazas globales provocadas por Especies Invasoras Introducidas y apoyar la implementación del artículo 8vo de la Convención sobre Diversidad Biológica. Dentro de la Estrategia Global para la Conservación de plantas, GISP trabaja con 16 metas entre las cuales la meta 10 es: “planes de manejo en acción para al menos 100 especies introducidas importantes que amenacen plantas, comunidades de plantas y ecosistemas y hábitats asociados” (www.uicn.org).

De acuerdo al artículo 8h del CDB (el cual impide que se introduzcan especies y controla o erradica las especies introducidas que amenacen a ecosistemas, hábitats o especies) y teniendo en cuenta lo propuesto por Mc Neely *et al.* 2001, existe la urgente necesidad de desarrollar evaluaciones mas rigurosas de los impactos y riesgos asociados a las invasiones biológicas, así la prevención y las estrategias de control pueden ser abordadas apropiadamente. Dichas evaluaciones deben reconocer la naturaleza interdisciplinaria del problema desde lo económico y lo ecológico, pues por un lado las características eco

sistémicas determinan si las condiciones apropiadas permiten el establecimiento de las especies invasoras y por otra parte los sistemas económicos afectan el estado del ecosistema a través de su uso y a través de las medidas de prevención y control implementadas para frenar el proceso de invasión (Perrings *et al.* 2002).

En Colombia hasta el momento no se ha hecho ninguna evaluación del costo de las especies invasoras en ningún sector de la economía. El presente estudio desarrolla los lineamientos para una primera evaluación del impacto económico de las plantas invasoras en el país. Además explica la relación directa de las plantas invasoras con diferentes sectores de importancia (Ganadería, agricultura/productos de importancia alimenticia nativa y el recurso hídrico) mediante estudios de caso.

2. Metodologías Económicas de Cuantificación de Impactos Económicos producidos por Especies Invasoras

En economía, el mecanismo de valoración convencional de impactos es el mercado. Mediante el uso de información sobre cantidades de productos, insumos y sus respectivos precios se pueden realizar cuantificaciones de mercado que permitan averiguar el monto económico del impacto ocasionado por una causa en particular. En el caso de la cuantificación económica de las especies invasoras, dicha cuantificación se puede realizar relacionando productos e insumos en un momento en el tiempo, especificando flujos de caja que permitan obtener una medida de valor del impacto. Adicionalmente, se pueden utilizar métodos de cambios en productividad, costos de reemplazo, costos de control, costos de prevención para obtener alguna medida del impacto.

Independientemente, de la metodología utilizada este primer conjunto de métodos estiman impactos de naturaleza mercadeable, es decir, cuantifican impactos en los que su valor se puede estimar o representar utilizando precios de mercado. Por otra parte, se tiene otro conjunto de metodologías, llamadas técnicas de valoración de bienes no mercadeables que sirven para estimar el valor de impactos de naturaleza intangibles. Estas últimas metodologías se agrupan en dos enfoques, el indirecto o de preferencias reveladas y el enfoque directo o de preferencias declaradas.

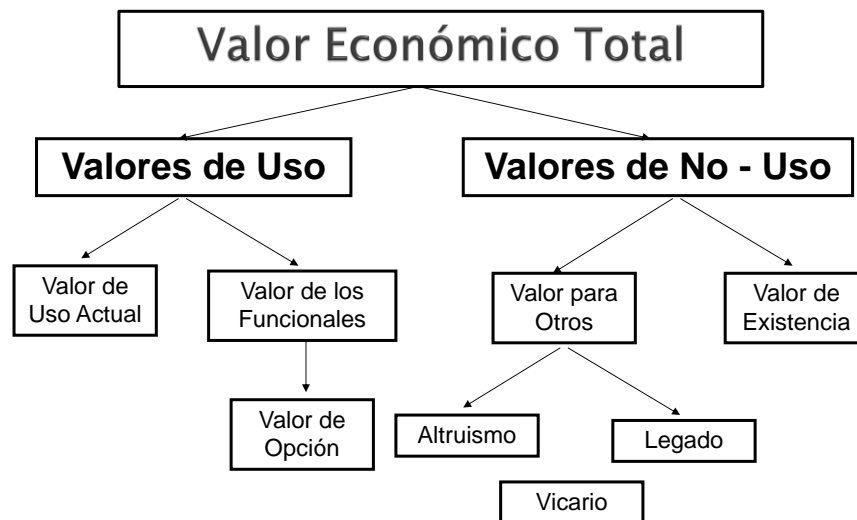
Tanto las metodologías bajo el enfoque indirecto como las del enfoque directo sirven para cuantificar económicamente el valor de impactos que no tienen precios. Por ejemplo, la invasión del buchón en un río que puede causar serios impactos sobre ecosistemas acuáticos genera reducción en los servicios ambientales del río, por ejemplo, afectación de los servicios recreativos del río, afectación del hábitat de especies de flora y fauna oriundas del ecosistema. El impacto sobre el servicio de recreación se puede estimar utilizando la metodología de costos de viaje, incluida dentro del enfoque indirecto. Mientras, que el impacto sobre el servicio de hábitat de especies se podría cuantificar con modelos *Conjoint*, bajo el enfoque de preferencias declaradas. Las medidas arrojadas por ambos métodos revelarían la pérdida en el valor del ecosistema acuático, tomando como base la afectación del valor económico total

del río (valor económico total entendido como la sumatoria de los valores de uso y de no uso del recurso natural).

2.1. El Concepto de Valor Económico Total.

Durante mucho tiempo los recursos naturales fueron subvalorados al considerar solo la parte del valor generado representado por los precios de mercado. Hoy en día a partir de un gran volumen de investigación se tiene claro que los recursos naturales y ambientales generan valores por encima de lo que puede revelar un mercado. Al respecto Pearce and Moran (1994) y Freeman (2003), presentan la definición de valor económico total como un intento por reconocer que los ecosistemas tienen un valor importante aunque no tengan un precio de mercado. El valor económico total (VET) se define como la suma de los valores de uso más los de no uso, como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura 1: El Valor Económico Total de un Recurso Natural y/o Ambiental.



Adaptado de Pearce and Moran (1994) y Freeman (2003)

Cuando las plantas invasoras afectan campos con cultivos o áreas de pasto, se tienen afectaciones en valores de uso directo generados en el presente y en el futuro (valores de opción). En el caso de afectaciones de ecosistemas por parte de plantas invasoras el proceso de afectación de valores es más complejo debido a que se pueden destruir otros valores adicionales a los valores de uso actual (se pueden afectar las funciones de los ecosistemas trayendo consigo la pérdida en valor de uso indirectos como los valores funcionales y valores de existencia y cuasi existencia conocidos con el nombre de valores de no uso).

Valores de Uso

Estos se refieren a la disponibilidad que tienen las personas a pagar por el uso directo de los recursos ambientales para la satisfacción de una necesidad asociada al consumo o a la producción:

Valor de Uso Por Consumo: Es el valor que se le asigna a los recursos que se usan, o se consumen, sin que ellos sean adquiridos en el mercado. Por ejemplo la pesca y la caza para consumo. Algunos autores incluyen la recreación.

Valor de Uso Por Producción: Es un valor que se le asigna a los recursos que se aprovechan para ser comercializados en el mercado, o para producir bienes y servicios que pueden ser comercializados en el mercado. Ejemplos de estos recursos pueden ser: el agua, la madera, las pieles, las resinas, etc.

Valores de Uso Indirecto

Es el valor que se le asigna a los servicios ambientales que son generados por el funcionamiento de los ecosistemas.

Valor de No Consumo: Es el valor que se asigna a los recursos, generalmente a los ecosistemas, por los servicios que ellos prestan, sin que estos sean tranzados en el mercado. Por ejemplo, el paisaje, la regulación de ciclos hidrológicos, el mantenimiento de la diversidad biológica y la protección del suelo.

Valor de Opción: Este valor se asigna en el presente para mantener hacia el futuro, mediante la conservación, la opción de usar y disfrutar los recursos naturales, o los servicios que ellos prestan.

Valores de No Uso

Este es el valor que las personas asignan, mediante su disponibilidad a pagar, a los recursos ambientales por la seguridad de contar con su existencia, aun cuando no se tenga una clara intención de usarlos o disfrutarlos. Este es un valor que generalmente se relaciona con valoraciones éticas sobre asuntos como la vida, el respeto y la convivencia, motivaciones de altruismo y legado. Estos valores pueden ser asignados tanto por usuarios como no usuarios de los ecosistemas.

De la discusión anterior sobre tipos de valores económicos, uno de los razonamientos principales es que las plantas invasoras además de afectar actividades agropecuarias, también pueden generar pérdidas considerables de valor asociados con afectaciones de ecosistemas, sobre todo, pérdidas relacionadas con afectaciones a las funciones de los ecosistemas y biodiversidad. Es por esta razón que uno de los principales costos de la conservación de ecosistemas son los relacionados con el control de especies invasoras, Pagiola y Platais (2002).

Como una primera aproximación, la estimación del impacto económico de las especies invasoras se puede hacer considerando su impacto sobre actividades económicas. Este tipo de cuantificación se consideraría un límite inferior del verdadero impacto económico. Al incluir la afectación de las plantas invasoras sobre los flujos de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas la labor de cuantificación se podría llevar a una medida del impacto más completa. Este tema se discute posteriormente en la sección correspondiente a datos.

2.2. Metodologías de Valoración de Bienes Mercadeables

Al iniciar con el proceso de cuantificación de impactos económicos de las plantas invasoras es importante advertir que las cuantificaciones de tipo mercadeable dependen de las circunstancias específicas en las que se encuentre el mercado en el momento en que se realizó la estimación (expansión o recesión).

Por otra parte, también es importante tener en cuenta que el presente estudio partirá del concepto de maleza para asociar una causa negativa a la especie invasora que repercute en un costo económico. Como maleza se considera toda planta que crece fuera de su sitio e invade otro cultivo en el cual causa más perjuicio que beneficio, Gómez (1995). Calle (2002), afirma, que por ejemplo, para el caso del cultivo de yuca, el 30% o más de los costos de producción son por control de malezas. En el cultivo de la caña, sino se controlan las malezas, la producción se puede reducir hasta en un 50%, Gómez (1995). Las pérdidas a nivel mundial ocasionadas por las malezas en cultivos agrícolas, hortalizas y frutales son en promedio del 10% a nivel mundial, Robbins et al. (1955), citado en Gómez (1995). Mientras que en el Valle del Cauca estas mismas pérdidas pueden llegar al 30-40%, De la Cruz y Gómez (1971) citado en Gómez (1995).

Las malezas compiten con el cultivo por agua, luz y nutrientes, además muchas son hospederas de enfermedades e insectos plagas. El manejo de las malezas se debe realizar mediante la integración de métodos culturales, mecánicos y químicos. Su efectividad dependerá de la oportunidad y eficiencia con que se realicen, Sánchez y Gamboa (2004).

Una vez que se ha mostrado evidencia sobre los impactos económicos tangibles ocasionados por las plantas invasoras es importante definir una batería de metodologías candidatas para la cuantificación de dichos costos. Estas metodologías se caracterizan por usar datos de las afectaciones, ya sea de productos y/o de insumos, y sus respectivos precios de mercado. Entre los métodos más comunes se tienen:

- Método cuantificación usando precios de mercado y datos de productividad.

Lo que se quiere estimar son los beneficios directos perdidos por la afectación ocasionada por las especies invasoras. Se pueden emplear los siguientes métodos: i) Materia prima y productos finales, ii) Protección y seguridad en el abastecimiento de bienes y servicios finales, iii) Protección a la Salud.

Los beneficios directos dejados de percibir por afectación de materias primas y productos finales se cuantifican utilizando la siguiente fórmula:

$$BP_1 = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_{ji}^{mp} q_{tji}^{mp} + p_{ji}^{cf} q_{tji}^{cf} (1+r)^{-t} \quad [ec. 1]$$

Donde,

BP_1 : Beneficio perdido por la disminución de materias primas y productos de consumo final.

p_{ji}^{mp} : Precio de la materia prima i que se deriva del recurso natural y/o productivo j .

q_{tji}^{mp} : Cantidad de materia prima i que se deriva del recurso natural y/o productivo j en el tiempo t .

p_{ji}^{cf} : Precio del producto de consumo final i que se deriva del recurso natural y/o productivo j .

q_{tji}^{cf} : Cantidad del producto final i que se deriva del recurso natural y/o productivo j en el tiempo t .

Por otra parte, los beneficios perdidos por la afectación del nivel de protección y pérdida de producción en el futuro se pueden estimar siguiendo:

$$BP_2 = \sum_{i=1}^n (c_i^{pr} q_i^{pr} + c_i^{afp} q_i^{afp}) + \sum_{i=1}^T (G_t + M_t) (1+r)^{-t} \quad [ec. 2]$$

Donde,

BP_2 : Beneficio perdido por la afectación del nivel de protección que brinda el recurso natural y/o productivo.

c_i^{pr} : Costo del insumo i que se utiliza en el establecimiento de medidas de protección del recurso natural y/o productivo.

c_i^{afp} : Costo del insumo i para el establecimiento de medidas sustitutivas para el abastecimiento futuro de productos.

q_i^{pr} : Cantidad del insumo i para el establecimiento de medidas de protección del recurso natural y/o productivo.

q_i^{afp} : Cantidad del insumo i requerido para el establecimiento de medidas sustitutivas para el abastecimiento futuro de productos.

G_t : Gastos de gestión y administración en el año t .

M_t : Gastos de mantenimiento en el año t .

Esta metodología se puede aplicar para estimar los costos de la depreciación de capital natural (recursos naturales y ecosistemas) y para estimar recuperación o corrección de impactos sobre recursos productivos como actividades agrícolas y ganaderas.

Cuando las plantas invasoras afectan el medio ambiente facilitando la proliferación de vectores y condiciones que afecten la salud pública y destrucción de infraestructuras públicas y/o privadas se puede usar la siguiente cuantificación:

$$BP_3 = \sum_{t=0}^{T_H} [c_t^{tre} H_t^e + c_t^{mmp} H_t^{mmp}] (1+r)^{-t} + \sum_{t=0}^{T_H} \sum_{i=1}^n (c_{ti}^{pl} q_{ti}^{pl} + c_i^m q_{ti}^m) (1+r)^{-t} + \sum_{k=1}^K c_k^{inf_r} q_k^{inf_r} \quad [ec.3]$$

Donde,

BP_3 : Beneficio perdido por el daño a la salud debido a la afectación del recurso natural y/o productivo.

c_t^{tre} : Costo del tratamiento de la enfermedad por el año t .

H_t^e : Cantidad de personas que han sufrido enfermedades debido a la afectación del recurso natural en el tiempo t .

c_t^{mmp} : Costo de las medidas de prevención de la población en el año t .

H_t^{mmp} : Cantidad de personas sometidas a medidas preventivas debido a la afectación del recurso natural y/o productivo en el tiempo t .

c_{ti}^{pl} : Costo del insumo i para el control de las plagas en el tiempo t .

q_{ti}^{pl} : Cantidad del producto i requerido para el control de plagas en el tiempo t .

c_i^m : Costo del insumo i para la sustitución de la infraestructura dañada.

q_{ti}^m : Cantidad del insumo i requerido para mitigar en el tiempo t los efectos causados con el daño a la estructura básica.

$c_k^{inf_r}$: Costo del producto i para mitigar en el tiempo t los efectos causados en el daño a la infraestructura básica.

$q_k^{inf_r}$: Cantidad del insumo k requerido para el establecimiento de infraestructura.

- Método de costos de reemplazo o costos de restauración.

La recuperación de un recurso natural y/o productivo afectado plantas invasoras hasta los niveles aceptables está determinada por la magnitud del impacto ocasionado, el tiempo de la recuperación y el área afectada. El costo de restauración de los aspectos biofísicos depende del conjunto de actividades que deberán realizarse, y de los recursos e insumos que ésta demande.

$$CR = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m p_i q_{tji} (1+r)^{-t} \quad [ec.4]$$

Donde,

CR : Costo de restauración biofísica del recurso natural y/o productivo afectado.

p_i : Precio del insumo i usado en la restauración del recurso natural y/o productivo.

q_{tji} : Cantidad del insumo i usado en la restauración del recurso natural y/o productivo j .

r : Tasa de descuento para actualizar los valores en el tiempo.

t : Tiempo en años.

T : Tiempo total requerido para la restauración del impacto causado, determinado por el estado de conservación de los recursos naturales y/o productivos alterados.

m : Insumos requeridos en la restauración del recurso natural y/o productivo i .

n : Recursos naturales y/o productivos afectados por las plantas invasoras.

En el caso que las especies invasoras afecten recursos naturales que tengan que ver con la pérdida de beneficios por afectación del goce y esparcimiento libre de las personas se puede considerar las siguiente formula de cuantificación:

$$BP_4 = \sum_{t=1}^T c_t^d H_t^d (1+r)^{-t} \quad [ec. 5]$$

Donde,

BP_4 : Beneficio perdido por la afectación del esparcimiento y el desarrollo espiritual al alterar un recurso natural y/o productivo.

c_t^d : Costo de desplazamiento al sitio similar más cercano para disfrutar del esparcimiento y desarrollo espiritual en el tiempo t .

H_t^d : Población que siente afectado su esparcimiento y desarrollo espiritual por la alteración de un recurso natural y/o productivo en el tiempo t .

De no ser factible una cuantificación del flujo de beneficios sociales de forma directa, es necesario acudir a métodos indirectos. Este método es particularmente útil en sitios donde no hay población cercana o en donde la cuantificación de los beneficios sea marginal en relación con los usos actuales.

$$CS = \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \frac{P_i Q_{tji} (1+r)^{-t}}{1-\alpha_{tj}} \quad [ec. 6]$$

CS es la compensación social por el daño causado con la afectación del recurso natural. El factor $1/1 - \alpha$ explica, que si α se acerca a 1, el daño ocasionado a la oferta de flujos que benefician a la sociedad es casi total. Si α se acerca a 0, indica que la afectación ha sido mínima, y los costos de restauración serán mínimos. La valoración económica del costo ambiental está dada por la ecuación 7:

$$CE = \sum_{s=1}^R c_s e_s \quad [ec. 7]$$

Donde,

CE : Valor de la producción total extraída o afectada por la especie invasora.

c : Valor unitario del recurso.

e : Cantidad extraída o afectada del recurso por la especie invasora.

Por último, es importante mencionar que se debe tener cuidado al aplicar estas metodologías, pues estas solo van a tener valoraciones consistentes en la medida en que se haga una buena identificación de los impactos de las especies invasoras, los beneficios afectados, la población y de sus costos de tratamiento. Igualmente, es importante generar una base de datos actualizada, consistente, sistemática, continua y confiable sobre el estado de los recursos naturales y/o productivos, y los beneficios que reporta a la sociedad para poder establecer el estatus quo antes de la afectación de las especies invasoras.

En la siguiente sección se presentan las metodologías para estimar medidas de bienestar individuales que son proxies de los beneficios y/o costos económicos derivados de los impactos ocasionados por las especies invasoras.

2.3. Metodologías de Valoración de Bienes No Mercadeables para estimar costos y beneficios económicos de expansión de las plantas invasoras o del control de las mismas.

Como se dijo antes, la afectación de las especies invasoras puede trascender el plano de impactos en las actividades mercadeables desarrolladas en la economía. Dichas afectaciones pueden trascender al plano ambiental generando importantes costos ambientales de naturaleza social. En este último caso se hace necesaria la aplicación de metodologías de valoración económica no mercadeables para estimar el valor de impactos que no tienen un precio de mercado. Un ejemplo de este tipo de cuantificaciones aparece en un estudio reciente “*Economic valuation of the influence of invasive alien species on the economy of the Seychelles islands*” publicado en el 2010 en la revista *Ecological Economics*. En este estudio de Mwezabe et al., se aplica el método de valoración contingente, bajo el enfoque de preferencias declaradas, para estimar la disposición a pagar para cuantificar el impacto económico de la pérdida en biodiversidad por las especies invasoras en Seychelles Islands.

La aplicación del método de valoración contingente arroja un rango de disposición a pagar que varía entre 52 y 58 dólares americanos. Con estos datos se cuantifica el valor del daño ocasionado y se desarrolla un estudio que usa la metodología de análisis costo beneficios para encontrar evidencia empírica que justifique la inversión en un programa de conservación de biodiversidad que prevengan futuros costos económicos por degradación de la biodiversidad a medida que colonizan las especies invasoras los ecosistemas naturales de las islas. Este estudio, y su fecha, indican la importancia de iniciar estudios de cuantificación de impactos económicos de las especies invasoras con énfasis en afectaciones de tipo ambiental con importantes costos sociales.

Este tipo de información es de vital importancia para los tomadores de decisiones que a partir de esta evidencia pueden entrar a justificar fondos para invertir en programas de

conservación de áreas con peligro potencial de ser impactadas por las especies invasoras. Así mismo, se puede considerar esta evidencia para justificar inversiones de fondos públicos y privados en restauración de los ecosistemas afectados por las especies invasoras.

Las metodologías de valoración de bienes no mercadeables se clasifican en dos enfoques: enfoque indirecto o de preferencias reveladas y enfoque directo o de preferencias declaradas. Las primeras utilizan información procedente de los mercados de bienes relacionados con el medio ambiente y de los recursos naturales. Entre estas se encuentra en método del costo de viaje, el método de los precios hedónicos, el método de la función de producción de salud y el método de la función de daño. Las segundas utilizan información proveniente de preguntas de disponibilidad a pagar realizadas a las personas a través de encuestas personales, telefónicas, o por correo. Estas incluyen el método de Valoración Contingente también conocido con el nombre del método de construcción de mercados artificiales.

Varios autores, entre ellos Pearce (1994), aconsejan utilizar los métodos indirectos como primera opción a la hora de hacer valoración ambiental. Esto se debe al hecho de que se utiliza información proveniente de los mercados, es decir, información que contiene las preferencias de los individuos por bienes relacionados con el medio ambiente. Para aquellos casos en que no se cuente con ningún tipo de información o se quiera encontrar el valor económico de un recurso natural o ambiental con un alto componente de no uso, se recomienda el método de valoración contingente. La justificación para hacer esto se centra en el hecho de que el método de valoración contingente construye directamente la información. Esto da posibilidad de estimar una función de demanda (unas preferencias) por cualquier bien y o servicio ambiental, incluso para aquellos bienes de mercado para los cuales no se cuente con la información adecuada.

El principio de complementariedad débil es crucial para la aplicación de las metodologías indirectas de valoración. Este implica una relación de complementariedad entre los flujos de bienes y servicios que provee el medio ambiente y algunos bienes mercadeables. Lo que proponen estos métodos es estimar una función de demanda por el bien de mercado.

Cuando se presenta la afectación de una especie invasora se generan impactos sobre los recursos naturales y ecosistemas que afectan directamente los flujos de bienes y servicios ambientales.

En el estudio "*Estimating Net Losses in Recreation Use Values from Non-Indigenous Invasive Weeds*" publicado por la Universidad de Nevada realizan una estimación de las pérdidas o impacto económico derivado de la colonización de las especies invasoras de ecosistemas naturales destinados para la recreación. La afectación de las actividades recreativas de caza, pesca y disfrute de la naturaleza genera unas pérdidas anuales en el estado de Nevada de entre 26 y 34 millones de dólares del 2000 para un plazo de 5 años. La anterior evidencia revela la importancia que puede tener para Colombia sobre el uso de metodologías de valoración de bienes no mercadeables para estimar las pérdidas netas derivadas de las afectaciones de especies invasoras a ecosistemas destinados a la recreación y otros importantes flujos de bienes y servicios ambientales.

