

# EXPLOTACION DE RECURSOS NO - RENOVABLES EN ÁREAS PROTEGIDAS

## Valoración de las Áreas Protegidas en Bolivia

Sazcha Marcelo Olivera Villarroel  
MÉXICO D.F. 2007



Universidad Mayor  
de San Simón



Aledi  
Agencia Suiza para el  
Desarrollo Internacional



Dirección de Investigación  
Científica y Tecnológica



IESE  
Instituto de Estudios  
Sociales y Económicos

Este libro es publicado con el auspicio del Programa de Cooperación a la Investigación Científica, en el marco de la cooperación internacional entre la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI) y la Universidad Mayor de San Simón, en la línea de apoyo a la formación doctoral y al desarrollo de investigaciones en el Instituto de Estudios Sociales y Económicos (IESE), mediante el Proyecto de Desarrollo Sostenible en el Trópico de Cochabamba.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la fotocopia y el tratamiento informático, sin autorización escrita del titular del Copyright, bajo las sanciones previstas por las leyes.

**EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO – RENOVABLES EN ÁREAS NO PROTEGIDAS,  
Valoración de las Áreas Protegidas en Bolivia**

Primera edición, marzo 2011

Cuidado de edición: Sazcha Marcelo Olivera Villarroel

I.S.B.N.: 978-99954-53-63-3

Depósito Legal: 2-1-4-11

Diseño Tapa: Andy Pozo

Diagramación: Roxana M. Arnez Z.

Impresores: Talleres Gráficos KIPUS

Teléfono 4237448

Cochabamba, Bolivia

Impreso en Bolivia

Printed in Bolivia

*A mi esposa e hijas,  
sin cuyo apoyo esta investigación  
no habría sido posible.*



**E**ste trabajo de investigación fue realizado con una beca de la Universidad Mayor de San Simón y la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional otorgada por el Instituto de Estudios Sociales y Económicos, por lo cual expreso mi más profundo agradecimiento.

Asímismo, agradezco los comentarios de mis profesores, compañeros y sinodales, quienes aportaron ideas que enriquecieron la calidad de la investigación. En especial agradezco a Luís Miguel Galindo por sus comentarios oportunos, a Luis Eduardo Candaudap y Ricardo Hernández M. por nuestras interminables discusiones que dieron nuevas ideas y claridad al argumento general del estudio, así como a Américo Saldivar, Crecencio Alba, Karina Caballero y Guillermo Donoso por su apoyo.

A mis padres, hermanos, familiares y amigos por los buenos augurios en el desarrollo de esta aventura que es la realización académica.



## Contenido

Prólogo .....	17
Resumen .....	21
Introducción .....	25

### I. EL USO DEL SUELO EN BOLIVIA ENTRE ÁREAS PROTEGIDAS Y LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO-RENOVABLES

1.1. Uso del suelo: áreas protegidas – extracción de petróleo .....	33
1.1.1. La distribución de tierras en Bolivia .....	35
1.2. Concepto de área protegida .....	36
1.3. Áreas protegidas y su relación legal con el sector hidrocarburos .....	39
1.4. Áreas protegidas y su sobreposición con áreas petroleras.....	43

### II. IMPUESTOS Y TIEMPOS ÓPTIMOS PARA LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO-RENOVABLES: USANDO LA OPTIMIZACIÓN DINÁMICA

2.1. El modelo clásico: el problema del control óptimo .....	56
2.1.1. El Modelo Matemático.....	58
2.1.2. Ampliación del modelo matemático para la extracción óptima de petróleo .....	60
2.2. Contextualizando el modelo; el sistema legal boliviano .....	67
2.3. Introduciendo la variable ambiental .....	69
2.4. El comportamiento del sistema .....	75

### III. LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA. SU APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS

3.1. La valoración económica ambiental: analizando los métodos existentes .....	80
3.1.1 El valor de bienes y servicios un enfoque ambiental .....	82
3.1.1.1. Elección social a partir de los valores individuales .....	84