En punto de quiebre que se muestra en la figura 2, señala que la degradación ambiental ha disminuido para comenzar un proceso de recuperación. Esto se ocurre si y solo si se toman medidas para controlar los efectos nocivos de las especies en peligro y se toman medidas de control sobre los ecosistemas impactados. Si un plan de corrección de impactos y de prevención a futuro resulta eficiente y efectivo puede volver a hacer que se recuperen los flujos de bienes y servicios que se tenían al inicio de la afectación. Esto siempre y cuando los impactos generados sean reversibles y no se tenga un grado bajo de resiliencia del ecosistema y de unicidad.

2.3.1. Enfoque de Preferencias Reveladas

La finalidad de esta sección es presentar el conjunto de baterías más comunes bajo el enfoque de preferencias reveladas para estimar el impacto económico de afectaciones de especies invasoras sobre ecosistemas naturales y recursos naturales y/o productivos en la economía.

2.3.1.1. El Método del Costo de Viaje (MCV)

Uno de los métodos indirectos de valoración de bienes y servicios ambientales no mercadeables más comúnmente utilizado es el de Costos de Viaje (MCV). Esta metodología se aplica principalmente para la valoración de recursos de uso recreativo en donde se incurren en gastos para acceder a ellos. El MCV generalmente se usa para valorar parques, lagos y áreas públicas que tienen un potencial recreativo y que están lo suficientemente lejos de las personas que generalmente los utilizan.

2.3.1.2. El Método de los Precios Hedónicos (MPH)

Los primeros modelos hedónicos que se han aplicado en economía ambiental se han basado en el trabajo de Sherwin Rosen (1974). Las regresiones hedónicas se han aplicado principalmente en el mercado de vivienda pues en él es posible observar diferencias en la calidad ambiental y en la localización. Para Rosen, los inmuebles eran un bien que se diferenciaba por las cantidades de varias características que ellos contenían. Los consumidores de las diferentes calidades de bienes obtienen utilidad de éstos, mientras que los productores o los vendedores de los bienes incurren en costos que dependen de las variables que ellos ofrecen. La interacción entre los consumidores y los productores en un mercado competitivo para estos bienes diferenciados determinan el equilibrio hedónico.

En el caso de nuestro interés, la cuantificación de los impactos económicos de las especies invasoras, el método de los precios hedónicos puede ser utilizado para estimar las pérdidas en el valor de uso del suelo derivadas de la afectación de las especies invasoras. Es decir, la

colonización de las especies invasoras afecta la productividad del suelo, esto hace entonces, que las especies invasoras sean un argumento que destruye valor en vez de crearlo, en las zonas en donde causa impactos negativos. La estimación de la influencias de las especies invasoras como atributo que destruye el valor de la propiedad serviría para estimar el costo de oportunidad económico asociado con su proliferación. O por lo contrario, serviría para estimar el incremental en el beneficio económico si se reduce de las fincas productivas, y en general de las propiedades en donde causen externalidades negativas y otros costos indirectos.

2.3.1.3. Aproximaciones a partir de Estimaciones de Funciones de Daño (EAFD)

El EAFD parte el esquema tradicional de considerar solo el capital y el trabajo como únicos insumos en los procesos de producción de bienes y servicios de las empresas. Históricamente, las empresas han utilizado recursos naturales tales como agua, aire, suelo, poblaciones de peces y bosques como fuente de materia prima para la producción de bienes y servicios. Por consiguiente, cualquier cambio en la calidad o cantidad de estos recursos trae consigo un cambio en el nivel de producto producido o en los costos variables invertidos. Para que pueda suceder esto la calidad o cantidad ambiental tiene que ser sustituto cercano de los insumos convencionales de producción.

2.3.1.4. Modelos de Producción de Salud (FPS).

Unos de los principales servicios que presta el medio ambiente es el soporte de la vida humana. Las especies invasoras pueden afectar los flujos de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas que prestan el servicio de soporte de las condiciones para tener un nivel óptimo de salud. Condiciones específicas de entorno, llamadas también amenidades, tales como la calidad de aire, calidad del agua, intensidad de rayos solares, temperatura, humedad relativa, visibilidad y ausencia de olores, entre otros, son cruciales para el buen desarrollo de la vida. A través de los diferentes procesos de contaminación ambiental, la pérdida de la calidad ambiental se ha convertido en una de las causas principales para la proliferación de enfermedades que representan pérdidas de bienestar significativas para la sociedad.

2.3.2. Enfoque de Preferencias Declaradas.

En esta sección se inicia la presentación de las metodologías de valoración de bienes no mercadeables bajo el enfoque de preferencias declaradas con el método de valoración contingente (MVC). Este método ha sido el más popular del enfoque de preferencias declaradas y se ha utilizado en casos tan polémicos como el de cuantificación del valor de daños ambientales derivados del derrame petrolero de la Exxon en Valdez Alaska, en 1988.

2.3.2.1. Método de Valoración Contingente (MVC)

El MVC es el nombre moderno que recibe el método de elaboración de cuestionarios para el cálculo de los beneficios generados por un bien. Vale la pena mencionar que el uso del MVC es universal. Este método sirve para construir la demanda de cualquier bien sea éste de mercado o no mercado. La primera inclusión de esta técnica en el campo de la economía ambiental y de recursos naturales fue en 1963 cuando Davis realizó un estudio de entrevistas para averiguar los beneficios por mejoras en recreación de la personas. Desde esa fecha hasta el presente, existe un gran volumen de estudios tanto a nivel teórico como empírico sobre el tema.

Mitchell y Carson (1988) en su libro *“Using Survey to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method”* describen de manera cuidadosa todos los pasos necesarios para desarrollar un estudio con esta técnica. Además presentan una colección completa de citas bibliográficas sobre los estudios más importantes realizados en este campo.

El MVC ha sido criticado por algunos economistas debido a que, en esencia, es un método de construcción de preferencias que no utiliza información sobre el comportamiento de las personas en los mercados reales: “preferencias declaradas”. Sin embargo, después del derrame de la Exxon Valdez comenzó a tener gran fuerza entre los economistas ambientales y de recursos naturales dentro de sus trabajos de valoración económica y de evaluación de proyectos de mejora del medio ambiente.

En el Panel NOAA (*National Oceanographic Atmospheric Administration*) se produjo un intenso debate entre los economistas ambientales y de recursos naturales más famosos en torno a la valoración económica de los daños causados por el derrame de la Exxon Valdez. Se puso en tela de juicio la validez del MVC. De ese debate surgió un importante compendio de recomendaciones que se deben seguir al pie de la letra para realizar un estudio de valoración ambiental utilizando el MVC.

En la actualidad el MVC es muy popular entre los investigadores en el campo de la Economía Ambiental y de Recursos Naturales, y entre organismos tales como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. Ellos lo utilizan para estimar beneficios de proyectos no solo en el área ambiental si no en sectores tales como transporte, salud y educación, entre otros. En el campo de la valoración económica ambiental esta metodología se vuelve relevante en los casos en que no se cuenta con ningún tipo de información sobre el bien a valorar. Incluso es mucho más relevante si se toma en cuenta que es la única metodología de valoración disponible para la estimación del valor de no uso que presentan ciertos activos ambientales.

2.3.2.2. Método de Valoración Multiatributos Modelos Conjoint (MVMC)

El análisis Conjoint es una técnica usada específicamente para comprender como los individuos desarrollan preferencias por productos o servicios (reales o hipotéticos), está basado sobre la premisa de que los consumidores evalúan un producto o servicio a través del valor que le da a la combinación de los diferentes niveles de atributos y es importante señalar que el precio es considerado como un atributo a diferencia de otras evaluaciones contingentes. La utilidad es la base conceptual para medir valor en Análisis Conjoint al igual que en la mayoría de los métodos tradicionales, entre ellos Costo de Viaje y Valoración Contingente.

3. Requerimientos de Datos e Información para la Valoración Económica de Impactos de Especies Invasoras

Para la implementación de las metodologías presentadas en este reporte es importante hacer diferencia en las fuentes de datos.

- Datos procedentes de fuentes primarias tales como hogares consumidores y/o productores afectados por las especies invasoras. Esta información se puede recolectar a partir de encuestas personales a nivel de hogar y/o productores. Estas encuestas deben diseñarse bajo escenarios específicos de evaluación, dirigidas a la cuantificación de los impactos de las externalidades internalizables y no internalizables en los mercados producidos por los procesos de afectación de las especies invasoras.
- Datos procedentes de fuentes secundarias tales como precios de insumos y productos, cantidades producidas de productos e insumos provenientes de registros de instituciones del gobierno, de organizaciones gremiales, de centros e institutos de investigación y de universidades y ONG's.

Por ejemplo, en el caso de las plantas invasoras conocidas como malezas que afectan actividades productivas se hace necesaria información sobre variables técnicas relacionadas con los procesos de producción agropecuarios afectados por las especies invasoras. Esta información debe incluir datos sobre variables tales como insumos para el control de las especies invasoras, información sobre los niveles de actividades necesarios para prevenir los impactos negativos de las especies invasoras, todo acompañado de información de tipo económico sobre el valor de las actividades e información sobre el tiempo destinado en la implementación de las acciones de control y prevención.

En el caso de la recolección de información de externalidades derivadas de la afectación de especies invasoras que se manifiestan como casos especiales de afectación de bienes públicos es importante contar con información técnica sobre el impacto producido, para luego, poder

cuantificar el impacto económico. Aquí es importante recurrir a estudios técnicos ambientales y económicos desarrollados en el país y en el exterior. En medio de restricciones de fondos para desarrollar las investigaciones se puede pensar en el desarrollo de estrategias de recolección de información de estudios que revelen resultados factibles para usar en ejercicios de transferencia de beneficios y/o costos ambientales y económicos.

Un ejemplo de esto último es el uso y aprovechamiento de estudios secundarios sobre afectaciones de la producción de energía en centrales hidroeléctricas por unidad de área cubierta por la especie buchón (*Eichhornia crassipes*), con esta información disponible en términos de indicador se puede hacer transferencia de impacto y luego usar esta medida para proyectar la magnitud del impacto de la especie invasora para un caso específico. Así mismo, se pueden utilizar estudios de valoración ambiental, específicamente de valoración de daños ambientales que revelen medidas de disposición a pagar marginal por evitar los costos derivados de una hectárea de buchón adicional como generadora de impactos negativos en la producción de energía hidroeléctrica.

Este mismo enfoque de trabajo se puede utilizar para estimar el costo económico de otros tipos de externalidades producidas por las especies invasoras como afectaciones a ecosistemas que impactan paisajes, actividades recreativas, servicios de hábitats de especies y servicios de soporte de salud, entre otros.

En el siguiente reporte se presentará de manera específica el procedimiento a seguir para la cuantificación del impacto económico de las especies de plantas invasoras seleccionadas en el presente estudio.

4. Plantas Invasoras en Colombia

Un primer paso para abordar la temática de las invasiones biológicas alrededor requiere de evaluaciones de riesgo para las especies y metodologías de categorización o clasificación, éstas herramientas son fundamentales pues permiten establecer cuáles son las especies que requieren mayor prioridad, bien sea de prevención o manejo.

Estas herramientas de categorización y evaluación han sido desarrolladas en diferentes regiones como Centro y Norte América (Estados Unidos, Canadá, México) y países como Nueva Zelanda, Australia entre otros, y han sido adaptadas para su aplicación en otras regiones del mundo (Phelouge *et al.* 1999, Randall *et al.* 2008, Virtue *et al.* 2001, Parker *et al.* 2007). Para las plantas introducidas existen diferentes tipos de herramientas como Evaluaciones de riesgo de malezas (WRAs) utilizadas para predecir cuál es la probabilidad que especies de plantas se establezcan, se dispersen y se vuelvan invasoras, antes de ser introducidas a un ecosistema

En Colombia se implementó la herramienta de análisis de riesgo de establecimiento e invasión I3N (<http://i3n.iabin.net/HerramientasdePrevenciondeInvasionesBiologicasdeI3N>), para establecer niveles de riesgo asociados a la introducción planificada de plantas en países del

hemisferio oeste y al riesgo de invasión de las especies ya presentes en países (Cárdenas *et al.* En prensa).

Según la evaluación de análisis de riesgo de plantas introducidas para Colombia, existen en el país 42 especies con Alto Riesgo de Invasión (Tabla 7); 29 de estas especies han sido introducidas desde áreas fuera del territorio nacional y se han naturalizado en el territorio colombiano; 10 especies “de muy amplia distribución o cosmopolitas, pero que su separación de las especies nativas es muy difícil”, identificadas como críptogénicas; y por último, 3 especies nativas de Colombia, pero que han sido trasplantadas o introducidas a otros ecosistemas en el país (Cárdenas *et al.* En prensa).

Las especies fueron categorizadas mediante la “Herramienta de análisis de riesgo de establecimiento e invasión de I3N” (Ziller & Ziller 2007); que establece niveles de riesgo de invasión según valores que varían entre 1.0-2.99 (Riesgo de Invasión Bajo), 3.01-4.0 (Riesgo de Invasión Moderado) y valores entre 5.01 -10.0 (Riesgo de Invasión Alto) y a su vez señala los casos en que deberían desarrollarse análisis extra antes de llegar a un diagnóstico ajustado “requiere mayor análisis” (valores entre 4.01 - 5.0) (ver http://i3n.iabin.net/tools/web_tools.html) (Cárdenas *et al.* En prensa).

Entre algunas de las especies invasoras se resalta la presencia de *Eichhornia crassipes* (Buchón de agua), *Ulex europaeus* (Retamo espinoso), *Elaeis guineensis* (Palma Africana), *Hedychium coronarium* (Ajénjibre).

El 33 % de las plantas invasoras han sido introducidas a Colombia de manera involuntaria y un 67% fueron introducidas como plantas útiles; la mayoría como plantas forrajeras que hacen parte de los sistemas de ganadería extensiva en el país.

Tabla 1. Especies de plantas invasoras en Colombia

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Origen	Calificación ¹
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Buchón de agua	Amazonia	8,07
Fabaceae	<i>Ulex europaeus</i>	Retamo espinoso	Europa	7,39
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i>	Elodea	Sur-Suramérica	6,97
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i>	Pasto enea	Europa	6,97
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	Rabo de zorro	Criptogénica	6,84
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Heno blanco	Europa y Asia	6,71
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto kikuyo	África	6,71
Fabaceae	<i>Teline monspessulana</i>	Retamo liso	Mediterráneo	6,56
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua	Criptogénica	6,34
Poaceae	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pasto anual	África	6,19

¹ Calificación de Riesgo de Invasión según: “Herramienta de análisis de riesgo de invasión y establecimiento de I3N” (Cárdenas *et al.* En prensa).

Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	África	6,19
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma	Criptogénica	6,06
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Yaraguá	África	6,06
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaraguá	África	6,06
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante	África	6,06
Acanthaceae	<i>Thunbergia alata</i>	Ojo de poeta	África	6,06
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i>	Braquiaria	África	6,06
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i>	Braquiaria	África	6,06
Lemnaceae	<i>Lemna aequinoctialis</i>	Lenteja de agua	Criptogénica	5,93
Lemnaceae	<i>Spirodela intermedia</i>	Lenteja de agua	Criptogénica	5,93
Davalliaceae	<i>Nephrolepis cordifolia</i>	Helecho	Criptogénica	5,87
Arecaceae	<i>Elaeis guineensis</i>	Palma Áfricana	África	5,82
Zingiberaceae	<i>Hedychium coronarium</i>	Ajenjibre	India	5,82
Mimosaceae	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia plateada	Australia	5,81
Pteridaceae	<i>Pteridium aquilinum</i>	Helecho marranero	Criptogénica	5,74
Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i>	Imperata verde	Sur-Suramerica	5,7
Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Pasto	Asia	5,7
Poaceae	<i>Urochloa maxima</i>	Braquiaria	África	5,7
Salviniaceae	<i>Salvinia molesta</i>		Criptogénica	5,69
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente león	Europa	5,63
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambu	Asia	5,52
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camandulensis</i>	Eucalipto	Tasmania	5,45
Pinaceae	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribea	Honduras y Nicaragua	5,45
Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Caña de castilla	Mediterraneo	5,35
Hydrocharitaceae	<i>Limnobium laevigatum</i>	Trebol acuatico	Norteamerica	5,24
Asclepiadaceae	<i>Calotropis procera</i>	Cojón de frayle	África y Asia	5,23
Salviniaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	Helecho de agua	Criptogénica	5,2
Poaceae	<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava	Criptogénica	5,19
Poaceae	<i>Guadua superba</i>	Bambu	Amazonia	5,16
Poaceae	<i>Guadua weberbaueri</i>	Bambu	Amazonia	5,16

Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	África	5,15
Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Centroamérica	5,03

Fuente: Cárdenas *et al.* En Prensa

5. Impacto de las Plantas Invasoras

Las especies invasoras son la causa principal de extinción de las aves del mundo y la segunda causa de extinción de peces de América del Norte peces y mamíferos (Clavero y García-Berthou 2005).

Las invasiones biológicas están produciendo un profundo impacto negativo en la diversidad biológica, tanto a escala local como global; sus impactos generados son inmensos, y generalmente irreversibles; a escala global, es posible que sean más perjudiciales para las especies y los ecosistemas que la pérdida y deterioro del hábitat.

Las especies invasoras afectan el funcionamiento y estructura de los ecosistemas, causando la pérdida de diversidad biológica en diferentes ecosistemas alrededor del mundo. Han perturbado ecosistemas de aguas continentales y marinas, tropicales; bosques boreales y templados; áreas urbanas; islas; praderas; y desiertos (UICN 1999).

La perturbación de los ecosistemas sucede a través de diferentes vías: Uso excesivo de recursos, promoción de la erosión o estabilización de la superficie, cambio en los regímenes de fuego y acumulación de nutrientes (Richardson *et al.* 2000); igualmente amenazan la biodiversidad nativa medianro procesos de hibridación. La falta de aislamiento reproductivo entre especies introducidas y especies nativas, puede causar contaminación y pérdida de diversidad genética, llevando finalmente a la extinción de las especies (Clavero y García-Berthou 2005).

Aunque, la extinción es a menudo el resultado final de las invasiones, hay otros impactos ecológicos y evolutivos de la homogeneización biótica que aún no son entendidos claramente. Por lo tanto la prevención y el principio de precaución son de especial importancia en el caso de las especies invasoras (Clavero y García-Berthou 2005).

6. Especies invasoras y el recurso hídrico

La creciente modificación de los ecosistemas de agua dulce por las actividades humanas, genera la disminución en la abundancia, biomasa y distribución espacial de

las poblaciones de especies nativas, seguida de la sustitución y rápida propagación de las especies invasoras (Holeck *et al.* 2004).

La introducción de especies acuáticas impulsada por el comercio de plantas de ornato para acuarios o como flora acompañante de peces, ha sido identificada como uno de los riesgos ambientales más críticos a los que actualmente se enfrentan las especies, los hábitats acuáticos y la biodiversidad en general (Hopkins 2001). Se asocia la extinción del 54% de los casos de la fauna acuática nativa mundial a las especies invasoras, así como el 70% de los peces de Norteamérica (Lassuy 2002) y del 60% de los peces mexicanos (Contreras-Balderas 1999).

Algunos ecosistemas acuáticos son ecológicamente comparables a los sistemas insulares desde el punto de vista de la evolución, la dispersión, la biogeografía y la eficacia de la erradicación funcionando como islas ecológicas (Ej: Lagos y Lagunas). Estas islas presentan menor diversidad de especies en comparación con otros sistemas continentales, por tanto tienen una menor protección de barreras bióticas, lo que a su vez facilita los procesos de naturalización e invasión de especies (Mack & Lonsdale 2002)

Igualmente, las especies invasoras acuáticas son un problema a lo largo de ríos y otros ecosistemas ribereños, ya que la sustitución de la vegetación nativa no sólo es problemática debido a la alta riqueza de especies presente en estos ecosistemas (Herrera y Dudley, 2003), sino también porque los hábitats ribereños son importantes corredores para invertebrados y vertebrados en paisajes de uso intensivo (Gerber *et al.* 2008).

Se considera que la presencia de algunas especies invasoras acuáticas podría ser un indicador del impacto ecológico dentro y entre diferentes niveles tróficos (Hall *et al.* 2006); pues las alteraciones en los procesos eco sistémicos por parte de las invasoras acuáticas involucran factores abióticos, cambios en la función/estructura de los ecosistemas, así como cambios en los procesos bióticos (Control de la producción y biomasa fitoplanctónica, competencia, predación y producción secundaria) (Sousa *et al.* 2008).

En Colombia 9 especies acuáticas se consideran invasoras (Tabla 8), algunas de ellas son la Elodea (*Egeria densa*) y el Buchón de agua (*Eichhornia crassipes*); que además es la especie con la mayor calificación de riesgo de invasión en Colombia según el listado de especies reportado por Cárdenas *et al.* En prensa.

Tabla 2. Especies acuáticas con Alto Riesgo de Invasión

Familia	Nombre científico	Nombre común	Calificación de riesgo de invasión
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i>	Buchón de agua	8,07
Hydrocharitaceae	<i>Egeria densa</i>	Elodea	6,97
Typhaceae	<i>Typha angustifolia</i>	Pasto enea	6,97
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i>	Lechuga de agua	6,34
Lemnaceae	<i>Lemna aequinoctialis</i>	Lenteja de agua	5,93
Lemnaceae	<i>Spirodela intermedia</i>	Lenteja de agua	5,93
Salviniaceae	<i>Salvinia molesta</i>	Lenteja de agua	5,69
Hydrocharitaceae	<i>Limnobium laevigatum</i>	Trebol acuático	5,24
Salviniaceae	<i>Azolla filiculoides</i>	Helecho de agua	5,2

6.1. Impacto de las plantas invasoras en el recurso hídrico

Las especies invasoras tienen diferentes impactos en los sistemas acuáticos a nivel ecológico, genético, social, económico y en la salud; por lo general son impredecibles y ocasionalmente resultan en daños irreversibles (Sousa *et al.* 2008).

Algunos de los principales problemas económicos causados por las invasiones de plantas acuáticas son la limitación de la actividad pesquera y recreativa, la obstrucción de canales de riego y de tomas en plantas hidroeléctricas y la operación de obras hidráulicas (Mifsut y Martínez 2007).

Ecológicamente las plantas invasoras pueden afectar los ecosistemas acuáticos a través de la pérdida de agua por evapotranspiración; provocan el estancamiento de agua disminuyendo el oxígeno disuelto, lo que a su vez genera la muerte de diferentes especies de fauna y flora (Mifsut y Martínez 2007) causando finalmente la eutrofización del ecosistema.

A su vez las plantas invasoras acuáticas afectan las especies nativas mediante diferentes mecanismos: Hibridación, competencia por alimento y espacio, depredación, transferencia de patógenos e introducción de parásitos y enfermedades, alteración del hábitat, desplazamiento, alteración de la estructura de los niveles tróficos. Igualmente pueden modificar los ciclos de los nutrientes de manera, que las especies nativas de la comunidad se ven afectadas indirectamente por la disminución en la abundancia de las macrófitas (Bhaskar y Pederson 2002).

Además de los problemas económicos y ecológicos causados por la proliferación de invasoras acuáticas existen impactos negativos en la salud humana, ya que constituyen el hábitat para el desarrollo de organismos vectores de enfermedades

como la malaria, el dengue, el paludismo y la fiebre amarilla, entre otras (Hernández y Pérez 1995).

7. Especies invasoras en sistemas agrosilvopastoriles

La agricultura cubre más de un tercio de la superficie total terrestre del planeta, es el mayor ecosistema antrópico (Zhang *et al.* 2006), y genera a su vez los mayores flujos de especies entre diferentes áreas geográficas en el mundo. En Colombia la agricultura ocupa el 44% del área planimetrada nacional, satisface gran parte de la demanda alimenticia de la nación y provee materias primas para una diversidad de industrias (harinas, chocolate, confitería, concentrados, pulpas, aceites, tabaco, textil, lácteos), tiene una importante participación en los mercados internacionales de café, banano, azúcar y aceite de palma (DANE 2009).

Sin embargo las especies invasoras causan de 55 billones a 248 billones por año en pérdidas en la agricultura mundial. En los sistemas de cultivo, muchas especies de plantas introducidas intencionalmente se han convertido en invasoras., las cuales han sido introducidas accidentalmente con semillas de cultivos, o a partir de diversos materiales vegetales importados (Pimentel *et al.* 2005).

Dentro de los cultivos de producción maderera, muchos árboles no-nativos son sembrados en plantaciones, a menudo, de grandes dimensiones, con el alto riesgo de establecerse y propagarse en los hábitats naturales, desplazando a la vegetación nativa. Por ejemplo, en Sudáfrica, las especies de Pinus, Acacia y Eucalipto son la base de una industria importante y lucrativa, pero también son una amenaza sustancial para las áreas de conservación más importantes y para los suministros escasos de agua del país (Wittenberg y Cock 2001).

Existen diferentes tipos relaciones interespecíficas entre las especies introducidas para cultivo y las especies nativas de los ecosistemas a los que son transportadas. Hay algunas “plantas invasoras en ecosistemas naturales pero de alta importancia económica”, entre ellas se resalta la presencia de la Palma Africana (*Elaeis guineensis*), el Eucalipto (*Eucalyptus camandulensis*) y el pino caribaea (*Pinus caribaea*) (Tabla 9).

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de uso	Calificación de riesgo de invasión
---------	-------------------	--------------	-------------	------------------------------------

Areaceae	<i>Elaeis guineensis</i>	Palma Africana	Industrial	5,82
Mimosaceae	<i>Acacia decurrens</i>	Acacia plateada	Maderable	5,81
Myrtaceae	<i>Eucalyptus camandulensis</i>	Eucalipto	Maderable	5,45
Pinaceae	<i>Pinus caribaea</i>	Pino caribea	Maderable	5,45
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerillo	Industrial	5,15

Tabla 3. Plantas invasoras cultivadas de importancia Económica

Se reconoce principalmente de acuerdo al listado de Cárdenas *et al.* en prensa, la presencia del ajenibre (*Hedychium coronarium*) y del diente de león (*Taraxacum officinale*) como plantas invasoras en cultivos.

7.1. Impacto de las plantas invasoras en la agricultura

Las malezas son plantas indeseables o no útiles en un lugar determinado, compiten ventajosamente por recursos como agua, luz y nutrientes y en muchos casos producen alelo químicos que inhiben la germinación, el crecimiento y rendimiento de plantas utilizadas en la agricultura, causando así una pérdida directa en la productividad del cultivo (DeLoach 1989). La producción de alimentos se ve directamente afectada por las invasiones, comprometiendo a su vez los productos de importancia alimenticia nativa en una región; de esta manera un sistema agrícola enmalezado, tiene una menor productividad que aquel que está libre de malezas.

Las pérdidas económicas causadas por las malezas en cultivos impiden la autosuficiencia agrícola y el desarrollo de un país, por ejemplo en los Estados Unidos el 75% de las pérdidas en el sector agrícola es causado por las plantas invasoras en cultivos (Bridges 1994). Se estima que las especies invasoras generan un costo estimado del 53% del producto interno bruto (PIB) agrícola en Estados Unidos, 31 % en el Reino Unido, 48% en Australia, 96% en Sudáfrica, 78% en India y 112% en Brasil (Ceddia *et al.* 2008).

Las plantas invasoras además de afectar la calidad de las cosechas, deprecian las tierras, aumentan costos de producción y como hospederas promueven el ataque de insectos plaga, nemátodos y patógenos aumentando el riesgo de afectación de las cosechas por plagas de cultivo. En áreas no agrícolas algunas invasoras de cultivos afectan la salud humana y de los animales, obstruyen canales de riego y drenaje, reservorios de agua, vías de comunicación (DeLoach 1989).

7.2 Impacto de las plantas invasoras en la Ganadería

En el trópico los niveles de productividad animal (carne, leche) son inferiores a los obtenidos en pasturas de zonas templadas. Esto se debe en gran medida a que la estructura de la pastura tropical ofrece una densidad menor de hojas verdes que

afecta la eficiencia de cosecha por parte del animal ocasionando menor consumo de proteína y energía digestible. Otros factores que disminuyen la eficiencia del pastoreo en el trópico son las altas temperaturas y la humedad ambiental que obligan a restringir el consumo durante las horas más calientes del día y aumentar el pastoreo nocturno, que generalmente es insuficiente forraje disponible para compensar el menor tiempo de pastoreo diurno (Faría-Marmol 2006).

La ganadería mestiza de doble propósito ha venido desarrollándose teniendo como base de su alimentación el uso de pastos cultivados constituidos fundamentalmente por especies forrajeras gramíneas de origen africano, que han mostrado una excelente adaptación a las condiciones de clima y suelo predominantes en el trópico. Estas especies tienen en general una alta capacidad fotosintética que le permite producir grandes cantidades de biomasa y las hace más eficientes que las gramíneas tropicales (Faría-Marmol 2006).

Las plantas forrajeras tienen a su vez algunas características favorables como facilidad y agresividad de establecimiento, tolerancia al régimen de humedad del suelo (encharcamiento, sequía), fertilidad, resistencia a plagas y enfermedades, altos rendimientos, alta producción de semillas y adecuado valor nutritivo (Faría- Marmol 2005).

Estas características las hacen más resistentes que las plantas nativas y pueden ocasionar daños en los ecosistemas, como la alteración química del suelo generalmente por sus compuestos alelopáticos, que a su vez inhiben el crecimiento de especies nativas o deseadas. Además algunas especies de poáceas tienen una densa producción de paja (Daehler 1998) por lo que alteran los regímenes naturales de fuego.

Por otra parte un alto porcentaje de las plantas con Alto Riesgo de Invasión en Colombia son gramíneas introducidas en el país como forraje (Tabla 10). Se explica el alto potencial invasor de estas especies forrajeras por el rápido crecimiento vegetativo, las altas densidades, su polinización es abiótica, producen un gran número de semillas pequeñas que se dispersan fácilmente, tienen un ciclo de vida anual y la fotosíntesis se ve favorecida en áreas abiertas expuestas al sol (Myers y Bazely 2003).

Como caso particular, se tiene en cuenta el helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) el cual ha sido introducido en Colombia de manera involuntaria pero es considerado como una de las peores invasoras a nivel mundial. De acuerdo a la Herramienta de I3N la especie tiene una calificación de riesgo de invasión Alto (5.74 de 10).

El helecho *Pteridium aquilinum* crece en todas las regiones desde el sub-ártico hasta el sur de África y América. En el trópico crece en las tierras montañosas templadas intervenidas por la actividad humana, apareciendo generalmente luego de talas o incendios, afectando diferentes tipos de sistemas agrosilvopastoriles. La planta contiene varios componentes tóxicos que afectan el ganado de forma dramática, generándoles parálisis, degeneración renal y hepática, hemorragias a lo largo del tubo

digestivo y cáncer entre otros. También ocasiona ceguera permanente en caprinos. Algunos de sus efectos pueden ser transmitidos al ser humano a través de la leche de animales expuestos al helecho, pues se ha podido demostrar que la leche contiene el carcinógeno de Pteridium: ptaquilósido. (Alonso-Amelot 1999).

Tabla 4. Especies forrajeras con Alto Riesgo de invasión

Familia	Nombre científico	Nombre común	Calificación de riesgo de invasión
Poaceae	<i>Andropogon bicornis</i>	Rabo de zorro	6,84
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Heno blanco	6,71
Poaceae	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto kikuyo	6,71
Poaceae	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	Pasto anual	6,19
Poaceae	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Pasto estrella	6,19
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	Gramma	6,06
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i>	Yaraguá	6,06
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Yaraguá	6,06
Poaceae	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante	6,06
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i>	Braquiaria	6,06
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i>	Braquiaria	6,06
Poaceae	<i>Imperata brasiliensis</i>	Imperata verde	5,7
Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i>	Caminadora	5,7
Poaceae	<i>Urochloa maxima</i>	Braquiaria	5,7
Poaceae	<i>Bambusa vulgaris</i>	Bambú	5,52
Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Caña de castilla	5,35
Poaceae	<i>Gynerium sagittatum</i>	Caña brava	5,19
Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	5,03

8. Priorización de Especies para Desarrollar Estudios de Caso

Para la evaluación del impacto económico de las plantas invasoras en Colombia, se propone la selección de algunas especies de interés para los sectores: 1. Ganadería 2. Recurso Hídrico y 3. Agricultura, para éste último sector se propone un análisis para a) Aquellas plantas invasoras de ecosistemas naturales pero de ALTA IMPORTANCIA ECONÓMICA y para b) Aquellas invasoras de cultivo que afectan los productos de importancia alimenticia nativa.

Tabla 5: Priorización de especies.

Sector	Nombre científico	Nombre común	Familia	Calificación de riesgo de invasión
Ganadería	<i>Pteridium</i>	Helecho	Pteridaceae	5,74

	<i>aquilinum</i>	marranero		
Recurso Hídrico	<i>Eichhornia crassipes</i>	Buchón de agua	Pontederiaceae	6,97
Agricultura: Productos de importancia alimenticia nativa	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Pasto Kikuyo	Poaceae	6.71
Agricultura: Importancia económica	<i>Elaeis guineensis</i>	Palma Áfricana	Arecaceae	5,82

Fuente: Propuesto por los Autores.

Para la priorización de las especies, se tuvieron en cuenta según los siguientes criterios:

- Especies con mayor calificación de Riesgo de invasión según la Herramienta de análisis de riesgo y establecimiento de I3N dentro de cada sector de interés.
- Especies con mayor desarrollo de información en el país, pues de esta manera es posible hacer un análisis con las variables requeridas por las metodologías seleccionadas para la evaluación de impacto económico.

Los estudios de casos, permiten el desarrollo detallado de la situación de algunas plantas invasoras en Colombia, teniendo en cuenta sus impactos en los sectores productivos y en los diferentes bienes y servicios ecosistémicos, que finalmente permiten establecer los lineamientos para futuras evaluaciones de impacto de otros grupos taxonómicos en el país. A su vez permite generar elementos de peso para la toma de decisiones adecuadas en el control y manejo de las invasiones biológicas.

9. Programas de control y manejo de plantas invasoras en sectores productivos y sus costos económicos.

En Colombia al igual que en toda Suramérica el tema del control de especies invasoras no está recibiendo la debida atención. Ziller (2005), menciona la importancia de controlar las especies invasoras en Suramérica debido fundamentalmente a que en esta zona se tiene el 20% de las especies del planeta y la mayor proporción de hábitat natural que queda en el mundo.

Al respecto, el Programa Mundial sobre Especies Invasoras del GISP en 2005 publica un documento en el que destaca seis grupos de especies invasoras que merecen especial atención en cuanto a su control:

Grupo 1: árboles [pinos, acacias, cinamomo o paraíso, árbol de las pasas o uvenia, níspero de Japón, palma aceitera africana, tamarisco, prosopis, laucaena o lino criollo].

Grupo 2: arbustos [ricino, ligustros, zarzamoras, madreselva, rosas trepadoras, retamas, tojo].

Grupo 3: gramíneas invasoras.

Grupo 4: animales [ratas, castor, visón, rata almizclera, conejo europeo, liebre europea, mangosta de la india o mangosta de Java, ciervo rojo, cerdos cimarrones y jabalí, animales asilvestrados en las Galápagos, gorrión, palomas, estornino pinto, cotorra verde, codorniz de California, tortuga de orejas rojas, lagarto overo, caracol africano gigante, hormiga leona, hormiga colorada, abeja africanizada, avispa germánica o chaqueta amarilla].

Grupo 5: invasoras acuáticas [agua de lastre, mejillón dorado, almeja asiática, wakame, rana toro, rana de uñas africana, carpa, tilapia, salmónidos, gambusia].

Grupo 6: plagas de insectos [broca del café, picudo algodonero, cochinilla acanalada, avispa barrenadora de los pinos, carpocapsa].

En este estudio también se hace especial énfasis en las siguientes especies invasoras en Suramérica: camalote o jacinto acuático, lagunilla, cepú o verdolin, cromolaena, lantana, árbol de la pimienta de Brasil, coipo o nutria, pez gato, sapo gigante o marino, caracol manzana dorado o ampularia, hormiga Argentina, acaro verde de la yuca, barrenador mayor de los granos, minadoras de hojas.

Para el correcto control de estas especies se recomienda:

- Seguir procesos de evaluación de riesgos que incluyan factores medio ambientales.
- Establecimiento de sistemas de prevención eficientes.
- Desarrollo de una capacidad de respuesta rápida en cuanto se haya detectado la especie invasora.
- Creación de marcos legales en los que se haga frente adecuadamente a distintas especies en sistemas naturales y en sistemas de producción.
- Colaboración de la ciudadanía para que no lleven plantas y semillas de un sitio a otro, que no cultiven especies invasoras, que no liberen sus mascotas al campo.
- A los productores se les recomienda controlar de manera eficiente las especies invasoras que cultivan y que trabajen en la búsqueda de alternativas de producción compatibles sustentables en el largo plazo.
- Por último, a los gobiernos de la región se les recomienda formular políticas de control y gestionar programas de conservación más eficaces en términos del control de las especies invasoras.

En la siguiente sub sección se presenta una descripción de los problemas de manejo y control de especies invasoras para el caso de especies invasoras vegetales.

9.1. Programas de Manejo y Control de Especies Invasoras

VanDriesche (2007), cita que la primera respuesta a la crisis de especies invasoras debería ser disminuir la tasa de invasión, implementando políticas y prácticas que apunten a la prevención. Sin embargo, la prevención a veces falla, por lo que es importante el monitoreo para detectar a los invasores recientemente establecidos. La detección temprana puede hacer posible la erradicación. Si la prevención y la erradicación fallan, serán necesarios controles activos que incluyan (1) el manejo del habitat, (2) plaguicidas, (3) herramientas mecánicas, y (4) el control biológico. Varios factores determinan qué opciones son mejores para casos particulares, incluyendo la extensión de tierra infestada, el costo de control y si la necesidad de supresión es temporal o permanente. Si la meta es suprimir permanentemente una especie invasora en todo el terreno, el control biológico es el método más práctico. En campos de agricultores o en pequeñas reservas naturales, el control mecánico o químico puede ser factible.

VanDriesche (2007), la prevención empieza con políticas firmes que minimicen el riesgo de invasión. La predicción de cuáles especies es posible que se transformen en invasores dañinos es un valioso primer paso. Esto requiere un amplio conocimiento de la taxonomía y biología de varios grupos de organismos e información específica acerca de la capacidad invasora de una especie en particular en otras regiones. Para las especies pronosticadas para convertirse en invasoras, el riesgo de introducción puede ser determinado por el análisis de la ruta de invasión, el estudio de cómo invasores específicos se mueven geográficamente. Si se comprenden los procesos de vectores potenciales clave, los métodos para limitar las introducciones no deseadas pueden ser concebidos. Cuando el riesgo de un proceso es muy bajo, puede ser más efectivo poner un impuesto a las actividades que diseminan vectores más bien que prohibirlas y usar las ganancias para erradicar o controlar las invasiones que ocurran (Hayes, 1998 citando por VanDriesche, 2007).

La prevención debe tener en cuenta:

Predicción: Las características del ciclo vital de una especie y el grado de su capacidad invasora en otras partes son indicativos de su potencial para futuras invasiones. Se necesita que los gobiernos usen más esta información. Varios principios pueden guiar el proceso.

- ✓ **Aplicación de Estándares:** Los riesgos asociados con las introducciones de plantas exóticas históricamente han sido sustancialmente subestimados y, en la mayoría de los países, hay relativamente poco énfasis en la determinación del potencial invasor al introducir nuevas especies de plantas. Por el contrario, la mayoría de la gente asume que las introducciones de insectos, aún los de agentes para el control biológico, serán dañinas. Diferentes grupos de

organismos son regulados, si es que lo están, bajo diferentes leyes para distintos propósitos. Las introducciones de plantas son reguladas principalmente para evitar la introducción de insectos y fitopatógenos. En los Estados Unidos (y en la mayoría de los demás países), se asume que las plantas no conllevan riesgos, a menos que estén en una diminuta lista de invasoras nocivas. Esto ocurre, en parte, porque la gente disfruta de las plantas y asume que son benéficas. También puede reflejar el desgano de los gobiernos en interferir con el comercio de plantas exóticas. Pocos países, entre ellos Australia y Nueva Zelanda, requieren de un análisis, antes de la introducción, del potencial de nuevas plantas que pueden volverse invasoras, VanDriesche (2007).

- ✓ Considerar Experiencias Anteriores: Las especies que son invasoras en cualquier parte son más probables de volverse plagas si son introducidas a nuevas regiones con climas similares (NRC, 2002). Partes de Sudáfrica, Australia, Chile, California y la zona que rodea al Mediterráneo, tienen climas similares. Por tanto, debería asumirse que una especie invasora en uno de estos lugares es un riesgo también para los otros. Por ejemplo, la planta europea *Hypericum perforatum* L. se ha vuelto una plaga invasora en Australia, California, Sudáfrica, Chile, Nueva Zelanda y Hawaii (Julien y Griffiths, 1998) – todas estas regiones tienen áreas con clima mediterráneo, VanDriesche (2007).
- ✓ Estudiar el Potencial Invasor: Si el valor económico de un grupo de plantas es alto, deberían determinarse los potenciales invasores de especies individuales de ese grupo. Tal conocimiento detallado puede conducir a que los beneficios de un grupo sean disfrutados mientras que se evitan algunos riesgos, a través del uso preferente de las especies menos invasoras. Por ejemplo, los pinos exóticos son importantes para las plantaciones forestales en el hemisferio sur porque hay pocas coníferas nativas con propiedades comerciales, VanDriesche (2007).
- ✓ Evitar Especies con Ventaja Estructural: Algunos tipos de organismos es más probable que sean altamente dañinos o imposibles de controlar y estas especies necesitan ser reconocidas y evitadas escrupulosamente. Entre ellas están las enredaderas, plantas acuáticas flotantes, pastos y fitopatógenos. Hay muchos ejemplos de invasores dañinos en estos grupos (enredaderas: dulceácida asiática *Celastrus orbiculatus* Thunb.; enredadera zorrillo *Paederia foetida* L.; helecho trepador del Viejo Mundo *Lygodium microphyllum* (Cav.) R. Br.; kudzu *Pueraria montana* (Lour) Merr. var. *lobata* (Willd.) Maesen & Almeida; plantas flotantes: lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms.; salvinia gigante *Salvinia molesta* D. S. Mitchell; helecho acuático rojo *Azolla filiculoides* Lamarck; lechuga de agua *Pistia stratiotes* L.; hierba del caimán *Alternanthera philoxeroides* (Mart.) Griseb.). La habilidad de estas plantas para flotar sobre el agua o para trepar en árboles nativos les permite ganar el acceso a la luz, favoreciéndolas en su competencia con las plantas nativas, VanDriesche (2007).
- ✓ Grupos como los pastos y los fitopatógenos son de especial preocupación porque parece que nada puede hacerse con ellos, si se transforman en

invasores dañinos. No existen ejemplos de control biológico exitoso de pastos, aunque han habido algunos intentos contra unas pocas especies. Similarmente, debería haber mucha preocupación acerca de los fitopatógenos invasores por las enfermedades que causan (p. ej., la marchitez del castaño debida a *Cryphonectria parasitica* (Murr.) Barr.; la antracnosis del cornejo por *Discula destructiva* Redlin; el cáncer del nogal por *Sirococcus clavigignenti-juglandacearum* Nair, Kostichka, & Kuntz; y la enfermedad del olmo holandés por *Ophiostoma ulmi* (Buisn.) Nannf.), las que han diezmando importantes árboles de bosque en Norteamérica; el control biológico clásico no puede controlar dichas plagas, VanDriesche (2007).

- ✓ Análisis de Ruta: Los esfuerzos de prevención pueden ser más eficientes si se enfocan en los procesos de los vectores, más bien que en especies particulares. Las plantas, suelo, agua de lastre, el casco de los barcos y el material de empaque de madera, son medios importantes para movilizar algunas especies invasoras, VanDriesche (2007).
- ✓ Erradicación Basada en la Detección Temprana: Cuando la prevención falla, las especies invasoras arriban a nuevas localidades. La inspección de cargamentos en las fronteras internacionales ofrece una oportunidad de interceptar y excluir las plagas que están arribando. Sin embargo, las oportunidades de detección exitosa son bajas porque se inspecciona menos del 5% de los productos. Cuando la detección falla, los invasores se pueden establecer. Si se encuentran pronto poblaciones incipientes, la erradicación debería intentarse para las especies altamente dañinas, usando métodos químicos o mecánicos, VanDriesche (2007).
- ✓ Invasores no dañinos: La mayoría de las especies invasoras no se convierten en plagas. Si las especies no nativas no son importantes económicamente y no afectan fuertemente a especies o comunidades nativas deberían ser ignoradas, aún cuando algunos conservacionistas las encuentren objetables en principio, como contaminantes biológicos, VanDriesche (2007).
- ✓ Control de Plagas Invasoras en áreas Naturales: Para los invasores de alto impacto en áreas naturales, las opciones de control incluyen el manejo del habitat, control químico y mecánico, y la introducción de enemigos naturales. Cada método tiene ventajas y desventajas que deberían ser consideradas cuando se escoja el mejor enfoque para problemas particulares. A veces, el enfoque químico o mecánico puede combinarse con programas de control biológico, especialmente contra plantas leñosas de larga vida, VanDriesche (2007).
- ✓ Manejo del Hábitat: El mal manejo de la tierra o el agua a veces puede causar que proliferen plantas o insectos exóticos. El resolver esos problemas inicia con el mejoramiento de las prácticas básicas de manejo. El sobrepastoreo, por ejemplo, puede ser una ventaja competitiva en especies exóticas no comestibles, causando su incremento. Si ésta es la causa básica de un problema de planta invasora, el alterar su régimen de pastoreo, no el uso del control biológico, debería ser lo que se considere primero, VanDriesche (2007).

9.1.1. Controles de Invasoras en Cultivos

Los controles mecánicos y químicos trabajan bien en la supresión temporal, aún a veces en la erradicación, de muchas plantas invasoras, especialmente de las más grandes que están en un área limitada, VanDriesche (2007).

Los controles químicos y mecánicos pueden ser implementados cuando y donde se necesiten, siendo ideales para el control de invasoras en reservas pequeñas, donde plantas de flor u otras especies únicas necesitan ser protegidas rápidamente en un área limitada. Los problemas potenciales en el manejo de áreas tratadas incluyen si la maleza invasora volverá a crecer después del tratamiento y, si así es, qué tan rápido; si las áreas tratadas serán invadidas por nuevas invasoras ; si emergerá vegetación nativa competitiva, y cómo será afectada esta competencia por otros factores, como la remoción de vertebrados exóticos, VanDriesche (2007).