3.1.2. La categorización del valor de bienes ambientales y los métodos para obtenerla .....	85
3.1.2.1. Métodos de valoración directa-valoración de mercado .....	87
3.1.2.2. Métodos de valoración indirecta-preferencias reveladas .....	87
3.1.2.3. Métodos de valoración contingente-mercados construidos ....	87
3.2. Métodos de preferencias reveladas .....	92
3.2.1. Ampliando el método de precios hedónicos una propuesta metodológica .....	92
3.2.1.1. El método de valoración hedónica en mercados de donaciones .....	93
3.2.1.2. Los donadores de fondos a las áreas protegidas ( <i>consumidor</i> ) .....	94
3.2.1.3. El administrador de fondos de donación los organismos internacionales .....	97
3.2.1.4. Los representantes de las áreas protegidas (oferente).....	99
3.2.1.5. Equilibrio de mercado.....	101
3.2.1.6. Disposición a pagar.....	102
3.2.1.7. Calculando el valor de las características de las áreas protegidas .....	104
3.2.1.8. La valoración de las áreas protegidas en Bolivia .....	105
3.2.2. Función de producción como método de valoración: los servicios ambientales .....	110
3.2.2.1. Valorando los servicios ambientales según el tipo de cobertura vegetal .....	111
3.2.2.2. Calculando la disposición a pagar por el cambio en el uso del suelo .....	114
3.2.2.3. El modelo econométrico .....	117
3.2.3. Calculando el aporte de los servicios ambientales .....	118
La evidencia empírica de los estudios de valoración ambiental aplicada a áreas protegidas .....	122
<b>4. LAS RESTRICCIONES DE LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD: DISTRIBUCIÓN DE FLORA Y TASAS DE INTERÉS</b>	
4.1. Modelos de comportamiento de flora ante cambios ambientales .....	132
4.1.1. Distribución de especies en la literatura ecológica .....	133
4.1.2. Análisis de regresión múltiple:.....	136
4.1.3. Hacia un modelo predictivo de la riqueza de especies en un territorio: áreas protegidas de Bolivia .....	137

4.2. Implicaciones de la tasa descuento en proyectos de manejo de recursos naturales .....	146
---	-----

## 5. APLICANDO EL MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN DINÁMICA PARA LA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN BOLIVIA

5.1. Análisis de caso: el valor de las áreas protegidas y la explotación petrolera .....	156
5.1.1. Los precios del petróleo y la rentabilidad petrolera .....	157
5.1.2. La función de costos de exploración del sector petrolero en Bolivia ....	160
5.1.3. La función de costos de explotación del sector petrolero en Bolivia ....	161
5.2. Los precios sombra del sector hidrocarburos en Bolivia .....	163
5.2.1. El precio sombra de tener una unidad menos de petróleo .....	163
5.2.2. El precio sombra por el descubrimiento de una unidad adicional de petróleo .....	166
5.2.3. El precio sombra por afectar una unidad de superficie mediante el proceso de exploración y/o explotación, dada su cobertura vegetal ..	169
5.3. Simulando el comportamiento del sistema .....	177
5.3.1. Aplicación de los montos de compensación .....	184
5.4. Una generalización del método .....	185
 Conclusiones: .....	 189
Bibliografía .....	197



## Índice de Cuadros

Cuadro 1	Estado del proceso de saneamiento de tierras a nivel nacional .....	36
Cuadro 2	Superposición de áreas protegidas y áreas de exploración y explotación petrolera .....	44
Cuadro 3	Tipo de proyectos hidrocarburíferos en áreas protegidas (1997-2000) .....	45
Cuadro 4	Superposición de áreas protegidas y áreas de exploración y explotación petrolera .....	46
Cuadro 5	Taxonomía de instrumentos de política .....	53
Cuadro 6	Estimación de precios Hedónicos .....	107
Cuadro 7	Valor de existencia de las áreas protegidas de Bolivia .....	108
Cuadro 8	Vector de corrección de errores .....	119
Cuadro 9	Método de Mínimos Cuadrados en dos etapas .....	120
Cuadro 10	Elasticidad media por Tipo de Cobertura Vegetal .....	121
Cuadro 11	Aporte medio por tipo de cobertura vegetal para la economía Boliviana .....	122
Cuadro 12	Método del costo de viaje en México .....	126
Cuadro 13	Piso bioclimático .....	140
Cuadro 14	Estimación modelo de representatividad de pisos bioclimáticos ....	141
Cuadro 15	Simulación del modelo de distribución de flora en áreas protegidas en Bolivia .....	142
Cuadro 16	Distorsión en el aprovechamiento de los recursos naturales .....	150
Cuadro 17	Estimación por Mínimos cuadros ordinarios de número de especies de flora en función a variables geográficas y climáticas....	152
Cuadro 18	Prueba de normalidad de los residuos de la estimación por máxima verosimilitud .....	152
Cuadro 19	Descriptores de Prueba de Normalidad .....	153
Cuadro 20	Pruebas de Raíz unitario de los residuos de la estimación 17 .....	153
Cuadro 21	Producción de petróleo en empresas capitalizadas en Bolivia .....	162
Cuadro 22	Comportamiento del sector petrolero a nivel mundial .....	164