Si existe una posibilidad para el control químico o mecánico contra una plaga, necesita ser determinado de acuerdo a cada caso, tomando en cuenta las metas del manejo, recursos disponibles y la biología de la planta (ver Cronk y Fuller, 1995 y Myers y Bazely, 2003 citados en, VanDriesche 2007). Algunos grupos de plantas como los pastos o las plantas con sistema radicular profundo o persistente, o las que son aptas para regenerarse a partir de fragmentos, serán especialmente difíciles de controlar y pueden no ser objetivos adecuados, VanDriesche (2007).

9. 1.2. Controles del Buchón de Agua

Control Químico

En el caso de infestaciones severas, los herbicidas acuáticos son un método ágil y efectivo para manejar el jacinto de agua. Hay tres herbicidas comúnmente usados como herbicidas acuáticos: 2,4-D (2,4-dichlorophenoxy), diquat (6,7-dihydrodipyridol [1,2 alfa:2',1'-c] pyrazinediumion y glifosato (isopropilamine salt of N-phosphonomethyl glycine). Para su uso es necesario contar con la aprobación de las agencias de protección vegetal y deben ser aplicados estrictamente por técnicos especialmente entrenados, Martínez (2010).

La formulación del 2,4-D incluye la forma de éster granular (butoxyathylester: BEE) para usar en invasoras sumergidas y la formulación líquida dimethylamina (DMA) para invasoras emergidas como el jacinto de agua. El 2,4-D es un herbicida sistémico; es fácilmente traslocado del follaje a las raíces e inhibe o estimula la división celular de los nuevos tejidos resultando en una inhibición del crecimiento, necrosis del crecimiento apical y eventualmente disrupción de las células y muerte de la planta. El control se lleva a cabo aproximadamente dos semanas más tarde, Martínez (2010).

Las formulaciones de diquat, para un uso adecuado sobre invasoras acuáticas macrófitas son sales líquidas de bromide. Diquat es rápidamente absorbido por el follaje (1-2 horas) causando una rápida inactivación de las células y las funciones celulares por medio de la liberación de oxidantes, Martínez (2010).

El glifosato es un herbicida sistémico no selectivo que se absorbe rápidamente por las hojas y a través del simplasto. Todas las plantas pueden ser eliminadas después de tres semanas (Gutiérrez *et al.* 1996). El glifosato tiene una baja toxicidad y una rápida descomposición en el agua, Martínez (2010).

Las aplicaciones de herbicida son *por lo general* menos costosas que el control mecánico pero deben ser repetidas anualmente debido al hecho que una vez que se han removido las plantas la penetración de la luz aumenta, favoreciendo la germinación de las semillas del jacinto de agua y con ello la consecuente reinfestación. Además, es necesario considerar debidamente los problemas de la salud humana y ambiental cuando se aplican herbicidas a las fuentes de agua, especialmente de agua potable. Por lo tanto, el problema principal es el uso de un agente humectante y penetrante necesario para incrementar la efectividad de los herbicidas, Martínez (2010).

Control Mecánico

El control mecánico usando una cortadora o una trituradora no es recomendable ya que la fragmentación puede acelerar la difusión de las plantas y así agravar el problema. Las cosechadoras mecánicas pueden remover las plantas y prevenir el rebrote. Existen varios fabricantes de equipos de cosecha de plantas acuáticas pero en todos los casos el concepto del diseño es similar: cuchillas rotativas, recolectoras de vegetación y transportadoras hacia la orilla. El alto costo (\$EE.UU. 60 000-200 000) y su eficiencia con una lenta tasa de remoción (una máquina con depósito grande, en condiciones ideales, cosecha 0,5-1 ha/día), la fragmentación (que puede acelerar la subida de las semillas a la superficie) y la liberación de hidrocarburos contaminantes (no evaluados) serán muy costosos, y en algunos casos problemas perpetuos, Martínez (2010).

Control Biológico

El control biológico se basa en el uso de enemigos naturales de la maleza que limitan su desarrollo (Deloach *et al.*, 1989 citado en Martínez 2010). El control biológico del jacinto de agua comenzó en la década de 1960 y produjo las estrategias clásicas de control que comprenden la importación de enemigos naturales de las zonas de origen de la maleza. El control biológico requiere tiempo para la evaluación de su impacto, pero una vez que se ha establecido las poblaciones permanecen en el lugar y de esta manera el costo a largo plazo del manejo de la maleza es más bajo que con otras medidas de control; además, es más respetuoso del ambiente.

La investigación sobre el uso de agentes biológicos para el control del jacinto de agua incluye artrópodos y patógenos. En el caso de los artrópodos, se han encontrado unos pocos insectos que reducen el crecimiento del jacinto de agua en forma significativa. Sólo las siguientes especies se han considerado de interés para introducir en otros países:

- ✓ El ácaro *Orthogalumna terebrantis* Wallwork (Bennet, 1981) citado en Martínez 2010; las polillas *Acigona infusella* Walker (Deloach *et al.*, 1980) y *Samoedes albiguttalis* (Warren) (Deloach y Cordo, 1978) citado en Martínez 2010;
- ✓ El miridio *Eccritotarsus catarinensis* Carvalho (Hill *et al.*, 1999) citado en Martínez 2010;
- ✓ Los gorgojos *Neochetina eichhorniae* Warner y *Neochetina bruchi* Hustache (Deloach y Cordo, 1976a,b; Center *et al.*, 1982) citado en Martínez 2010.

Estas dos últimas especies son los agentes que han dado los mejores resultados cuando se utilizaron dentro de un programa de control integrado (Cofrancesco *et al.*, 1985 citado en Martínez 2010). Sin embargo, su impacto ha sido variable. Solo en unos pocos casos se ha informado de resultados exitosos con la utilización de insectos (Deloach y Cordo, 1983; Cilliers, 1991; Van Thielen *et al.*, 1994 citados en Martínez 2010).

La eficacia de estos artrópodos no alcanzó el nivel esperado a causa de los siguientes factores:

Aplicación imprudente de herbicidas.

En el caso de *S. albiguttalis* son necesarias plantas jóvenes en crecimiento activo para su buen establecimiento.

En el caso de *Neochetina sp.* La calidad de las plantas podría tener influencia sobre la abundancia de *Neochetina* (Center y Dray 1992; Center y Wright 1991); las poblaciones de gorgojos se incrementan lentamente y, por lo tanto, su densidad es muy baja para un control satisfactorio (Perkins 1978). Además, estos insectos tienen ciclos biológicos relativamente largos (66-75 días para *N. bruchi* y 96-120 días para *N. eichhorniae*). El aumento de la población es lento comparado con la rápida tasa de crecimiento de la maleza (una planta se reproduce cada 7-10 días), por lo tanto, la reproducción de la planta es mucho más rápida que el daño causado por los gorgojos (Martínez *et al.* 2001).

En el caso de *E. catarinensis* y *O. terebrantis* estos insectos han sido liberados en pocos países; además, se ha observado que causan un menor impacto (Julien y Griffiths 1998 citado en Martínez 2010).

Alta incidencia de enfermedades sobre los insectos (Cordo 1996 citado en Martínez 2010).

Además de las dificultades relacionadas con el establecimiento de los insectos, el jacinto de agua continúa siendo una especie candidata para un control biológico exitoso, para lo cual se debe tomar en consideración lo siguiente:

- a) controlar las posibles enfermedades de los insectos antes y después de su liberación;
- b) determinar su capacidad reproductiva;
- c) mantener una liberación continua de insectos;
- d) liberar nuevos ecotipos de insectos;
- e) interpretar los factores que afectan la población de insectos que regulan y mantienen poblaciones de una consistencia importante.

A causa de la capacidad reproductiva y el rápido crecimiento del jacinto de agua ha sido necesario utilizar un conjunto de agentes de biocontrol para incrementar el estrés biótico y así reducir el resurgimiento de la población. Entre los enemigos naturales del jacinto de agua se encuentran los patógenos vegetales que pueden ser útiles, como bioherbicidas en un programa de control integrado, ya que a menudo son específicos del hospedante, sin riesgo para los cultivos, las plantas nativas o los animales; son de fácil propagación y se diseminan y se automantienen reduciendo de esta manera la necesidad de reiterar las aplicaciones. Sin embargo, tal como ocurre con otros bioplaguicidas, los herbicidas microbianos son inactivados en el ambiente por la exposición a altas temperaturas, baja humedad y radiaciones ultravioletas. De hecho, el principal problema de los bioplaguicidas es su producción en gran escala en una formulación que permita su aplicación exitosa en el campo, Martínez (2010).

Los hongos son los patógenos vegetales naturales más importantes. Muchos hongos patógenos han sido citados en la literatura como agentes potenciales para el biocontrol del jacinto de agua. Entre los mismos se encuentran *Cercospora piaropi* (*C. rodmanii*), *Acremonium zonatum*, *Alternaria eichhorniae*, *Myrothecium roridum*, *Rhizoctonia solani* y *Uredo eichhorniae*, citados en Martínez (2010).

A. Eichhorniae y *C. Piaropi* han sido estudiados por su biología, potencial de biocontrol, especificidad del hospedante y han sido probados en condiciones experimentales (Conway y Freeman, 1977; Freeman y Charudattan, 1984; Martínez y Charudattan, 1998; Martínez y Gutiérrez, 2001; Shabana, 1997; Shabana *et al.*, 1997 citados en Martínez (2010)). Los resultados indican que el daño producido por los hongos es reforzado cuando se usan en combinación con insectos (Charudattan, 1996; Galbraith, 1987; Martyn, 1985; Freeman y Charaduttan, 1984 citados en Martínez (2010)). Sin embargo, no existen bioherbicidas comerciales para su aplicación en el control del jacinto de agua.

El control biológico reduce el vigor de la maleza cuando es combinado con las condiciones ambientales, la fenología de la planta y el uso integrado de otras opciones

de manejo. El sólo uso del agente de biocontrol no asegura por sí mismo el éxito del control. El biocontrol del jacinto de agua debería formar parte de un programa de control integrado que incluya visitas técnicas en el momento adecuado para evaluar el progreso realizado. En el caso de una infestación severa puede ser necesaria una cobertura amplia con la aplicación de varias técnicas como el control químico y/o mecánico. Una vez que la infestación ha sido reducida a un nivel tal que facilita su manejo, los agentes de biocontrol deberían ser liberados en un área segura. Para determinar el impacto de los agentes de biocontrol sobre la maleza, antes y después del establecimiento de los organismos, es necesario hacer una evaluación de la biomasa y de la densidad de las plantas (peso fresco y número de individuos por unidad de superficie). El número de puntos de muestreo se basa en el tamaño del cuerpo de agua y los parámetros que se evalúan son: peso fresco (kg), número de plantas, número de plantas hijas, número de flores, número de hojas por planta, tamaño de la planta (cm), número de insectos (adultos, larvas, pupas) y severidad e incidencia de la enfermedad en el caso de patógenos, Martínez (2010).

9.1.3. Controles de Insectos y vertebrados

Los insectos que infestan grandes áreas naturales rara vez pueden ser erradicados por medios mecánicos o químicos. Sin embargo, a veces es posible la supresión. Se han usado trampas para suprimir las abejas mieleras africanizadas a lo largo de la línea frontal de su invasión a los Estados Unidos desde México, y aspersiones de cebos junto con liberaciones de machos estériles contra la mosca de la fruta del Mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann) en California (Anon, 1988; Carey, 1992 citados en VanDriesche 2007). Pequeñas infestaciones de la polilla gitana *Lymantria dispar* (L.) en el oeste de los Estados Unidos han sido erradicadas con tratamiento aéreo de plaguicidas en los bosques infestados, con reguladores del crecimiento de insectos o con *Bacillus thuringiensis* Berliner (Dreistadt and Dahlsten, 1989). Cebos Amdro® (hidrametilnona) fueron usados exitosamente en las Galápagos para eliminar a la hormiga de fuego pequeña (*Wasmania auropunctata* Roger) de la Isla Marchena (21 hectáreas) (Causton *et al.*, 2005 citados en VanDriesche 2007).

Cebos envenenados, trampas, cercas y armas de fuego pueden ser usados para suprimir o erradicar mamíferos u otros vertebrados invasores. Dentro de reservas naturales cercadas, los mamíferos grandes pueden ser erradicados, como por ejemplo, la remoción de cerdos dentro de reservas de aves en los bosques de Hawaii. En islas pequeñas, se han usados venenos para remover gatos, ratas, ratones y conejos. Round Island, en el Océano Índico, fue un bosque tropical exuberante que fue degradado a pendientes áridas con sólo vestigios de vegetación, después de la introducción de cabras y conejos. Se logró restauración parcial con el uso de cebos envenenados contra los conejos (North *et al.*, 1994) y matando cabras con balas. Las palmas y algunos reptiles nativos se están recobrando ahora (Bullock *et al.*, 2002 citados en VanDriesche 2007). Los roedores han sido eliminados con cebos envenenados en pequeñas islas oceánicas de Nueva Zelanda (Taylor y Thomas, 1993 citados en VanDriesche 2007), California (Jones *et al.*, 2005) y de Colombia Británica, Canadá

(Taylor *et al.*, 2000 citados en VanDriesche 2007) para proteger aves raras o para permitir su reintroducción. Las técnicas fueron desarrolladas en islas pequeñas pero se han adaptado con éxito en islas cada vez más grandes. La erradicación de vertebrados está siendo cada vez más posible (Veitch y Clout, 2002; Lorvelec y Pascal, 2005 citados en VanDriesche 2007).

9.2. Costos Económicos de las Especies Invasoras

Las especies invasoras al afectar los ecosistemas naturales impacta de manera directa e indirecta el capital natural que hace parte fundamental de los tres capitales básicos que debe tener una economía [adicional al capital humano y al capital físico]. Los costos económicos se pueden revelar en términos de la aparición de costos de control, y en la pérdida de ganancias por afectación de la productividad de actividades agropecuarias. No obstante, en el momento que las especies invasoras generan impactos sobre la salud pública también aparecen importantes costos para la sociedad.

GISP (2005), menciona que el problema de propagación o dispersión de especies exóticas invasoras es reconocido como una de las peores amenazas para el bienestar ecológico y económico del planeta. Las especies invasoras causan enormes daños a la biodiversidad y a los sistemas agrícolas (disminuyendo el volumen de las cosechas e incrementan los costos de control) de los que dependen las sociedades. Los efectos directos e indirectos sobre la salud son cada vez más graves y los daños causados a la naturaleza son a menudo irreversibles. Por otra parte, las especies invasoras en muchos casos disminuye la disponibilidad de agua para el desarrollo de actividades económicas como agropecuarias, producción de energía y ecoturismos en zonas en donde se puede desarrollar esta actividad. Esta afectación se produce debido a que se degrada el área de producción de agua de las cuencas hidrográficas y afectan de manera directa los ecosistemas de agua dulce localizados estratégicamente. Estos efectos se ven acentuados por el cambio global, la disponibilidad de más modos de transporte y por las alteraciones químicas y físicas que sufren especies y ecosistemas.

En la parte ambiental, propiamente dicha y expresada en términos de un stock de capital natural con un valor económico total de los recursos naturales y ambientales in situ, se ve afectado cuando las especies invasoras generan afectaciones sobre el stock de biodiversidad de ecosistemas establecidos a nivel de regiones de Latinoamérica, y en general, de todo el mundo. Las especies invasoras pueden transformar la estructura de los ecosistemas y afectar las especies nativas que los componen, restringiendo su distribución o hasta excluyéndolas, ya sea directamente compitiendo con ellas por los recursos, o indirectamente cambiando la forma en la que se reciclan los nutrientes.

En el estudio de GISP (2005), se menciona que el control de una especie invasora es supremamente difícil, debido principalmente a que estas especies una vez

establecidas en una determinada zona (sin competir aún por recursos con las especies nativas de la zona) se pueden comportar como especies latentes durante períodos de tiempo importantes en los que no se ven materializados los diferentes tipos de afectaciones. Por esta razón, los costos económicos desde una perspectiva ex post son de difícil cuantificación, quedando solo la opción de cuantificación de costos ex antes, relacionados principalmente con labores de prevención de daños y control en las primeras etapas previa aparición de las especies invasoras.

Específicamente en el caso de las especies invasoras consideradas como invasoras, Gómez (1995), afirma que la población y la producción de los cultivos afectados por invasoras se pueden ver reducidas hasta en un 40%. Adicionalmente, Robbins et. al. (1955) de que las invasoras a nivel mundial representan pérdidas del 10% en las cosechas a nivel mundial de cultivos agrícolas, hortalizas y frutales. En un estudio específico para Colombia (región del Valle del Cauca) los autores Cruz y Gómez mencionan que estas pérdidas están entre un 30 y 40%.

En un nivel macro, por ejemplo, en Estado Unidos las pérdidas económicas por afectación de especies invasoras suman la cifra de 137.000 mil millones de dólares de 2005, citado por GISP (2005). Otro estudio en Nueva Zelanda citado también por GISP (2005) relacionado con afectación de especies invasoras que son plagas (acaros) mencionan que las pérdidas totales andan por el orden 267 y 602 millones de dólares de 2005, con unos costos de control en una primera fase de 1.3 millones de dólares de 2005.

En Estados Unidos los costos de control de invasoras han generado costos entre los 4500 y 6300 millones de dólares de 2005 [estudios fuente fue producido por Weed Science Society en 1992]. Además de la gravedad de tener costos de control de especies invasoras inciertos debido a la capacidad de permanecer como especies latentes, se tienen costos indirectos adicionales por afectaciones ambientales y valores que no se pueden cuantificar en términos de valores económicos mercadeables (GISP, 2005).

Cusack, Harte y Chan (2009), citan cifras de costos económicos derivados de afectaciones de especies invasoras en el estado de Oregón en Estados Unidos. Hablan que en total, las pérdidas económicas calculadas como la suma de los valores directos e indirectos perdidos por los impactos negativos, ascienden a la suma de 143 billones de dólares por año.

En el caso de Colombia, según ICA (2006), el control de invasoras mediante métodos químicos para cultivos ronda entre \$ 253393 y \$ 276659 pesos de 2006 (equivalentes a 339097 y 370232 pesos de 2010) por hectárea. En el caso del control de buchón de agua los costos de control por hectárea andan por el orden de los 9 y 11 millones de pesos de 2010 (Uniandes, Facultad de Ingeniería Ambiental).

Por otra parte, Blanco y Hernández (2009), hicieron un estudio para estimar el costo económico asociado con vectores e influencia de cambio climático sobre

enfermedades específicas (malaria y dengue) para Colombia. Lo interesante de este estudio es que relaciona el impacto negativo de los vectores con las afectaciones del cambio climático. Las conclusiones de éste estudio son:

- Se encontró relaciones estadísticamente significativas que explican aumentos en morbilidad de con temperatura (malaria y dengue) y precipitación (malaria).
- Los modelos permiten analizar los impactos proyectados del cambio climático y la mayor incidencia de vectores (especies invasoras), separados de un escenario base.
- El estudio cuantificó el costo de los aumentos en incidencias de las dos enfermedades en 10 millones de dólares quinquenales para el año 2050.

Para poder minimizar los costos económicos de los impactos negativos de las especies invasoras el estudio de GISP (2005) recomienda:

- ✓ Incrementar la cooperación y colaboración de gobiernos, sectores económicos, organizaciones no gubernamentales y organizaciones basadas en tratados internacionales para buscar soluciones de prevención y control eficientes y efectivos de las especies invasoras.
- ✓ A nivel de cada país tomar medidas consolidadas y coordinadas. Por ejemplo, se puede pensar en la proposición de una estrategia y un plan de acción nacional para la biodiversidad en los que participen activamente los sectores económicos y personas responsables de poner en práctica las medidas de prevención y control de especies invasoras.
- ✓ Eliminar las restricciones del control incrementando la seguridad y responsabilidad a partir de reglamentos que determinen quien debe aceptar la responsabilidad de propagación de especies invasoras siguiendo fines de lucro privado económico.
- ✓ Dar prioridad y ampliar la capacidad de generar investigaciones que permita brindar soluciones técnicas para la prevención y control de especies invasoras.
- ✓ Pensar a nivel de todos los países en un sistema mundial de información que permita generar información sobre la biología de las especies invasoras y sus posibles métodos de prevención y control.
- ✓ Generar planes de acción que permitan crear conciencia y educación para todas las partes relacionadas con el problema de propagación de especies invasoras.

10. Estimación del Impacto Económico

En esta sección se presentan los resultados finales de la estimación del impacto económico de las especies invasoras en Colombia. Este reporte inicia con una sección de definiciones iniciales y tipos de metodologías utilizadas en el estudio, seguida de la presentación de los supuestos y tipo de información utilizada para hacer las

estimaciones, resultados y discusión; y por último conclusiones y referencias usadas en el estudio.

10.1. Definiciones, Metodologías y Estudios Consultados.

Si bien el problema causado por las especies invasoras es complejo debido a que involucra externalidades negativas y otros efectos con costos indirectos inciertos, no se debe perder de vista que sus consecuencias se extienden directamente al plano económico (pérdida de valores económicos mercadeables y no mercadeables) al afectar el capital natural en zonas y regiones con implicaciones sobre hogares, firmas y sobre la sociedad como un todo. Según MAVDT (2009), aproximadamente un 40% de las especies en Colombia con algún potencial en términos de biodiversidad han sido afectados por especies invasoras. Dicha afectación trae consigo la pérdida de importantes valores económicos tangibles e intangibles generados por el capital natural para la sociedad Colombiana.

En términos de valores de uso directos (valores de naturaleza mercadeables producidos para las personas en el presente), las especies invasoras han generado sobre costos en diversas actividades económicas y disminuciones en los niveles de ganancias de los productores por disminución de los rendimientos y afectación de la calidad de los productos y servicios producidos. También generan importantes costos en términos de su manejo, control y erradicación.

Por otra parte, al invadir ecosistemas con especies nativas, las especies invasoras generan afectaciones de los flujos de bienes y servicios ambientales y sostenibilidad de los ecosistemas traduciéndose en la pérdida de valor de uso indirecto (valores de las funciones ecológicas) en el presente y valores de opción (los anteriores valores que no se percibirán en el futuro).

No obstante, la mayor pérdida de valores económicos de las especies invasoras se presenta cuando se producen afectaciones irreversibles de los ecosistemas, afectaciones de especies con un alto grado de unicidad y baja capacidad de resiliencia. En este último caso, se pueden perder valores de cuasi existencia (derivados de afectaciones parciales) y valores de existencia pura (derivados de afectaciones totales) de los ecosistemas y la biodiversidad en general.

En términos de metodologías los impactos económicos pueden ser cuantificados a través de metodologías económicas convencionales que utilizan información disponible en los mercados sobre precios y cantidades de las actividades económicas objeto de estudio de valoración. Generalmente, el método más utilizado es el llamado costo de oportunidad que implica la estimación de los beneficios actuales y futuros dejados de percibir por consecuencia de la afectación. Para poder estimar el impacto económico de las especies invasoras a través del método del costo de oportunidad se

necesita información sobre productividad de la actividad económica, precios de productos y/o insumos que permitan hacer la conversión monetaria y el delta relacionado con la afectación provocada por las especies invasoras.

En el caso específico de la afectación de una especie invasora “por ejemplo una maleza” en un cultivo, se necesitaría información sobre el rendimiento del cultivo, precio del producto, precios de los insumos y el porcentaje de afectación de la especie invasora. Con esta información se puede estimar el incremento en los costos de producción o la pérdida en ganancia del cultivo en un horizonte de tiempo real ajustado a la situación de afectación de la especie invasora.

Para la estimación del impacto económico de naturaleza no mercadeable (llamado algunas veces impacto en bienestar económico de gran interés para la formulación de política públicas de control de especies invasoras) relacionado con la afectación de valores intangibles de los ecosistemas que no son de naturaleza mercadeable, la economía del bienestar aplicado propone los enfoques de preferencias reveladas, preferencias declaradas y transferencia de beneficios para desarrollar la tarea de estimación de los cambios en el valor de los intangibles derivado de afectaciones de las especies invasoras.

El enfoque de preferencias reveladas y declaradas implica el uso de información primaria (recolectada en la mayoría de las veces a partir de encuestas), para hacer las cuantificaciones económicas. En el presente estudio debido a que solo se cuenta con información secundaria se utilizará el enfoque de transferencias de beneficios (o de costos) que básicamente es un enfoque de asignación de valores económicos no mercadeables a partir de usar información de estudio secundarios que aprueben una serie de criterios previamente establecidos.

Las consideraciones tenidas en cuenta en el presente estudio son:

- La cuantificación del impacto económico se hace utilizando información secundaria proveniente de artículos científicos de revistas indexadas y de bases de datos de instituciones dedicadas a la investigación en el tema de especies invasoras.
- Se utiliza el método del costo de oportunidad para cuantificar el impacto económico de naturaleza mercadeable y el enfoque de transferencia de beneficios (o de costos) para estimar el impacto económico no mercadeable.
- El esfuerzo de cuantificación del impacto económico mercadeable se enfoca en las afectaciones causadas por cuatro especies invasoras: Palma Africana (*Elaeis guineensis*), Helecho marranero (*Pteridium aquilinum*), Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), Buchon de Agua (*Eichhornia crassipes*).

- El esfuerzo de cuantificación del impacto económico no mercadeable se enfoca en la afectación de los flujos de bienes y servicios ambientales de los ecosistemas encontrados en el sistema de áreas protegidas de Colombia.
- Se utilizan datos e información sobre los impactos provenientes de estudios secundarios por instituciones académicas nacionales reconocidas que actualmente trabajan en el tema de especies invasoras, del MAVDT, Ministerio de Agricultura, Unidad de Parques Nacionales, GISP, UICN y Ecosystem Modelling, entre otros.
- Para la aplicación del enfoque de transferencia de beneficios (o costos) se utiliza información de series de tiempo sobre ingreso per cápita proveniente del Banco de la República.
- La información sobre estudios de valoración económica de bienes y servicios de los ecosistemas impactados por las especies invasoras proviene de dos estudios de meta datos desarrollados en el país: Carriazo et al. (2003) y Correa (2005).
- El impacto económico de las especies invasoras se presenta en pesos colombianos de 2010 y dólares.
- El horizonte de tiempo utilizado en el análisis económico de cuantificación del impacto económico de las especies invasoras es de cinco años.
- La tasa de descuento utilizada en el análisis económico de cuantificación del impacto económico mercadeable es del 15 por ciento.

Los estudios importantes para tomar como evidencia que apoye el proceso de estimación del impacto económico de las especies invasoras son:

Estudio 1

Efecto del Manejo Químico y Mecánico de Malezas en Papa y Respuesta de la Arveja a la Labranza Reducida

Paucar, Betty (2009)
(<http://www.quito.cipotato.org/presentambato/TEMATICAS%20DEL%20CONGRESO/SANIDAD/BPAUCAR.rtf>.)

Resultados

Considerando 21 tipos de malezas en cultivos de papa y 13 tipos de especies de malezas en arveja, se tiene una estimación del 32.17% de disminución en el rendimiento y afectación de la calidad de las cosechas en los cultivos por efecto de malezas.

Estudio 2

Bridges, D. 1994. Impact of Weed on Human Endeavors. Weed Technology (Georgia) 8: 392 - 395.

Resultados

Las pérdidas económicas en los cultivos producidas por las malezas reducen la productividad y calidad de las cosechas. Estas pérdidas impiden la autosuficiencia

agrícola y el desarrollo de un país, por ejemplo, en los Estados Unidos se sabe que el 75% de las pérdidas en el sector agrícola es causado por las malezas.

Estudio 3

S. Vuilleumiera, A. Buttlerb, N. Perrin, J. M. Yearsley (2010). Invasion and eradication of a competitively superior species in heterogeneous landscapes. *Ecological Modelling*, Article history: Received 9 June 2010, Received in revised form 27 September 2010. Accepted 28 September 2010. Available online 2010.

Resultados

Explora la relación entre las dinámicas de invasión y erradicación (y/o control) de especies invasoras en ecosistemas ambientales heterogéneos, que es una de las principales causas de pérdida de biodiversidad.

La probabilidad de invasión de especies está entre 79 y 61 %

A partir de un umbral de detección del 20%, la probabilidad de erradicar todas las especies invasoras crece hasta en un 70%. Hacia más o menos 17 generaciones el esfuerzo de control decrece. Teniendo en cuenta lo anterior, el esfuerzo de control óptimo es de 80% para erradicar por completo las especies invasoras. Sin embargo, se debe tener cuidado porque a partir de un nivel de esfuerzo del 40% existe la probabilidad de que ambas especies (la invasoras y la original del ecosistema) desaparezcan. Cuando el esfuerzo es de 80%, la probabilidad que desaparezca la especie nativa es del 20%.

Estudio 4

Carriazo, F. Ibañez A., García, M. (2003). Valoración de los Beneficios Económicos provistos por el Sistemas de Parques Nacionales Naturales: Una Aplicación del Análisis de Transferencia de Beneficios. Documento CEDE 2003-26. Universidad de Los Andes. Bogotá. Colombia.

Resultados

El Sistema de Parques Nacionales Naturales provee servicios ambientales a la economía del país que, debido a su naturaleza de bienes públicos, no se equiparan con la asignación presupuestal destinada a su manejo y administración. La protección de extensas áreas territoriales con ecosistemas naturales valiosos contribuye a la conservación del recurso hídrico, al ecoturismo y al secuestro de carbono. Hoy el Sistema está compuesto por 49 áreas protegidas, cubre 10 millones de hectáreas y comprende nueve por ciento del territorio nacional. El objetivo de este estudio es valorar los servicios provistos por el SPNN a la economía nacional. El estudio aproxima los beneficios económicos del consumo doméstico de agua potable en \$32 mil millones de pesos mensuales de 2003 [48.116 mil millones de pesos de 2010]. Los beneficios totales anuales por ecoturismo oscilan en un rango entre \$2,3 y \$6,9 mil millones de pesos de 2005 [equivalentes a 3,5 y 10,4 mil millones de pesos de 2010]. La venta de carbono por la conservación de sumideros de carbono significaría para Colombia beneficios por hectárea protegida entre \$556.449 [\$836.694 pesos de 2010] y \$1.669.406 [\$2.510.169 pesos de 2010], es decir US\$297 [US\$427] y US\$891 [US\$1.281] por hectárea.

De las dos cifras anteriores por hectárea se puede sacar un promedio por hectárea de beneficios por los servicios de ecoturismo, aporte a la conservación del recurso hídrico y sumidero de carbono de COL\$ 1.673.432 pesos de 2010 (equivalentes a US\$ 867 dólares corrientes).

Los anteriores beneficios son por autorregulación ecológica, preservación de especies o comunidades vegetales y de animales silvestres para conservar recursos genéticos de la flora y fauna nacional y preservación de bellezas panorámicas singulares con valores naturales o culturales.

Estudio 5

Correa, F. (2005). Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales. Universidad de Medellín. Colombia.

Resultados

El estudio utiliza la técnica de transferencia de beneficios para estimar el valor de los servicios ambientales de diferentes tipos de ecosistemas en la región de Antioquia, Colombia. Este valor es obtenido por hectárea en pesos de 2005. Los principales resultados son:

El bosque natural:

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación	82,63	124,2
Regulación Clima	171,72	258,2
Formación Suelo	11,6	17
Cultura	2,39	4
Control de Erosión	121,69	183

Fuente: Correa (2005).

Pasto Manejado

Servicio Ambiental	Valor por hectárea
--------------------	--------------------

	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación		
Regulación Clima	8,85	13,3
Formación Suelo	1,2	1,8
Cultura		
Control de Erosión	36,69	55

Fuente: Correa (2005).

Pastos

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación		
Regulación Clima	8,85	13,3
Formación Suelo	1,2	1,8
Cultura		
Control de Erosión	36,69	55

Fuente: Correa (2005).

Plantaciones

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación		
Regulación Clima	171,72	258,2
Formación Suelo	11,6	17
Cultura		
Control de Erosión	121,69	183

Fuente: Correa (2005).

Rastrojo Alto

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación		
Regulación Clima	171,72	258,2
Formación Suelo	11,6	17
Cultura		
Control de Erosión	36,69	55

Fuente: Correa (2005).

Rastrojo Bajo

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación		
Regulación Clima	171,72	258,2
Formación Suelo	11,6	17
Cultura		
Control de Erosión	36,69	55

Fuente: Correa (2005).

Humedal

Servicio Ambiental	Valor por hectárea	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Recreación	570	857,1
Regulación Clima		

Formación Suelo		
Cultura	1033,3	1533,7
Control de Erosión		

Fuente: Correa (2005).

Recurso Hídrico

Servicio Ambiental	Valor por m3	
	COL \$ 2005	COL \$ 2010
Abastecimiento (aseguramiento de cantidad)	121	181,9
Aseguramiento de la calidad del H2O	3	4,5

Fuente: Correa (2005).

Con los valores encontrados, teniendo en cuenta la población y el área de las cuencas, estima un valor de COL \$ 3.042.949,6 pesos de 2005 por hectárea [COL\$ 4.575.471 pesos de 2010] como el costo económico asociado para asegurar la conservación y preservación de las cuencas en un horizonte de 20 años. De igual forma calcula el valor de los beneficios en un monto de COL \$ 4.595.383,36 pesos por hectárea [COL\$ 6.909.757 pesos de 2010], para el mismo horizonte de 20 años, utilizando en ambos casos una tasa de descuento del 15%. Al final, reporta unos beneficios netos en valor presente equivalentes a COL \$ 1.572.433,76 pesos de 2005 [COL\$ 2.364.359 pesos de 2010]. Este monto de dinero representa los beneficios netos por hectárea derivados de conservar y preservar los ecosistemas de las cuencas veredales claves para la producción de servicios ambientales, en el horizonte de tiempo de 20 años.

El valor por hectárea de los servicios de recreación, regulación del clima, formación de suelo, cultura, control de erosión y regulación hídrica sería de COL\$ 345.488 pesos de 2010 (equivalentes a US\$ 179 dólares corrientes).

Estudio 6

Murgueito, E., (2010). Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

Resultados

La ganadería es la actividad que ocupa la mayor parte de la frontera agropecuaria de Colombia, un país con una extensión de 1'141.748 kilómetros cuadrados y una población cercana a los 40 millones de personas, situado en el extremo noroccidental de Suramérica. En 35 años, esta actividad productiva pasó de ocupar 14.6 a 35.5 millones de hectáreas y tiende a continuar creciendo a expensas de los bosques y la agricultura. Aunque el inventario bovino es incierto, se calcula en 26 millones de

cabezas, que aportan 44.6% del PIB pecuario que a su vez es el 9.2% del PIB Nacional. La ganadería bovina incluye una gran variedad de sistemas productivos manejados por distintas etnias y grupos sociales, enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales. Se ha identificado una enorme variación en los parámetros biológicos, técnicos, económicos, sociales de estos sistemas. La reconversión social y ambiental de la ganadería es una urgencia y una prioridad para el país. La intensificación de la ganadería podría incrementar significativamente sus contribuciones alimentarias, económicas y sociales. Esto sería viable con la tecnología disponible, la organización de los productores y macro políticas destinadas a desincentivar los negocios de especulación de tierras. Si se aplica una serie de principios relacionados con el ordenamiento territorial y la biodiversidad, sería posible incluso que coincidieran los beneficios socioeconómicos y ambientales. Los sistemas agroforestales, parte sustancial de este proceso de cambio, se diferencian en cinco grupos: 1.Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva; 2.Plantaciones forestales con pastoreo de ganado; 3.Cercos vivos, barreras contra el viento, linderos arborizados, corredores biológicos y espacios para el sombrío de animales; 4. Sistemas silvopastoriles con manejo de la sucesión vegetal; 5. Nuevos sistemas para ganadería intensiva y otras especies animales (5.1. Silvopastoriles de alta densidad arbórea. y 5.2. Sistemas de corte y acarreo: bancos de proteína puros, policultivos de corte, policultivos de varios estratos y múltiples usos).

Estudio 7

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Republica de Colombia.

Resultados

En este estudio se habla de las invasiones biológicas como una de las principales causas de la degradación ambiental. El estudio presenta las siguientes conclusiones en el tema de invasiones biológicas:

“Se afectan todos los compartimentos del ecosistema, en especial la riqueza de especies de flora y fauna nativas. Se sabe que las invasiones de especies son uno de los principales peligros para la biodiversidad, pueden causar impactos que van desde suprimir poblaciones nativas hasta alterar completamente las propiedades de los ecosistemas como ciclo de nutrientes, régimen de disturbios y hasta hibridación con especies nativas. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por medio de la Resolución 0848 de 2008 y la 207 de 2010 declara y adiciona especies exóticas como invasoras y señala las especies introducidas irregularmente al país. De este listado, las plantas son el grupo con mayor representación, se identificaron preliminarmente 47 especies que en su mayoría han sido introducidas con fines comerciales o introducidas como control biológico o con fines ornamentales como *Thumbergia alata* (Ojo de poeta).”

“Según el listado nacional sobre especies introducidas exóticas con potencial invasor se describen 176 especies entre plantas y animales, de las cuales 129 poseen registros documentados y 58 especies no están documentadas. De las especies identificadas preliminarmente como introducidas exóticas y trasladadas en Colombia, 17 especies

se encuentran en el listado de las 100 más invasoras del Grupo de Especialistas de Especies Invasoras ISSG por sus siglas en inglés de la Unión Mundial para la Naturaleza –UICN (Lowe et. al. 2004). A la fecha se cuenta con 2159 registros/ocurrencias de especies en la base de datos I3N Colombia¹⁹, registros que varían en cuanto a la precisión, pues en algunos sólo se menciona el departamento como referencia, mientras que en otros se puede encontrar información específica que hace referencia a las localidades exactas. Según la guía de especies introducidas marino-costeras de Colombia, existen 16 especies identificadas hasta la fecha que pertenecen a macroorganismos, entre las que se encuentra el alga *Kappaphycus alvarezii*, los corales *Carijoa riisei* y *Tubastraea coccinea*, el poliqueto *Alitta succinea*, los bivalvos *Electroma sp.*, *Corbicula fluminea*, *Perna perna* y *Perna viridis*, los crustáceos *Balanus amphitrite*, *Penaeus monodon*, *Charybdis hellerii* y *Rhithropanopeus harrisi* y los peces *Oreochromis niloticus*, *Trichogaster pectoralis*, *Omobranchus punctatus*, así como el recientemente registrado *Pterois volitans*. La mayoría de las especies provienen de la región del Indo-Pacífico y del mar Mediterráneo (Gracia, et al. 2009).”

“Uno de los casos más representativos es el retamo espinoso *Ulex europaeus*, una de las especies más invasivas que se registran en áreas urbanas y transformadas, fue introducido presumiblemente en la década de los 50 como cerca viva y control de zonas erosionadas (JBB, 2005), sin embargo, debido a su capacidad para reproducirse sexual y vegetativamente, tener un banco de semillas perdurable y su capacidad pirogénica, ha causado impactos negativos sobre la biodiversidad, desplazando especies nativas de plantas y animales, compitiendo con otras especies e invadiendo áreas extensas (JBB, 2005). Otro ejemplo son las especies nativas de los ríos Magdalena y Sinú, como el bocachico (*Prochilodus Reticulatus*), que han disminuido sus poblaciones drásticamente, pasando de producir 45.000 toneladas al año en el río Magdalena, a 3000 toneladas al año, debido a la introducción de tilapia roja (*Oreochromis sp*) que tiene una tasa y un tiempo de reproducción más alto que el bocachico, no tiene depredadores, son más resistentes a la contaminación y a los bajos niveles de oxígeno y son menos vulnerables a los cambios ambientales. Actualmente, esta especie está presente en las aguas naturales de 29 departamentos y en aguas artificiales en 30 departamentos.”

Estudio 8

Daza, M., M., Noriega, A., y Murcia, D., M., (2009). Valoración Económica del Servicio Hídrico y Biodiversidad del Cerro la Judía. Programa de Uso y Valoración. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.

Resultados

Utilizando el método de valoración contingente, valoran los beneficios económicos de un programa de conservación de un área aproximada de 1365 hectáreas que provee servicios hidrológicos y de biodiversidad. Encuentran una disposición a pagar en pesos de 2009 hogar mes de 7.800 [COL\$ 8.268 pesos de 2010] con un mínimo de 2.500 pesos [COL\$ 2.650 pesos de 2010] y un máximo de 22.000 pesos de 2009 [COL\$ 23.320 pesos de 2010] y una desviación estándar de 2500 pesos de 2009 [COL\$ 2.650 pesos de 2010]. Para un período de tiempo de cinco años encuentran que el flujo de

beneficios totales es de 33.000 millones de pesos de 2009 [34.980 millones de pesos de 2010] contra unos costos del programa de conservación de 2.330 millones de pesos de 2009 [2.470 millones de pesos de 2010], para el mismo período de tiempo. Los beneficios totales del programa son equivalentes a 24 millones de pesos de 2009 por hectárea [25.440 millones de pesos de 2010].

A partir de la información, considerando los beneficios anuales, se tiene que la reserva tiene un valor por hectárea, por mantenimiento del recurso hídrico y conservación de la biodiversidad, de tres millones quinientos dieciséis mil pesos de 2009 aproximadamente (COL\$ 3.516.484 o US\$ 1822 dólares corrientes), equivalentes a tres millones quinientos setenta y dos mil pesos de 2010 aproximadamente (COL\$ 3.727.473 o US\$ 1931 dólares corrientes).

Estudio 9

De Groot, R., S., Wilson, M., A., Boumans, M., J., (2002). A Typology for the Classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408. Special Issue: The dynamics and value of ecosystem services: Integrating economic and ecological perspective.

Resultados

Este paper desarrolla la taxonomía más completa acerca de los flujos de bienes y servicios de los ecosistemas con miras a identificar los métodos más adecuados para la estimación de su valor económico y así poder tener una evidencia económica que ayude a soportar los procesos de toma de decisiones que políticas públicas ambientales que tienen como objetivo la conservación, restauración, preservación y la corrección de distorsiones que provocan la degradación de los ecosistemas. En la siguiente tabla se muestra la clasificación presentada por De Groot et al. (2002):

Tabla 6: Taxonomía de los Flujos de Bienes y Servicios de los Ecosistemas.

Función		Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplo de bienes y servicios
HÁBITAT	Refugio	Provisión de espacios habitables a la fauna y flora silvestre	Mantenimiento de la diversidad biológica y genética [y por tanto de la base de la mayor parte de las funciones restantes]
			Mantenimiento de especies de explotación comercial
	Criadero	Hábitat adecuado para la reproducción	Mantenimiento de la diversidad biológica y genética [y por tanto de la base de la mayor parte de las funciones restantes]
			Mantenimiento de especies de explotación comercial

PRODUCCIÓN	Comida	Conversión de energía solar en animales y plantas comestibles	Caza, recolección, pesca.
			Acuicultura y agricultura de subsistencia y pequeña escala
	Materias primas	Conversión de energía solar en biomasa para construcción y otros usos	Materiales para construcciones y manufacturas
			Combustibles y energía
			Forraje y fertilizantes naturales
	Recursos genéticos	Material genético y evolución en animales y plantas silvestres	Mejora de los cultivos frente a pestes y agentes patógenos
			Otras aplicaciones [ej.: salud]
	Recursos medicinales	Sustancias bio-geoquímicas	Medicinas y otras drogas
			Modelo y herramientas químicas
			Organismos para prueba y ensayo
Elementos decorativos	Especies y ecosistemas con usos decorativos potenciales	Materiales para artesanía, joyería, adoración, decoración, etc.	
INFORMACIÓN	Información estética	Características atractivas del paisaje	Disfrute paisajístico
	Recreación	Variedad de paisajes con uso recreativo potencial	Ecoturismo, deportes al aire libre.
	Información artística y cultural	Variedad en las características naturales con valor artístico y cultural	Expresión de la naturaleza en libros, películas, cuadros, folclore, arquitectura
	Información histórica y espiritual	Variedad en las características naturales con valor histórico y espiritual	Uso de la naturaleza con fines históricos o culturales [herencia cultural y memoria acumulada en los ecosistemas]
	Ciencia y educación	Variedad en la naturaleza con valor científico y educativo	Naturaleza como lugar para la educación ambiental
Usos con fines científicos			

Fuente: De Groot et al. Ecological Economic. 2002.

También es importante distinguir la diferencia entre aplicar metodologías primarias para estimar los valores económicos de los flujos de bienes y servicios ambientales de

los ecosistemas y la aplicación de la técnica de transferencia de beneficios que utiliza información proveniente de estudios secundarios. En la siguiente tabla se hace un resumen de las metodologías de valoración utilizadas en estudios primarios relacionadas con el tipo de valor estimado y con el tipo de componente a evaluar. Estas relaciones son importantes para poder seleccionar los estudios que harán parte de la transferencia de beneficios para calcular los impactos económicos mercadeables y no mercadeables de las especies invasoras.

Tabla 7: Tipos de Valores, Tipos de Flujos y Metodologías de Valoración Ambiental.

Estimación de valores económicos por tipo de componente y tipo de metodología utilizada utilizando información proveniente de fuentes primarias.	A precios de mercado			Enfoque de gastos actuales y potenciales					Preferencias reveladas			Preferencias declaradas				
	Cambios en la productividad	Costos de la enfermedad	Costos de oportunidad	Costo efectividad	Gastos Preventivos	Costos de reemplazo	Costos de relocalización	Valor proyectos sombra	Estimación de funciones de daño	Funciones de producción de salud	Precios hedónicos	Costo de viaje	Valoración contingente	Ordenamiento contingente	Comparación de parejas	Análisis Conjoint
Valores de Uso	Directos															
	Producción															
	- Agrícola	x		x	x	x	x	x			x					
	- Pecuario	x		x	x	x	x	x			x					
	- Industrial y comercial	x		x	x	x	x	x			x					
	Hogar															
	- Infraestructura privada			x	x	x	x	x			x					
	- Recreación											x	x			
	Afectación social	x									x		x	x	x	x
	Microclima					x				x						
	Equipamientos público			x	x			x								
	Indirectos (opción)															
	Producción futura	x														
	Recreación											x	x	x	x	x
	Afectación funciones ecosistémicas			x	x	x	x	x	x		x		x	x	x	x
Valores de No Uso	Existencia															
	Afectación paisaje												x	x	x	x
	Activos geológicos, arqueológicos y ecológicos												x	x	x	x
	Afectación en arquitectura y estilo												x	x	x	x
Afectación en cultura y valores históricos												x	x	x	x	

Fuente: De Groot et al. Ecological Economics. 2002.

Estudio 10

Rosenberger, Randall S.; Loomis, John B. 2001. Benefit transfer of outdoor recreation use values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan (2000 revision). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-72. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p.

Resultados

Este estudio es importante para el estudio debido a que presenta la teoría y metodología de la técnica de transferencia de beneficios utilizada en la presente investigación para estimar el impacto económico de las especies invasivas en Colombia.

La técnica de transferencia de beneficios consiste en adaptar y usar la información económica de un entorno conocido en un nuevo entorno económico cuyas características son similares al original. Es la mejor técnica disponible para evaluar

los impactos cuando no es posible o no se justifica realizar una investigación primaria por razones tales como:

- Restricciones de presupuesto
- Limitaciones de tiempo, o
- Cuando se espera que los impactos de los recursos sean bajos o insignificantes

La transferencia de beneficios es efectiva y eficiente cuando se define claramente el contexto en donde se aplicará la metodología; esto incluye:

- Identificación en extensión, magnitud y cuantificación de los impactos de la acción propuesta.
- Identificación en extensión y magnitud de la población que será afectada.
- Identificación de los datos necesarios para la asignación o análisis incluyendo el tipo de medida (unitario, promedio, valor marginal), el tipo de valor (uso, no uso, o valor total) y el grado de certeza de los datos que se tienen para hacer la transferencia (exactitud y precisión)

Además, los estudios primarios para ser útiles deben cumplir ciertas condiciones de calidad, esto incluye:

- El entorno económico, los datos y la técnica empírica utilizada en los estudios primarios.
- El contenido de información sobre las relaciones estadísticas entre los beneficios (costos) y las características socioeconómicas de la población afectada.
- El contenido de información sobre las relaciones estadísticas entre los beneficios (costos) y las características físicas y medioambientales del sitio estudiado.
- Un número adecuado de estudios individuales sobre el tipo de impacto a transferir con el propósito de hacer confiables las inferencias estadísticas.

Existen cuatro aproximaciones para lograr la transferencia de beneficios:

- Medidas unitarias y/o de tendencia central.
- Funciones o modelos estadísticos.
- Funciones de demanda o de disponibilidad a pagar.
- Meta-análisis.

En el presente estudio se utilizan el proceso de transferencia de beneficios utilizando medidas y/o de tendencia central. Su justificación se base en la limitada cantidad de estudios disponibles para Colombia sobre la estimación del valor económico de los impactos generados por las especies invasoras.

La validez de los estudios de transferencia de beneficios se basa en la calidad del conjunto de estudios existentes. Un primer paso a seguir para aplicar esta técnica es identificar el recurso o servicio objeto de la valoración. En este sentido los recursos objeto de valoración están plenamente identificados, por un lado se tienen una serie de cultivos identificados plenamente que son afectados por las invasiones de especies y también los ecosistemas incluidos en el Sistema de Parque Naturales Nacionales de Colombia.

Los estudios de Carriazo et al. (2003), Correa (2005), y Daza et al. (2009), son estudios producidos por instituciones académicas y de investigación prestigiosas en el país y fueron hechos en Colombia. En este sentido la información utilizada cumple con el requisito del entorno de la valoración en que se desarrolló el estudio primario y en el entorno en donde se va a aplicar la transferencia. Por otra parte, los estudios y la información utilizada para estimar el impacto sobre las actividades agropecuarias también provienen de fuentes conocidas en el país.

Por último, también se debe decir que los estudios seleccionados para la transferencia también cumplen los requisitos de similitud en la población, sitios sustitutos, área geográfica, características socio-demográficas y tipos y calidad de los recursos naturales y ambientales objetivo de estudio.

Otras Referencias de Importantes

Las pérdidas económicas causadas por las malezas en cultivos impiden la autosuficiencia agrícola y el desarrollo de un país, por ejemplo en los Estados Unidos el 75% de las pérdidas en el sector agrícola es causado por las plantas invasoras en cultivos (Bridges 1994). Se estima que las especies invasoras generan un costo estimado del 53% del producto interno bruto (PIB) agrícola en Estados Unidos, 31 % en el Reino Unido, 48% en Australia, 96% en Sudáfrica, 78% en India y 112% en Brasil (Ceddia et al. 2008).

Por otra parte, también es importante tener en cuenta que el presente estudio partirá del concepto de maleza para asociar una causa negativa a la especie invasora que repercute en un costo económico. Como maleza se considera toda planta que crece fuera de su sitio e invade otro cultivo en el cual causa más perjuicio que beneficio, Gómez (1995). Calle (2002), afirma, que por ejemplo, para el caso del cultivo de yuca, el 30% o más de los costos de producción son por control de malezas. En el cultivo de la caña, sino se controlan las malezas, la producción se puede reducir hasta en un 50%, Gómez (1995). Las pérdidas a nivel mundial ocasionadas por las malezas en cultivos agrícolas, hortalizas y frutales son en promedio del 10% a nivel mundial, Robbins et al. (1955), citado en Gómez (1995). Mientras que en el Valle del Cauca

estas mismas pérdidas pueden llegar al 30-40%, De la Cruz y Gómez (1971) citado en Gómez (1995).

En el caso de Colombia, según ICA (2006), el control de invasoras mediante métodos químicos para cultivos ronda entre \$ 253.393 y \$ 276.659 pesos de 2006 (equivalentes a 339097 y 370232 pesos de 2010) por hectárea. En el caso del control de buchón de agua los costos de control por hectárea andan por el orden de los 9 y 11 millones de pesos de 2010 (Uniandes, Facultad de Ingeniería Ambiental).

Según un estudio de EPM en 2010 sobre manejo de plantas acuáticas invasoras en el embalse Porce II, específicamente para el caso del Buchón de agua, encuentran que el porcentaje de afectación de la planta es del 36% del área total del embalse (336 hectáreas). Para el caso del embalse del Muña, este estudio cita que el porcentaje de afectación es del 77% (550 hectáreas) y para el embalse de Tominé es del 8% (300 hectáreas).

www.minambiente.gov.co/contenido.aspx...

Ministerio del Ambiente, vivienda y desarrollo territorial Mayo de 2010.

En este artículo la Vice Ministra Claudia Mora afirma que las especies exóticas invasoras son consideradas la segunda causa de extinción de las especies silvestres en el mundo. Casi un 40% de las extinciones animales han sido a causa de las especies invasoras.

Se habla que el MAVDT con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt, y The Nature conservancy unen esfuerzos en torno a la formulación de un plan nacional para la prevención, control y manejo de las especies introducidas exóticas, invasoras y trasplantadas, fomentando la prevención en todo el territorio nacional.

www.periodicoelsol.net/noticia.php?Id...28/11/2010

En este artículo se cita textualmente que “hay 295 especies invasoras que dañan la flora y fauna de Colombia. Información que acaba de ser recopilada por la organización Conservación Internacional indica que en el país existen 295 especies invasoras, consideradas la segunda causa de pérdida de biodiversidad a nivel mundial, después de la deforestación. Muchas no son muy conocidas, pero hay otras que hemos visto desde hace tiempo, como las truchas y las mojarras, también llamadas tilapias. Estas últimas llegaron desde África, y según estudios publicados por el biólogo Francisco de Paula Gutiérrez, docente de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, de Bogotá, han desplazado las poblaciones de bocachicos, una especie típica del río Magdalena. Las truchas tienen un perfil similar. Una de ellas, la ‘arco iris’, y de la que dependen económicamente muchos campesinos, ha desterrado a peces nacionales de lagos y embalses.”

“Lo más grave es que, según lo ha determinado este experto, casi el 90 por ciento de la acuicultura del país está apoyada en ejemplares foráneos y no en ‘colombianos’. “Las especies invasoras tienen diferentes niveles de afectación. Son tremendamente

depredadoras, poseen rangos reproductivos muy altos frente a condiciones adversas y son portadoras de patógenos muy infecciosos para las especies colombianas”, explica Fabio Arjona, director de CI. Anualmente, según la Unión Internacional para la Naturaleza (UICN), el mundo invierte más de 400 mil millones de dólares para frenar estas especies. En Colombia han sido poco estudiadas, y según los expertos consultados, su control debería convertirse en una prioridad del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sina).”

Para el presente estudio es importante porque cita algunas especies invasoras que son realmente preocupantes por los efectos negativos que generan: “La hormiga loca que llegó al país desde Brasil en la década de los setenta para hacer biocontrol de serpientes y de la hormiga arriera. Sin embargo, su presencia es preocupante porque protege a los piojos y pulgones del ataque de depredadores naturales, y entonces promueve su presencia en cultivos de café, yuca o cacao.” “Ataca las mucosas de aves y ganado, que pueden morir de asfixia por el ácido fórmico que expulsan”, dicen publicaciones al respecto del Instituto Von Humboldt.”

“Pez león (En la foto)

Este pez, nativo del océano Índico, fue visto hace poco en el mar que rodea al parque Tayrona, por

buzos de la Universidad Jorge Tadeo Lozano. Es un depredador voraz, lo que podría generar reducciones de las poblaciones de peces nativos, caracoles y ostras en los arrecifes coralinos de las playas del Caribe colombiano.”

“Retamo espinoso

Es una de las más importantes plantas invasoras del mundo. Ha alcanzado todos los continentes.

Desplaza a las plantas nativas y cultivadas, y altera las condiciones del suelo porque le agrega nitrógeno y lo acidifica. También crea riesgos de incendios forestales, debido a sus resinas aceitosas. Esta planta es nativa del Mediterráneo. En Colombia es muy frecuente en el altiplano cundiboyacense, Antioquia y Santander.”

“La rana toro, un negocio que se salió de control que causa efectos venenosos en donde se instala. Cuenta Fabio Arjona, director de Conservación Internacional (CI), que su entrada a Colombia, desde Estados Unidos, fue motivada porque se volvió muy atractiva como especie prolífica para la producción de carne y pieles, proceso que floreció en Brasil. Aquí, se trajo primero a Caldas y Chinautá (Cundinamarca) en medio de varias crisis cafeteras y pensando que el éxito comercial sería similar, pero sin que los riesgos fueran medidos.”

10.2. Documentación de los Impactos

En vista de la gran cantidad de especies invasoras que se tienen actualmente afectando la economía nacional, el presente estudio se concentra en cuatro especies fundamentales:

- Palma Africana (*Elaeis guineensis*)

- Helecho marranero (*Pteridium aquilinum*)
- Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)
- Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*)

3.1.1. Palma Africana (*Elaeis guineensis*)

Tabla 8: Ficha Técnica Palma Africana.



Nombre Común	Palma africana
Familia	ARECACEAE
Origen	Costa occidental de África Ecuatorial (Golfo de Guinea) Desde los bosques tropicales de Liberia hasta Angola.
Distribución actual	La especie cuenta con una amplia distribución a nivel mundial, existen reportes de su presencia en Panamá, Guatemala, Honduras, Colombia, Ecuador, Brasil, Estados Unidos (Incluido Hawaii), Polinesia Francesa, y diferentes islas (Cook, Micronesia, Palau)
Reportes de invasión	Según la red IABIN de información de especies invasoras I3N: la especie cuenta con reportes Ecuador, Guatemala, Brasil y Colombia.
Principales Usos	Sus frutos son comestibles y en la agroindustria el aceite es extraído y utilizado en la fabricación de margarinas, productos de belleza, lubricantes y biocombustibles. De las hojas se obtienen fibras que se utilizan de manera artesanal.
Descripción del hábitat	Regiones tropicales calurosas (selva húmeda tropical cálida). Crece en altitudes por debajo de los 500 metros

	sobre el nivel del mar, aunque se desarrolla bien en regiones pantanosas. Tiene un buen desarrollo en ambientes riparios, húmedos, con alto índice de pluviosidad.
Principales impactos	La palma africana desplaza especies nativas en sistemas boscosos debido a sus densas formaciones y a los efectos alelopáticos que inhiben la germinación de individuos de otras especies. Mediante mecanismos de hibridación la palma africana puede afectar negativamente la especie <i>Elaeis oleifera</i> , nativa de la región amazónica.
Ambientes preferenciales de invasión	Ecosistemas tropicales de clima cálido a 500 msnm aproximadamente. Bosques y sabanas, áreas disturbadas, borde o zonas cercanas a los ríos. Prefiere suelos ácidos (GISP, 2008).
Presencia de la especie en Colombia	La especie cuenta con reportes de la región amazónica colombiana y para los departamentos del Valle, Santander, Quindío, Norte de Santander, Meta, Antioquia, Chocó

Fuente: Ramírez T, M; Pérez G, B; Orozco, B. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria Post-Fuego. En: Ciencias: Enero-Marzo, Numero 085. Pp 18-25.

3.1.2. Helecho Marranero (*Pteridium aquilinum*)

Tabla 9: Ficha Técnica Helecho Marranero.



Nombre Común	Helecho marranero, Helecho común
Familia	PTERIDACEAE
Origen	Criptogénica, pues no hay claridad en su origen o área

	de distribución nativa.
Distribución actual	Presenta una distribución cosmopolita, desde el sub-ártico hasta el sur de África y América.
Reportes de invasión	La especie presenta reportes de invasión según la red IABIN de información de especies invasoras I3N para los países: Colombia y Bolivia
Principales Usos	Artesanal y ornamental en tiendas de floristería. En varias culturas se come y se utiliza como medicinal (I3N-Colombia).
Descripción del hábitat	En el trópico crece en regiones montañosas templadas, crece en bosques bajos caducifolios y bosques altos perennifolios. Se desarrolla con facilidad en pastizales, campos de cultivo y orillas de camino. Es especialmente abundante en regiones de bosque mesófilo y algunos tropicales, es común en sitios quemados.
Principales impactos	El helecho marranero es la planta superior más ampliamente distribuida en el mundo. Afecta profundamente los ecosistemas intervenidos por la actividad agropecuaria en los cinco continentes, y hasta islas remotas del océano Pacífico (Alonso-Amelot 1999). Frena procesos sucesionales y acidifica los suelos. Puede cubrir densamente zonas de bosque y de cultivo. Aumenta la probabilidad de incendios. Se considera muy venenoso tanto para humanos como para otros animales; afectan al ganado mediante parálisis, produce degeneración renal y hepática, hemorragias a lo largo del tubo digestivo, y puede ocasionar ceguera permanente. Algunos de sus efectos pueden ser transmitidos al ser humano a través de la leche de animales expuestos al helecho, la leche contiene un carcinógeno causante del cáncer gástrico observado en las zonas montañosas de Venezuela y Costa Rica (Alonso-Amelot 1999).
Ambientes preferenciales de invasión	Afecta con facilidad ecosistemas intervenidos por la actividad humana y es propenso a invadir sitios talados, campos de cultivo, pastizales inducidos, parcelas abandonadas, áreas abiertas, bordes de caminos y carreteras, cafetales, pastizales y sobre todo,

	áreas afectadas por incendios (Ramírez <i>et al</i> 2007).
Presencia de la especie en Colombia	Existen registro de la especie en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Cauca, Huila, Nariño entre otros (I3N-Colombia)

Fuente: Ramírez T, M; Pérez G, B; Orozco, B. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria Post-Fuego. En: Ciencias: Enero-Marzo, Numero 085. Pp 18-25.

3.1.3. Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Tabla 10: Ficha Técnica Pasto Kikuyo



Nombre Común	Pasto Kikuyo- Pasto Africano
Familia	POACEAE
Origen	África Oriental (Congo, Kenia, Etiopia y Uganda).
Distribución actual	La especie tiene una amplia distribución a nivel mundial, sin embargo existen reportes que indican su presencia en toda la costa del Mediterráneo, España, Francia, Australia, Nueva Zelanda, Estados Unidos, Taiwán, Perú, Ecuador, Costa Rica, Colombia.
Reportes de invasión	Según la red IABIN de información de especies invasoras I3N: La especie presenta reportes de invasión para los países: Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Paraguay, Ecuador, Bahamas y México.
Principales Usos	Es utilizada como forraje para el ganado y en jardinería.
Descripción del hábitat	Su distribución natural corresponde a hábitats secos y en altitudes superiores a los 3.000 metros. Sin

	embargo tiene un crecimiento óptimo en pastizales cercanos a ecosistemas acuáticos (continentales o costeros), potreros y zonas cultivadas. También es común en orillas de caminos y los alrededores de poblaciones. No le favorecen condiciones de sombra.
Principales impactos	Su crecimiento denso impide el establecimiento de plántulas de especies nativas, Elimina cobertura de herbáceas endémicas Libera sustancias alelopáticas que inhiben el crecimiento de otras especies en áreas cercanas. Bajo ciertas condiciones puede acumular altos niveles de oxalatos y nitratos tóxicos para el ganado. Invade áreas agrícolas y márgenes de sistemas viales, exigiendo recursos para su control.
Ambientes preferenciales de invasión	Bordes de fragmentos de bosque, áreas húmedas, formaciones vegetales costeras. Pastizales, zonas cultivadas, bosque andino, potreros, plantaciones de coníferas o de pino-encino y bosque mesófilo presentes entre los 1350-3100 msnm y en a áreas con intenso pastoreo.
Presencia de la especie en Colombia	Se reporta la introducción de esta especie en los Departamentos de Cauca, Magdalena, Huila, Nariño, Cundinamarca, Caldas, Boyacá y Norte de Santander.

Fuente: Ramírez T, M; Pérez G, B; Orozco,B. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria Post-Fuego. En: Ciencias: Enero-Marzo, Numero 085. Pp 18-25.

3.1.4. Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Tabla 11: Ficha Técnica Buchón de Agua



Nombre Común	Buchón de agua, Jacinto de agua, Camalote.
Familia	PONTEDERIACEAE
Origen	Cursos de agua de la cuenca del Amazonas, América de Sur.
Distribución actual	Se encuentra en más de 50 países alrededor del mundo en cinco continentes.
Reportes de invasión	Según la base de datos GISD (Global Invasive Species Database), y la red IABIN de información de especies invasoras I3N: para los países Colombia, Costa Rica, Guatemala, Jamaica.
Principales Usos	-Ornamental -Por su alto consumo de nutrientes, es utilizado en tratamientos de aguas residuales o efluentes industriales (Dellarrosa <i>et al.</i> , 2001).
Descripción del hábitat	Florece en todos los continentes excepto Europa debido a las condiciones climáticas, pues requiere altos niveles de luz. La especie es sensible a bajas temperaturas y a condiciones salubres. Crece en lagunas poco profundas, humedales, marismas, lagos y ríos. Puede tolerar la fluctuación del nivel de agua, el pH, la disponibilidad de nutrientes, la temperatura y algunas sustancias tóxicas. Su crecimiento se ve favorecido en aguas ricas en nutrientes, particularmente en presencia de nitrógeno, fósforo y potasio.
Principales impactos	Esta especie está considerada entre las 100 especies más invasoras del mundo según la UICN. Su fácil dispersión horizontal y rápido crecimiento vegetativo pueden generar problemas de manejo en diversos tipos de sistemas acuáticos. El bloqueo de las vías fluviales, genera importantes restricciones en el tráfico de barcos, así como en la natación y la pesca. Igualmente impide la llegada de la luz del sol y reduciendo el oxígeno disuelto en la columna de agua

	que afecta la comunidad de peces principalmente y en consecuencia afecta toda la comunidad biótica del ecosistema. De esta manera su sombra y las aglomeraciones que forma sobre las plantas acuáticas nativas reducen dramáticamente la diversidad biológica en ecosistemas acuáticos (Lowe <i>et al.</i> 2004).
Ambientes preferenciales de invasión	Hábitats estuarinos, lagos, áreas urbanas, cursos de agua, tierras húmedas. Los ecosistemas perturbados son áreas particularmente susceptibles a la invasión del buchón de agua, como canales de riego, hidroeléctricas y lagos artificiales.
Presencia de la especie en Colombia	Existen reportes de presencia en los Departamentos de Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Norte de Santander, Meta, Magdalena y Caldas (I3N-Colombia)

Fuente: Lowe S., Browne M., Boudjelas S., De Poorter M. 2004. 100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo. Una selección del Global Invasive Species Database. Publicado por el Grupo Especialista de Especies Invasoras (GEEI), un grupo especialista de la Comisión de Supervivencia de Especies (CSE) de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), 12 pp.
Dellarossa, V., J. Céspedes & C. Zaror, 2001. *Eichhornia crassipes*-based tertiary treatment of Kraft pulp mill effluents in Chilean Central region. *Hydrobiologia* 443: 187-191.

Con esta información se procede a identificar los impactos y buscar los diferentes cultivos afectados por departamento. En la siguiente sección se presenta el resto de información que sigue después de estas tablas.

10.3. Estimación del Impacto Económico sobre las Actividades Agropecuarias

Para estimación del impacto económico de las especies invasoras sobre las actividades agrícolas y pecuarias en Colombia, se parte de la información económica obtenida de diferentes fuentes como www.agronet.gov.co, UMATAs, Gobernaciones de departamentos afectados por las especies invasoras y otras fuentes estadísticas del Ministerio de Agricultura. A partir de esta información se construyeron las siguientes tablas:

Tabla 12: Area Sembrada en hectáreas por Departamento (2009)									
Cultivo/Departamento	Valle del Cauca	Magdalena	Huila	Nariño	Cundinamarca	Boyacá	Santander	Norte de Santander	Meta
Aguacate	1174	448,73	185	18	93	68	1563	152	67
Algodón	758	0	1923	0	424	0	0	0	0
Arroz	5221	4960	34046	748	4520	0	1785	28973	111908
Arracacha	319	0	470	116	407	679	268	594	0
Banano	0	12138	0	0	0	0	0	0	0
Cacao	925	1567	7859	3894	2535	1868	32943	12850	2125
Caña	158431	0	5233	12000	42305	18455	15269	899	2212
Coco	325	879	0	6874	0	0	0	9586	0
Frijol Zona Ladera	1248	1236	11342	4676	3850	3150	3950	3280	331
Frijol Zona Plano	1248	1236	11342	4676	3828	3122	1975	3283	300
Maíz Zona Ladera	22725	9314	14660	18146	174	63576	2389	500	14066
Maíz Zona Plana	3804	25166	16452	0	28524	0	14413	9186	9509
Palma Africana	665	8750	0	6200	0	0	9000	0	9200
Papa	331	0	44	28791	55418	45618	6580	2814	0
Platano	21376	2257	25581	15835	6678	3950	0	13478	14471
Sorgo	2290	0	1406	0	3500	0	10369	0	0
Soya	4212	0	0	0	0	0	0	0	26771
Tabaco	110	45	1526	0	0	835	4133	415	0
Yuca	787	9526	3721	1076	1765	2745	9261	16334	3603

Fuente: Agronet, Ministerio de Agricultura.

De la revisión de literatura se tienen los siguientes datos:

- Costos de control
- Calle (2002): 30%
- Robbins et al. (1955), citado en Gómez (1995): 10%
- De la Cruz y Gómez (1971) citado en Gómez (1995): 30% - 40%

A partir de esta información se asume un 28% de sobre costos en costos de control.

Reducción Rendimientos

- Betty P. (2009): 32.17%
- Bridges, D. (1994): 75%

A partir de información se asume un 45% de reducción en rendimientos.

Cultivo/Departamento	Antioquia	Chocó	Caquetá	Putumayo	Amazonas	Tolima	Quindío	Caldas	Cauca
Aguacate	2376	20	0	0	0	4892	560	911	28
Algodón	0	0	0	0	0	11008	0	0	0
Arroz	5678	12750	1671	1847	43	116109	0	0	23285
Arracacha	51	0	0	0	0	1974	0	17	57
Banano	31697	0	0	0	0	0	0	0	0
Cacao	8157	975	284	856	0	7242	68	305	597
Caña	38296	1882	543	2042	0	8876	531	12630	48641
Coco	503	8139	0	0	0	0	0	0	2171
Frijol Zona Ladera	21228	47	0	337	21	14301	739	3628	0
Frijol Zona Plano	0	0	696	0	414	0	0	0	0
Maíz Zona Ladera	5161	0	0	8922	0	17017	395	1433	5992
Maíz Zona Plana	40866	0	7572	0	0	20321	847	2942	0
Palma Africana	3861	419	380	0	0	0	0	0	0
Papa	11502	0	0	0	0	3504	21	815	3086
Platano	55919	15865	5351	5351	0	16974	34132	16631	9295
Sorgo	0	0	0	0	0	7264	0	0	147
Soya	0	0	0	0	0	0	10	0	38
Tabaco	0	0	0	0	0	15	30	72	14
Yuca	9266	2902	2670	2670	957	2752	678	1657	2748

Fuente: Agronet, Ministerio de Agricultura.

La información presentada en la anterior tabla presenta el área cosechada de las actividades agrícolas afectadas por las especies invasoras estudiadas. Esta información se va a relacionar con el porcentaje de afectación obtenido de los estudios de la sección anterior, para luego relacionarlo con variables monetarias de ingresos y costos de cultivos por hectárea.

Departamento/Sp Invasora	Pasto Kikuyo	Helecho Marranero	Palma Africana	Buchon de Agua
Valle del Cauca	x	x	x	
Magdalena	x			x
Huila	x	x		
Nariño	x	x		
Cundinamarca	x			x
Boyacá	x	x		x
Santander			x	
Norte de Santander	x		x	x
Meta			x	x
Antioquia			x	
Chocó			x	
Caquetá			x	
Putumayo			x	
Amazonas			x	
Tolima				x
Quindío			x	
Caldas	x			x

Fuente: Los autores, basado en los impactos identificados en las fichas técnicas.

La tabla anterior resume las afectaciones de las cuatro especies invasoras por departamento, esta tabla sirve de base para relacionarla con la siguiente que tiene la información de tipo económico:

Tabla 15: Rendimiento, Precios, Ingresos, Costos y Utilidad por Tipo de Cultivo, por hectárea (pesos de 2009).						
Cultivo	Tipo	Rendimiento Ton/Ha	Precio Productor \$/Ton	Ingresos \$/Ton	Costos \$/Ton	Utilidad \$/Ton
Aguacate	Anual	10	\$ 1.030.000	\$ 10.300.000	\$ 2.958.063	\$ 7.341.937
Algodón	Semestral	4,5	\$ 1.550.000	\$ 6.975.000	\$ 6.893.458	\$ 81.542
Arroz	Semestral	8,92	\$ 800.000	\$ 7.132.000	\$ 4.152.001	\$ 2.980.000
Arracacha	Semestral	14,42	\$ 410.000	\$ 5.912.200	\$ 3.106.367	\$ 2.805.833
Banano	Semipermanente	10,48	\$ 380.000	\$ 3.974.800	\$ 3.699.753	\$ 275.047
Cacao	Permanente	0,58	\$ 3.407.000	\$ 1.976.060	\$ 3.353.863	\$ (1.377.803)
Caña	Semipermanente	54,79	\$ 48.000	\$ 2.629.920	\$ 2.303.118	\$ 326.802
Coco	Permanente	12	\$ 710.000	\$ 8.520.000	\$ 3.608.970	\$ 4.911.030
Frijol Zona Ladera	Semestral	0,94	\$ 3.100.000	\$ 2.914.000	\$ 2.967.866	\$ (53.866)
Frijol Zona Plano	Semestral	1,85	\$ 3.100.000	\$ 5.719.500	\$ 3.085.547	\$ 2.633.953
Maíz Zona Ladera	Semestral	2,41	\$ 680.000	\$ 1.638.800	\$ 1.464.884	\$ 173.916
Maíz Zona Plana	Semestral	6,1	\$ 680.000	\$ 4.144.600	\$ 3.491.623	\$ 652.977
Palma Africana	25 años	5,5	\$ 1.295.030	\$ 7.122.665	\$ 5.344.303	\$ 1.778.362
Papa	Anual	16,95	\$ 410.000	\$ 6.949.500	\$ 3.835.982	\$ 3.113.519
Platano	Semipermanente	19,36	\$ 650.000	\$ 12.585.987	\$ 8.604.073	\$ 3.981.914
Sorgo	Semestral	5,29	\$ 590.000	\$ 3.121.100	\$ 2.408.517	\$ 712.583
Soya	Semestral	2,4	\$ 950.000	\$ 2.275.250	\$ 2.297.616	\$ (22.366)
Tabaco	Semestral	2,56	\$ 3.220.000	\$ 8.227.100	\$ 6.625.961	\$ 1.601.139
Yuca	Anual	15,25	\$ 500.000	\$ 7.625.000	\$ 5.149.024	\$ 2.475.976

Fuente: Agronet, Ministerio de Agricultura.

Con la columna de ingresos por hectárea se cuantificará el impacto por afectación de la producción de las especies invasoras y con la columna de costos se estimará el impacto en sobre costos de control de las especies. Estos cálculos se harán con excepción del Buchón de Agua.

Teniendo en cuenta la información anterior, el impacto económico por disminución en el valor de la producción se estimará como:

$$(Ingreso\ por\ hectárea) \times (Área\ Cultivada\ en\ hectáreas\ por\ Departamento) \times (45\% \text{ afectación del valor de la producción por hectárea})$$

Mientras que los incrementos en costos en control se estiman como:

$$(Costo\ por\ hectárea) \times (Área\ Cultivada\ en\ hectáreas\ por\ Departamento) \times (35\% \text{ de incremento en los costos de producción por hectárea})$$

En las siguientes subsecciones se muestran los resultados por tipos de especie invasoras:

3.2.1. Estimación del Impacto económico de la Palma Africana (*Elaeis guineensis*)

Los riesgos de afectación de la palma africana se tienen latentes en los departamentos de: Valle del Cauca, Santander, Norte de Santander, Meta, Antioquia, Chocó, Caquetá, Putumayo, Amazonas, Quindío. Utilizando la información de ingresos y costos por hectáreas, el área total afectada en los departamentos antes mencionados y el delta 45% de afectación del valor de la producción y el 28% en sobre costos de control se tiene los siguientes resultados:

Tabla 16: Impacto Económico de la Palma Africana					
Cultivo	Ingresos \$/Ton	Costos \$/Ton	Total Area afectada	Costos por afectacion del valor de la produccion	Incrementos en Costos de Control
Aguacate	\$ 10.300.000	\$ 2.958.063	5912	\$ 27.402.120.000	\$ 23.608.895.209
Algodón	\$ 6.975.000	\$ 6.893.458	758	\$ 2.379.172.500	\$ 7.054.075.776
Arroz	\$ 7.132.000	\$ 4.152.001	169876	\$ 545.200.034.400	\$ 952.189.069.866
Arracacha	\$ 5.912.200	\$ 3.106.367	1232	\$ 3.277.723.680	\$ 5.166.509.594
Banano	\$ 3.974.800	\$ 3.699.753	31697	\$ 56.695.156.020	\$ 158.315.958.473
Cacao	\$ 3.407.000	\$ 3.353.863	59183	\$ 90.736.416.450	\$ 267.963.727.845
Caña	\$ 2.629.920	\$ 2.303.118	220105	\$ 260.486.343.720	\$ 684.352.423.834
Coco	\$ 8.520.000	\$ 3.608.970	18553	\$ 71.132.202.000	\$ 90.392.240.040
Frijol Zona Ladera	\$ 2.914.000	\$ 2.967.866	31180,5	\$ 40.886.989.650	\$ 124.928.378.429
Frijol Zona Plano	\$ 5.719.500	\$ 3.085.547	7916	\$ 20.374.002.900	\$ 32.974.002.296
Maíz Zona Ladera	\$ 1.638.800	\$ 1.464.884	54158	\$ 39.939.358.680	\$ 107.102.481.423
Maíz Zona Plana	\$ 4.144.600	\$ 3.491.623	86197	\$ 160.763.438.790	\$ 406.305.980.890
Papa	\$ 6.949.500	\$ 3.835.982	21248	\$ 66.448.339.200	\$ 110.034.362.131
Platano	\$ 12.585.987	\$ 8.604.073	165943	\$ 939.850.420.736	\$ 1.927.510.698.285
Sorgo	\$ 3.121.100	\$ 2.408.517	12659	\$ 17.779.502.205	\$ 41.160.714.258
Soya	\$ 2.275.250	\$ 2.297.616	30993	\$ 31.732.570.463	\$ 96.133.500.393
Tabaco	\$ 8.227.100	\$ 6.625.961	4688	\$ 17.355.890.160	\$ 41.934.384.002
Yuca	\$ 7.625.000	\$ 5.149.024	49128	\$ 168.570.450.000	\$ 341.497.688.947
Subtotales				\$ 2.561.010.131.553	\$ 5.418.625.091.691
Impacto Economico asociado con la Palma Africana (pesos de 2009)					\$ 7.979.635.223.245

Fuente: Calculo de los autores.

Como se aprecia en la anterior tabla el impacto económico mercadeable ocasionado por la Palma Africana como especie invasora equivale a tres mil seiscientos ochenta y cuatro miles de millones de pesos de 2009 (COL\$ 3.684.873.113.534 de 2009) aproximadamente, equivalentes a tres mil novecientos cinco miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 3.905.965.500.346), aproximadamente.

3.2.2. Estimación del Impacto económico del Helecho Marranero (*Pteridium aquilinum*)

Procediendo de la misma forma que en la sub sección anterior se procede a identificar los departamentos afectados por la especie invasora, para luego hacer los cálculos por afectación del valor de la producción y sobre costos en el control. Los riesgos de afectación de helecho marranero se tienen latentes en los departamentos de: Valle del Cauca, Huila, Nariño y Boyacá. Utilizando la información de ingresos y costos por hectáreas, el área total afectada en los departamentos antes mencionados y el delta 45% de afectación del valor de la producción y el 28% en sobre costos de control se tiene los siguientes resultados:

Tabla 17: Impacto Económico del Helecho Marranero					
Cultivo	Ingresos \$/Ton	Costos \$/Ton	Total Area afectada	Costos por afectacion del valor de la produccion	Incrementos en Costos de Control
Aguacate	\$ 10.300.000	\$ 2.958.063	1445	\$ 6.697.575.000	\$ 5.770.442.080
Algodón	\$ 6.975.000	\$ 6.893.458	2681	\$ 8.414.988.750	\$ 24.949.837.936
Arroz	\$ 7.132.000	\$ 4.152.001	40015	\$ 128.424.141.000	\$ 224.292.105.010
Arracacha	\$ 5.912.200	\$ 3.106.367	1584	\$ 4.214.216.160	\$ 6.642.655.193
Cacao	\$ 3.407.000	\$ 3.353.863	14546	\$ 22.301.199.900	\$ 65.860.135.262
Caña	\$ 2.629.920	\$ 2.303.118	194119	\$ 229.732.848.216	\$ 603.556.521.489
Coco	\$ 8.520.000	\$ 3.608.970	7199	\$ 27.600.966.000	\$ 35.074.313.375
Frijol Zona Ladera	\$ 2.914.000	\$ 2.967.866	20415	\$ 26.770.189.500	\$ 81.795.123.414
Frijol Zona Plano	\$ 5.719.500	\$ 3.085.547	20387,5	\$ 52.472.837.813	\$ 84.923.884.765
Maíz Zona Ladera	\$ 1.638.800	\$ 1.464.884	119107	\$ 87.836.648.220	\$ 235.545.168.855
Maíz Zona Plana	\$ 4.144.600	\$ 3.491.623	20256	\$ 37.778.857.920	\$ 95.480.514.971
Palma Africana	\$ 7.122.665	\$ 5.344.303	6865	\$ 22.003.692.851	\$ 49.529.664.128
Papa	\$ 6.949.500	\$ 3.835.982	74784	\$ 233.870.133.600	\$ 387.274.554.670
Platano	\$ 12.585.987	\$ 8.604.073	66742	\$ 378.006.283.969	\$ 775.241.613.234
Sorgo	\$ 3.121.100	\$ 2.408.517	3696	\$ 5.191.013.520	\$ 12.017.536.922
Soya	\$ 2.275.250	\$ 2.297.616	4212	\$ 4.312.508.850	\$ 13.064.701.825
Tabaco	\$ 8.227.100	\$ 6.625.961	2471	\$ 9.148.123.845	\$ 22.103.213.069
Yuca	\$ 7.625.000	\$ 5.149.024	8329	\$ 28.578.881.250	\$ 57.896.398.210
Subtotales				\$ 1.313.355.106.364	\$ 2.781.018.384.409
Impacto Economico asociado con la helecho Marranero (pesos de 2009)				\$ 4.094.373.490.773	

Fuente: Calculo de los autores.

Como se aprecia en la anterior tabla el impacto económico mercadeable ocasionado por la Palma Africana como especie invasora equivale a mil ochocientos noventa miles de millones de pesos de 2009 (COL\$ 1.890.158.919.427 de 2009) aproximadamente, equivalentes a dos mil tres miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 2.003.568.454.592), aproximadamente.

3.2.3. Estimación del Impacto económico del pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)

Los departamentos afectados por esta especie invasora son Valle del Cauca, Magdalena, Huila, Nariño, Cundinamarca, Boyacá, Norte de Santander y Caldas. Procediendo de la misma forma que en la sub sección anterior se procede a identificar los departamentos afectados por la especie invasora, para luego hacer los cálculos por afectación del valor de la producción y sobre costos en el control.

Tabla 18: Impacto Económico del pasto Kikuyo

Cultivo	Ingresos \$/Ton	Costos \$/Ton	Valle del Cauca	Magdalena	Huila	Nariño	Cundinamarca	Boyacá	Norte de Santander	Caldas	Total Area afectada	Costos por afectacion del valor de la produccion	Incrementos en Costos de Control
Aguacate	\$ 10.300.000	\$ 2.958.063	1174	448,73	185	18	93	68	152	911	3050	\$ 14.135.498.550	\$ 2.525.962.471
Algodón	\$ 6.975.000	\$ 6.893.458	758	0	1923	0	424	0	0	0	3105	\$ 9.745.818.750	\$ 5.993.172.559
Arroz	\$ 7.132.000	\$ 4.152.001	5221	4960	34046	748	4520	0	28973	0	78468	\$ 251.835.199.200	\$ 91.223.769.066
Arracacha	\$ 5.912.200	\$ 3.106.367	319	0	470	116	407	679	594	17	2602	\$ 6.922.594.980	\$ 2.263.174.742
Banano	\$ 3.974.800	\$ 3.699.753	0	12138	0	0	0	0	0	0	12138	\$ 21.710.755.080	\$ 12.574.129.556
Cacao	\$ 3.407.000	\$ 3.353.863	925	1567	7859	3894	2535	1868	12850	305	31803	\$ 48.758.769.450	\$ 29.865.609.835
Caña	\$ 2.629.920	\$ 2.303.118	158431	0	5233	12000	42305	18455	899	12630	249953	\$ 295.810.377.192	\$ 161.187.929.971
Coco	\$ 8.520.000	\$ 3.608.970	325	879	0	6874	0	0	9586	0	17664	\$ 67.723.776.000	\$ 17.849.675.419
Frijol Zona Ladera	\$ 2.914.000	\$ 2.967.866	1248	1236	11342	4676	3850	3150	3280	3628	32409	\$ 42.497.266.050	\$ 26.931.542.058
Frijol Zona Plano	\$ 5.719.500	\$ 3.085.547	1248	1236	11342	4676	3828	3122	3283	0	28735	\$ 73.956.137.738	\$ 24.825.258.858
Maíz Zona Ladera	\$ 1.638.800	\$ 1.464.884	22725	9314	14660	18146	174	63576	500	1433	130528	\$ 96.259.178.880	\$ 53.538.335.086
Maíz Zona Plana	\$ 4.144.600	\$ 3.491.623	3804	25166	16452	0	28524	0	9186	2942	86074	\$ 160.534.035.180	\$ 84.150.618.628
Palma Africana	\$ 7.122.665	\$ 5.344.303	665	8750	0	6200	0	0	0	0	15615	\$ 50.049.186.289	\$ 23.366.361.577
Papa	\$ 6.949.500	\$ 3.835.982	331	0	44	28791	55418	45618	2814	815	133831	\$ 418.526.340.525	\$ 143.744.507.235
Platano	\$ 12.585.987	\$ 8.604.073	21376	2257	25581	15835	6678	3950	13478	16631	105786	\$ 599.139.563.633	\$ 254.853.333.548
Sorgo	\$ 3.121.100	\$ 2.408.517	2290	0	1406	0	3500	0	0	0	7196	\$ 10.106.746.020	\$ 4.852.872.934
Soya	\$ 2.275.250	\$ 2.297.616	4212	0	0	0	0	0	0	0	4212	\$ 4.312.508.850	\$ 2.709.715.934
Tabaco	\$ 8.227.100	\$ 6.625.961	110	45	1526	0	0	835	415	72	3003	\$ 11.117.691.585	\$ 5.571.373.316
Yuca	\$ 7.625.000	\$ 5.149.024	787	9526	3721	1076	1765	2745	16334	1657	37611	\$ 129.052.743.750	\$ 54.224.783.666
Subtotales												\$ 2.312.194.187.701	\$ 1.002.252.126.459
Impacto Económico asociado con el Pasto Kikuyo												\$ 3.314.446.314.160	\$ 3.314.446.314.160

Como se aprecia en la anterior tabla el impacto económica mercadeable ocasionado por la Palma Africana como especie invasora equivale a tres mil trescientos catorce miles de millones de pesos de 2009 (COL\$ 3.314.446.314.160 de 2009) aproximadamente, equivalentes a tres mil quinientos trece miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 3.513.313.093.009), aproximadamente.

3.2.4. Estimación del Impacto económico del Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Para la estimación del impacto económico de esta especie invasora se tiene muy poca información. Se sabe de la ficha técnica que esta especie genera importantes daños sobre

ecosistemas acuáticos, infraestructuras, rutas de navegación, caminos, entre otros. En el presente estudio solo se pudo recolectar información sobre la afectación de embalses de hidroeléctricas en el país.

Si se toman en cuenta los datos del estudio de EPM presentado en la sección 2 que mencionan afectaciones de 336 ha para el embalse de Porce II, de 500 ha para el embalse de Muña y de 300 ha para el embalse de Tominé. Asumiendo costos de control por hectárea de 11 millones de pesos de 2010. Especificando un horizonte de tiempo mínimo de operación del embalse de 30 años, con una tasa de descuento del 15% se puede estimar un flujo de caja de los costos de control de la especie invasora para ese período de tiempo:

Tiempo: 30 años

Tasa de Interés: 15%

Costos de control por hectárea: 11.000.000 pesos de 2010.

Costos Económicos Totales en pesos de 2010: ochocientos veinte y siete miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 827.382.302.372), aproximadamente. Equivalente a veinte y siete mil quinientos setenta y nueve miles de millones anuales (COL\$ 27.579.410.079), aproximadamente.

3.25. Estimación del Impacto económico de las Especies Invasoras en los Pastos para Actividades Pecuarias

En esta sección también se desarrolla un cálculo grueso sobre el impacto económico de las especies invasoras al afectar las tierras para pastos. Se parte del dato de Murgueito (2010) de la existencia de 35,5 millones de hectáreas para pastos en el país. También tomando como base el estudio de ICA (2006), en donde se dice que el control de invasoras mediante métodos químicos para cultivos y pastos ronda entre \$ 253.393 y \$ 276.659 pesos de 2006 (equivalentes a 339097 y 370232 pesos de 2010) por hectárea; podemos utilizar un promedio en pesos de 2010 (COL\$ 354.665 pesos de 2010) y asumiendo el dato de 28% de incrementos en el costo de control por invasoras se tiene un monto del costo económico equivalente a tres mil quinientos miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 3.525.370.100.000), aproximadamente.

3.2.6. Resumen de los Impactos Económicos de las cuatro especies invasoras estudiadas.

Al final los cálculos del impacto económico mercadeable de las cuatro especies invasoras estudiadas sobre la agricultura y la ganadería colombiana son:

Tabla 19: Resumen de estimaciones del impacto económico.

Especie Invasora	Pesos 2010	US \$
Palma Africana	\$ 8.458.413.336.639	\$ 4.382.597.584
Helecho Marranero	\$ 4.340.035.900.219	\$ 2.248.723.264
Pasto Kikuyo	\$ 3.513.313.093.009	\$ 1.820.369.478
Buchón de Agua	\$ 827.382.302.370	\$ 428.695.493
Total Afectación Agricultura	\$ 17.139.144.632.238	\$ 8.880.385.820
Total Afectación Ganadería	\$ 3.525.370.100.000	\$ 1.826.616.632
Gran Total	\$ 20.664.514.732.238	\$ 10.707.002.452

Observación: Tipo de cambio 1930 pesos de 2010 por dólar US.

Fuente: Cálculo de los Autores.

La anterior cifra es equivalente a 3.9% del PIB de Colombia para el año 2010 (estimado en COL\$ 530.199.039 miles de millones de pesos de 2010 o en dólares US\$ 272.602 miles de millones de dólares corrientes) según indicadores de coyuntura económica de la dirección de estudios económicos del departamento nacional de planeación (Septiembre de 2010).

Esta cifra es importante y advierte la necesidad de pensar en el diseño de políticas públicas eficientes y eficaces para minimizar los impactos negativos de las especies invasoras. En la siguiente sección se trabaja en las estimaciones de naturaleza no mercadeable, que sin lugar a dudas subirán el valor económico de los impactos ocasionados por las especies invasoras estudiadas.

La anterior estimación es una aproximación del verdadero valor del impacto, hacia futuro para poder establecer medidas de política de prevención, control y erradicación de estas especies es importante desarrollar estudios a nivel regional para poder tener más en cuenta la coyuntura económica y social de los departamentos afectados y poder utilizar información primaria que permita refinar los cálculos.

3.3. Estimación del Impacto Económico sobre Ecosistemas, recursos hídricos y Biodiversidad

Para estimar el impacto económico de las especies invasoras sobre flujos de bienes y servicios ambientales de ecosistemas con valores intangibles se parte de una delimitación clave. El impacto se estimará solamente considerando el área total del sistema de parques nacionales naturales de Colombia.

Para la estimación del impacto económico no mercadeable se parte del dato de afectación del 40% de la biodiversidad y de los ecosistemas mencionado en la sección 2 del presente

estudio. Se estima el beneficio esperado de los flujos de bienes y servicios usando la técnica de transferencia de beneficios y por último se encuentra una medida del posible impacto negativo sobre el valor de los ecosistemas del sistema de parques nacionales naturales de Colombia. En esta sección, para la transferencia de beneficios se usan los estudios de Carriazo et al. (2003), Correa (2005) y Daza et al. (2009).

Según Carriazo et al. (2003), el área total del sistema de parques nacionales naturales es de aproximadamente 10 millones de hectáreas en las que se albergan ecosistemas valiosos que contribuyen a la conservación y uso sostenible del recursos hídrico, al ecoturismo y al secuestro de carbono.

En la siguiente tabla se muestran los valores a utilizar en la transferencia de beneficios para asignar un valor por hectárea a los servicios ambientales del área del sistema de parques nacionales naturales de Colombia basado en los estudios de Carriazo et al. (2003), Correa (2005) y Daza et al. (2009).

Tabla 20: Transferencia de Beneficios Valores de Servicios ambientales por Hectarea			
Estudio	Servicio Ambiental	Valor por Ha (COL\$ de 2010)	Valor por Ha (US\$ corrientes)
Carriazo et al. (2003)	Ecoturismo, sumidero de carbono, conservación del recurso hídrico	1673432	867
Correa (2005)	Recreación, regulación de Clima, formación de suelo, cultura, control de erosión	345488	179
Daza et al. (2009)	Regulación hídrica, Biodiversidad	3727473	1931
	Promedio	1915464	992

Fuente: Cálculos de los autores basados en Carriazo et al. (2003), Correa (2005), Daza et al. (2009).

Para las 10 millones de hectáreas el valor total asciende a diecinueve millones ciento cincuenta y cuatro miles de millones de pesos de 2010 (COL\$ 19.154.643.333.333), aproximadamente. Equivalente a nueve mil novecientos veinte y tres miles de millones de dólares corrientes (US\$ 9.923.333.333), aproximadamente.

Si según el MAVDT, un 40% de las extinciones son a causa de las especies invasoras y según S. Vuilleumiera, A. Buttler, N. Perrin, J.M. Yearsley (2010) la probabilidad de invasión puede ser en promedio del 70%, como se mencionó en la sección 2, se aplica un porcentaje de 50% de afectación para el presente estudio. Luego, el impacto económico de naturaleza no mercadeable que afecta los flujos de servicios ambientales antes mencionados de los ecosistemas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia asciende a la suma de nueve millones quinientos setenta y siete miles de millones de pesos de 2010 (COL \$ 9.577.321.666.667), aproximadamente. Equivalentes a cuatro mil novecientos sesenta y un mil millones de dólares (US\$ 4.961.666.667 corrientes), aproximadamente.

La anterior cifra es equivalente a 1.8% del PIB de Colombia para el año 2010 (estimado en COL\$ 530.199.039 miles de millones de pesos de 2010 o en dólares US\$ 272.602 miles de millones de dólares corrientes) según indicadores de coyuntura económica de la dirección de estudios económicos del departamento nacional de planeación (Septiembre de 2010).

La anterior cifra pone en descubierto la gran importancia que llegan a tener las medidas de acción que pueda tomar la sociedad a todos los niveles (del gobierno y del sector privado) para proteger el capital natural de Colombia. Esta cifra de afectación de naturaleza no mercadeables 1.8% de valor del PIB de Colombia para 2010 junto con la encontrada para el impacto económico mercadeable de 3.6% del valor del PIB, revela solo una cifra de referencia del enorme problema que tiene Colombia con las 176 especies invasoras identificadas en el país.

11. Conclusiones.

El presente estudio revela un impacto económico mercadeable de las cuatro especies invasoras estudiadas:

- Palma Africana (*Elaeis guineensis*)
- Helecho marranero (*Pteridium aquilinum*)
- Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)
- Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*)

Equivalente al 3.6 % del valor del PIB de Colombia para el año 2010 y un impacto económico no mercadeable de afectación de los ecosistemas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia del 1.8% del valor del PIB de Colombia para el año 2010.

Para este estudio en particular, con los supuestos realizados en el estudio, y con la información secundaria utilizada el mayor impacto económico mercadeable lo produce la palma africana, seguida del helecho marranero; en tercer lugar el pasto kikuyo y por último el buchón de agua.

El valor del impacto económico sobre la agricultura y ganadería (impacto económico mercadeable) es de 20.664.515 miles de millones de pesos de 2010 aproximadamente (equivalente a US\$ 10.707.002 corrientes). Este es un límite inferior del verdadero impacto de las especies invasoras debido fundamentalmente a que no se incluye el total de especies invasoras y la totalidad de los sectores y agentes económicos afectados.

El anterior valor serviría para soportar políticas públicas y esfuerzos privados para prevenir, controlar y erradicar las especies invasoras estudiadas. Sería de gran utilidad para el diseño de esfuerzos regulatorios utilizando los criterios de eficiencia (ejecución de esfuerzos de mínimo costo) y efectividad (cumplimiento de los objetivos).

El valor del impacto económico de naturaleza no mercadeable que afecta los flujos de servicios ambientales antes mencionados de los ecosistemas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia asciende a la suma de nueve millones quinientos setenta y siete miles de millones de pesos de 2010 (COL \$ 9.577.321.666.667), aproximadamente. Equivalentes a cuatro mil novecientos sesenta y un mil millones de dólares (US\$ 4.961.666.667 corrientes), aproximadamente.

Este valor es importante para justificar fondos para desarrollar esfuerzos en prevención, control y erradicación de estas especies invasoras. A partir de estas cifras y basado en un esfuerzo de política concreto se puede desarrollar un análisis económico que pueda arrojar cifras sobre los niveles óptimos de prevención, control y erradicación de estas especies basado en los criterios de eficiencia (ejecución de esfuerzos de mínimo costo) y efectividad (cumplimiento de los objetivos).

Es muy importante en estos momentos en que el MAVDT (con el apoyo de IAvH) en unión con TNC integre y desarrolle el análisis económico de los impactos de las especies invasoras en Colombia para incrementar la evidencia que soporte decisiones y mejores los procesos de toma de decisiones desde la perspectiva ex ante dentro del Plan Nacional para la Prevención, Control y Manejo de las Especies Introducidas Exóticas, Invasoras y Trasplantadas que se pretende establecer en el país.

Se recomienda desarrollar más el análisis económico de los impactos causados por las especies invasoras en Colombia para poder tener evidencia que permita integrar los esfuerzos regulatorios con otros frentes de la política ambiental en Colombia, como las políticas actuales de recuperación de ecosistemas, de manejo de pasivos ambientales, y de fomento de la protección y conservación del capital natural dentro del modelo de desarrollo económico ambiental sostenible que ha adoptado el país.

Hacia futuro se recomienda profundizar en esta línea de investigación usando información primaria que permita refinar los esfuerzos de cálculo de los impactos económicos considerando las diferentes coyunturas a nivel de las regiones del país.

En términos de información se recomienda desarrollar una estrategia en conjunto con el sector privado para recolectar información de manera sistemática que permita hacer cuantificaciones con datos primarios de los impactos económicos de las especies invasoras.

12. Referencias Bibliográficas.

Alonso-Amelot, M. E. 1999. Braken fern, animal and human Elath. In: Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16: 528-541

Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner, H. Schuman. (1993), Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation.

Bergman, D, L., *et al.* 1999. The Economic Impact of Invasive Species to Wildlife Services Cooperators. Human Conflict with Wildlife: Economic Consideration.

Bhaskar, R., y J. Pederson. 2003. Exotic species: An ecological roulette with nature. MIT Sea Grant College Program, Coastal Resources Fact Sheet, Cambridge.

Blanco y Hernández. 2009. Los Costos Económicos del Cambio Climático en Enfermedades Transmitidas por Vectores. Estudio de Caso: la malaria y el dengue en Colombia. Ecovera. Financiado por el Banco Mundial.

Bridges, D. 1994. Impact of Weed on Human Endeavors. Weed Technology (Georgia) 8: 392 – 395.

Betty, P., (2009).

(<http://www.quito.cipotato.org/presentambato/TEMATICAS%20DEL%20CONGRESO/SANIDAD/BPAUCAR.rtf>.)

Carriazo, F. Ibañez A., García, M. (2003). Valoración de los Beneficios Económicos provistos por el Sistemas de Parques Nacionales Naturales: Una Aplicación del Análisis de Transferencia de Beneficios. Documento CEDE 2003-26. Universidad de Los Andes. Bogotá. Colombia.

Calderon, V., y Saldarriaga, A., 1969. Herbicidas en Caña de Azucar. Agricultura Tropical. Colombia 25(10): 636-644.

Calle, F., (2002). La Yuca en el Tercer Milenio. Control de Malezas en el Cultivo de la Yuca. Capítulo 7. CIAT. Cali. Colombia. www.clayuca.org/PDF/libro_yuca/capitulo07.pdf

Cameron, T., A. (1988). A New Paradigm for Valuing Non – Markets Goods Using Referendum Data: Maximum Likelihood Estimation by Censored Logistic Regression. Journal of Environmental Economics and Management vol. 15, no. 3, pp. 355 – 379.

Caraballo, L., y Mendieta, J.C., (2008). Economía de la Contaminación y la Degradación Ambiental. Fondo Editorial Simón Rodríguez. Mérida. Venezuela.

Cárdenas, L.D., Castaño, A.N., Cárdenas, T.J., En prensa. Análisis de riesgo de especies de plantas introducidas para Colombia. Capítulo II.

Ceddia, M.G., Heikkilä, J. and Peltola, J. 2008. Managing invasive alien species with professional and hobby farmers: Insights from ecological-economic modelling. In: Ecological Economics 68. Pp. 1366 – 1374

Cesario. (1976). Value of Time in Recreation Benefit Analysis. *Land Economics*. 52:32-41.

Clavero, M and García-Berthou, E. 2005. Invasive species are a leading cause of animal extinctions. In: *Trends in Ecology and Evolution* Vol 20 No 3.

Coase, R. (1960). The Problem of Social Cost. *Journal of Law and Economics*, 3, 1-44.

Correa, F. (2005). Valoración económica de ecosistemas estratégicos asociados a fuentes hídricas que abastecen acueductos veredales. Universidad de Medellín. Colombia.

Cropper, M. L. (1981). Measuring the Benefits from Reduced Morbidity. *American Economic Review* vol. 71, no. 2, pp. 235-240.

Contreras, Balderas. S., 1999. Annotated checklist of introduced invasive fishes in Mexico, with examples of some recent introductions. Chapter 2:33-54, In: R. Claudi & J. H. Leach: *Nonindigenous freshwater fishes – vectors, biology, and impacts*. Lewis Publ., Washington.

DANE, SISAC. 2009. Síntesis Encuesta Nacional Agropecuaria ENA 2004. Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

Daehler, C.C., 1998. The taxonomic distribution of the invasive angiosperm plants: ecological insights and comparison to agricultural weeds. *Biological Conservation* (84) 167-180.

Daza, M., M., Noriega, A., y Murcia, D., M., (2009). Valoración Económica del Servicio Hídrico y Biodiversidad del Cerro la Judía. Programa de Uso y Valoración. Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá. Colombia.

Davis R. K. (1963). *The Value of Outdoor Recreation: an Economic Study of the Maine Woods*, Ph. D. dissertation, Department of Economics, Harvard University.

De la Cruz, R. y Gómez, J. F., 1971. *Caña de Azúcar*. Instituto colombiano agropecuario. ICA. 261 pag.

De Groot, R., S., Wilson, M., A., Boumans, M., J., (2002). A Typology for the Classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408. Special Issue: The dynamics and value of ecosystem services: Integrating economic and ecological perspective.

Deloach, C. J., Cordo, H.A. & Crouzel, I.S. 1989. *Control Biológico de Invasoras*. ed. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina. 266 pp.

Dobbs, I. M. (1993). Individual Travel Cost Method: Estimation and Benefit Assessment with a Discrete and Possibly Grouped Dependent Variable. *American Journal of Agricultural Economics* 75(1), 84-94.

Empresas Públicas de Medellín (Julio-Diciembre 2010). Manejo de Plantas Acuáticas Invasoras en Embalses de EPM. *Revista EPM* No. 3.

Eiswerth, M. E., Johnson, W. S., Agapoff, J., Darden, T. D., Harris, T. R., (2000). Estimating Net Losses in Recreation Use Value from Non-Indigenous Invasive Weeds. University of Nevada in Reno. Special Publication. SP -03-10.

Faría-Marmol, K. 2005. Fundamentos para el manejo de pastos en sistemas ganaderos de doble propósito. En González, C. y Soto, E., eds. *Manual de ganadería obble propósito*. Ed. Astro Data S.A., Maracaibo. Pp. 156-161.

Faría-Mármol, J. 2006. Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. X Seminario de pastos y forrajes 2006.

Freeman III, M. A. (1982). *Air and Water pollution Control: A Benefit - Cost Assessment*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Freeman III, M. A. (1993). *The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods*. Resources for the Future, Washington, D.C.

Freeman III, M. A. (2003). *The Measurement of Environmental and Resource Values. Theory and Methods*. Second Edition. Resources for the Future, Washington, D.C.

Garrod G. and Willis K. (1999). *Economic Valuation of the Environment: Methods and Case Studies*. Edward Elgar.

Gerber, E., Krebs, C., Murrel, C., Moretti, M., Rockin, R., & Schaffner, U. 2008. Exotic invasive knotweeds (*Fallopia* spp.) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats. En: *Biological Conservación*, Volume 141. Issue 2. Pp. 646-654.

GISP, 2005. *El Programa Mundial sobre Especies Invasoras*. Primera Edición de la secretaria del GISP. ISBN 1-919684-2.

GISP, 2008. *A Toolkit for the Economic Analysis of Invasive Species*. Global Invasive Species Programme. International Union for the Conservation of Nature (IUCN) Eastern and Southern Africa Regional Office. PO Box 68200. Nairobi, Kenya

Gómez, J.,F., 1995. Control de Malezas. En Cenicaña. *El Cultivo de la Caña en la Zona Azucarera de Colombia*, Cali. Cenicaña, pp. 143-152.

Green, W., 2005. *Econometrics*. Prentices Hall.

Grossman M. 1972. On the Concept of Health Capital and the Demand for Health, *Journal of Political Economy* vol. 80, no. 2, pp. 223-255.

Gutiérrez, B.P., 2006. Estado de conocimiento de Especies Invasoras, Propuesta de lineamientos para el control de los impactos. 156 pp.

Gutierrez, W., et. al. 2007. Evaluación de diferentes herbicidas sobre el control de malezas, desarrollo, rendimiento y beneficio neto relativo del cultivo de la yuca *Manihot esculenta* Crantz bajo las condiciones agroecológicas de la planicie de Maracaibo. Facultad de Agronomía. Universidad de Zulia. Venezuela.

Hall, R.O., Dybdahl, M.F., Vanderloop, M.C., 2006. Extremely high secondary production of introduced snails in rivers. *Ecological Applications* 16, 1121-1131.

Hanemann, W. M. (1984). Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses. *Amer. J. of Agr. Econ.* 66(1), 332-341.

Hanley, N. y Spash C. L. 1993. *Cost-benefit Analysis and the Environment*. - Department of Economics University of Stirling Scotland, published by Edward Elgar publishing limited.

Harrington W. y Portney P. R., 1987, Valuing of Benefits of Health and Safety Regulations, *Journal of Urban Economics* vol. 22, no. 1, pp. 101-112.

Hernández H.F., y Pérez. B.M., 1995. El vuelo del mosquito: un debate sobre mosquitos. Avance y perspectiva. *Organo de difusión del centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional.* 14: 5-15.

Herrera A.M. and Dudley T.L. 2003. Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biol. Invasions* 5: 167-177.

Holeck, K.T., Mills, E.L., MacIsaac, H.J., Dochoda, M.R., Colautti, R.I., and Ricciardi, A. 2004. Bridging troubled waters: understanding links between biological invasions, transoceanic shipping, and other entry vectors in the Laurentian Great Lakes. *Bioscience* 54: Pp. 919-929.

Hopkins, C.C.E., 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including S Gopal, B.1987. *Water hyacinth Aquatic Plant. Studies* 1. Elsevier Science. Amsterdam, The Netherlands. 471 p.

Hotelling H. (1947) citado en Prewitt R. A. (1949). *The Economic of Public Recreation – An Economic Survey of the Monetary Evaluation of Recreation in National Parks*, US Department of the Interior, National Park Service and Recreational Planning Division, Washington D. C.

IPS (2005). Metodologías para la Evaluación Económica de Daños Ambientales en Costa Rica. Instituto de Políticas para la Sostenibilidad. Heredia. Costa Rica.

Lassuy, D.R., 2002, Introduced Species as a factor in extinction and endangerment of native fish species. Workshop: Management, Implications and Co-occurring Native and Introduced Fishes Proceedings, Portland Oregon. Pp. 27-28.

Just, R., D. Hueth and A. Schmitz. 2003. Applied Welfare Economics and Public Policy. Englewood cliffs, NJ : Prentice- Hall, Inc.

Mack, R. N. and W. M. Lonsdale. 2002. Eradicating invasive plants: hard-won lessons for islands. 164–172. in Veitch, C. R. and M. N. Clout. Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species. Auckland, New Zealand Invasive Species Specialist Group of the World Conservation Union (IUCN).

Martinez, M. 2010. Progresos en el Control del Buchón de Agua. <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0c.htm>. 10-10-2010.

McNeely, J.A., Mooney, H.A., Neville, L.E., Schei, P.J. and Waage, J.K. 2001. Global Strategy on Invasive Alien Species. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 50 pp.

Mendieta, J.C., 2005. Manual de Valoración Económica de Bienes No Mercadeables. Documentos CEDE. 99-10. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Mendieta, J.C., 2007. Herramientas Microeconómicas Básicas para el Estudio de Metodologías de Valoración Ambiental y su Aplicabilidad Práctica en la Evaluación Económica de Políticas y Proyectos Ambientales. Apuntes de Clase CEDE. ISSN 1909-4442. Facultad de Economía. Universidad de los Andes.

Meyerson, L.A., y Mooney, H.A., 2007. Invasive Alien Species in an Era of globalization Frontiers. Ecology and the Environment 5(4): 199-208.

Mitchell, C., y Carson., R., 1988. Using Survey to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method. Resources for the Future. Washington D.C.

Mifsut, M y Martínez, J, M., 2007. Especies invasoras de alto impacto a la biodiversidad. Prioridades en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos: IMTA, Conabio, GECI, AridAmérica, The Nature Conservancy.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2010). Plan Nacional de Restauración. Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas. Republica de Colombia.

Murgueito, E., (2010). *Sistemas Agroforestales para la Producción Ganadera en Colombia*. Fundación CIPAV. Cali, Colombia.

Myers, J.H., y Bazely, D.R., 2003. *Ecology and control of introduced plants*. Cambridge Univ. Press, U.K. 313 pp.

Mwebaze, P., MacLeod, A., Tomlinson D., Barois, H., Rijpma, J., (2010). *Economic Valuation of the Influence of Invasive Alien Species on the Economy of the Seychelles Islands*. *Ecological Economics*. ECOLEC-03754; No. of Pages 10.

Palmquist, R., B. 1991. *Hedonic Methods*. En Braden, J. B. y Kolstad, Ch. D. (editores) *Measuring the demand for Environmental Quality (77-120)* Elsevier Science Publishers. B.V. (North Holland).

Parker, C., Barney, P.C, and Fowler, L., 2007. *Ranking nonindigenous weed species by their potential to invade the United States*. *Weed Science* (55) 386–397.

Pearce, D y Turner, K. 1990, *Economics of Natural Resources and the Environment*. The John Hopkins University Press. Baltimore.

Perrings, C., Williamson, M., Barbier, E.B., Delfino, D., Dalmazzone, S., Shogren, J., Simmons, P., Watkinson, A., 2002. *Biological invasions risks and the public good: an economic perspective*. *Conservation Ecology* 6 (1), 1.

Pheloung, P., Williams, P., and Halloy S. 1999. *A weed risk assessment model for use as a biosecurity tool evaluating plant introductions*. *Journal of Environmental Management* (57) 239–251.

Pimentel, D; Lach, L; Zuniga R & Morrison, D. 2001. *Environmental and Economic Costs of Nonindigenous Species in the United States*. In: *BioScience I* January / Vol. 50 No. 1.

Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. 2005. *Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States in Ecological Economics* 52 (273–288 pp)

Randall, J., Morse, L., Benton, N., Hiebert, R., Lu, S., and Killeffer, T., 2008. *The Invasive Species Assessment Protocol: A Tool for Creating Regional and National Lists of Invasive Nonnative Plants that Negatively Impact Biodiversity* En: *Invasive Plant Science and Management* (1) 36–49.

Richardson, D., Py_ek, M., Rejmanek, M., Barbour, F., Panetta y West. 2000. *Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions*. *Diversity and Distribution* 6:93-107

Robbins, W. A., et al. 1955. *Destrucción de Malas Hierbas*. Unión Tipográfica Hispanoamericana. México. 531 pag.

Rosen S. 1974. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy* 82: 34-55.

Rosenberger, Randall S.; Loomis, John B. 2001. Benefit transfer of outdoor recreation use values: A technical document supporting the Forest Service Strategic Plan (2000 revision). Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-72. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 59 p.

Sánchez, L., Gamboa, E., 2004. Control de Malezas con Herbicidas y Métodos Mecánicos en Plantaciones Jóvenes de Café. *Bioagro* 16 (2), 133-136.

Sousa, R., Nogueira, J.A., Gaspar, M. Antunes, C., Guilhermino., L. 2008. Growth and extremely high production of the non-indigenous invasive species *Corbicula fluminea*: Possible implications for ecosystem functioning. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 80: Pp. 289–295.

UICN. 1999. Recomendaciones, Especies Exóticas invasoras. Cuarta Reunión del Organismo Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico (Montreal, Canadá).

UICN, 2009. Guidelines on Biofuels and Invasive Species Draft for comment Draft Guidelines 6th July 2009. 14 pp.

Uribe, E., Mendieta, J.C., Carriazo, F. & Jaime, H. 2003. Valoración Económica Ambiental y Estudios de Caso. Universidad de los Andes, CEDE.

VanDriesche, 2007. Control de Plagas y Malezas por enemigas Naturales. Capítulo 8. <http://www.avocadosource.com/books/vandriescherg2007/>, 10-10-2010.

Virtue, J.G., Groves, R.H., y Panetta, F.D., 2001. Towards a system to determine the national significance of weeds in Australia (Weed Risk Assessment). Collingwood, Victoria, Australia: CSIRO. 124–150 pp.

Vitousek, P.M., D'Antonio, C.M., Loope, L.L., Rejmánek, M., and Westbrooks, R., 1997. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand J. Ecology* (21) 1-16.

Vuilleumiera, S., A. Buttler, N. Perrin, J.M. Yearsley (2010). Invasion and eradication of a competitively superior species in heterogeneous landscapes. *Ecological Modelling*, Article history: Received 9 June 2010, Received in revised form 27 September 2010. Accepted 28 September 2010. Available online 2010.

Wilcove, D., Rothstein, D., Bubow, J., Phillips, A., and Losos, E., 1999. Quantifying threats to imperiled species in the United States. *Bioscience* (48) 607–615.

Wittenberg, R., Cock, M.J.W. (eds.) 2001. *Invasive Alien Species: A Toolkit of Best Prevention and Management Practices*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, xvii - 228.

www.minambiente.gov.co/contenido.aspx....2010

www.periodicoelsol.net/noticia.php?Id....28/11/2010

www.agronet.gov.co. 2010

[www.danp.gov.co/anuario estadistico 2010](http://www.danp.gov.co/anuario_estadistico_2010).

Yamane, T., (1967), *Elementary Sampling Theory*, Prentice-Hall, p, 89-99.

Zhang, W., Ricketts, H.T., Kremen, D., Carney, K., y Swinton, S.M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. In: *Ecological Economics* 64 (253 – 260 pp.)

Ziller, S.R., and Zalba, S.M., 2007. Proposals to prevent and control exotic invasive species. *Natureza y Conservação* (5) 78-85.

PAGINAS WEB

www.uicn.org