Cuadro 23	Comportamiento de las tasas de descuento y retorno de capital del sector petrolero en Bolivia .....	165
Cuadro 24	Simulación de las tasas de descuento y retorno de capital del sector petrolero en Bolivia entre los años 2004 - 2006 .....	166
Cuadro 25	Comportamiento del sector petrolero ante nuevos descubrimiento de hidrocarburos.....	167
Cuadro 26	Comportamiento del sector petrolero usando una tasa de descuento fija....	168
Cuadro 27	Simulación del comportamiento del sector petrolero usando una tasa de descuento fija 2004 - 2006 .....	169
Cuadro 28	Valor económico de las áreas protegidas en Bolivia .....	171
Cuadro 29	Comportamiento del valor económico de las áreas protegidas en Bolivia ante cambios en la tasa de descuento .....	173
Cuadro 30	Proyección de las reservas de Petróleo .....	179
Cuadro 31	Aplicación de los montos de compensación por daños ambientales en áreas protegidas en Bolivia.....	184

## Índice de Gráficos

Gráfico 1	Superposición de áreas protegidas y áreas de exploración y explotación petrolera .....	47
Gráfico 2	Estudios de valoración económica desarrollados en América Latina por tipo de método – 2004.....	88
Gráfico 3	Elección del consumidor .....	96
Gráfico 4	Elección del administrador de fondos .....	99
Gráfico 5	Elección del oferente dado .....	101
Gráfico 6	Equilibrio en un mercado hedónico.....	102
Gráfico 7	Valoración económica ante un cambio de la característica ambiental .....	103
Gráfico 8	Valor de existencia respecto a flora y fauna .....	109
Gráfico 9	Valoración económica total por hectárea parques nacionales terrestres.....	123
Gráfico 10	Valoración económica total de hábitats marinos .....	124

Gráfico 11	Valoración contingente Disposición a pagar por persona por día de actividad .....	127
Gráfico 12	Método de valoración contingente – disposición a pagar por día de actividad en Estados Unidos .....	128
Gráfico 13	Costo de viaje disposición a pagar por día de actividad Estados Unidos.....	129
Gráfico 14	Simulación del número de especies de flora dada las características geográficas de Bolivia .....	144
Gráfico 15	Simulación de distribución de flora en Bolivia .....	153
Gráfico 16	Simulación de distribución de flora en Bolivia .....	154
Gráfico 17	Simulación de distribución de flora en Bolivia .....	154
Gráfico 18	Simulación de distribución de flora en Bolivia .....	154
Gráfico 19	Comportamiento del sector petrolero a nivel mundial .....	160
Gráfico 20	Modelo del costo de exploración sector hidrocarburos en Bolivia.....	161
Gráfico 21	Valor de compensación por afectar una unidad de superficie con alto valor de conservación .....	174
Gráfico 22	Valor de compensación total por hectáreas .....	175
Gráfico 23	Índice de reservas mundiales de petróleo .....	176
Gráfico 24	Comportamiento del sector Petrolero en Bolivia .....	178
Gráfico 25	Ingresos vs. Costos de extracción .....	181



## PRÓLOGO

La Economía es la ciencia de la decisión. Pero también la ecología: conforme se ha profundizado en el conocimiento de los ecosistemas se ha podido decidir dónde enfocar los esfuerzos de conservación, así que la idea de contar con mayor información para reconocer el valor de un área natural no es nuevo... ni privativo de la Economía.

La diferencia entonces no radica en el reconocimiento de la necesidad de la ciencia para la decisión, al parecer las diferencias apuntan a la necesidad de la decisión para la ciencia.

Marcelo Olivera reconoce la necesidad -y la dificultad-, de una decisión social capaz de integrar el conocimiento producido por la Ecología y la Economía. Para el Estado el bien escaso no son los servicios ecosistémicos o el capital financiero, sino el bienestar social, para el que ambos son necesarios pero no suficientes.

El autor hace una revisión del acervo teórico-metodológico y las experiencias documentadas desde los diversos ángulos relevantes al análisis, para construir su propia propuesta metodológica y ponerla a prueba.

La cuidadosa documentación de este proceso aporta conclusiones muy relevantes con respecto a los atributos que son más valorados por la sociedad. Esta valoración de diversos sectores de la sociedad, que se expresa a través de donaciones e inversiones, no necesariamente coincide con la valoración de los expertos que suele estar mejor reflejada en publicaciones ampliamente respaldadas como los *Hot Spots* que inciden de manera importante en el marco regulatorio y programático de los países.

Si la norma recoge las propuestas de estándares de medio ambiente y salud propuestos por la ciencia para la decisión política, yo entendería la propuesta metodológica de Olivera como la decisión necesaria para producir la ciencia que sustente un instrumento económico - complementario a la norma que ha seleccionado (Sophie's choice) las áreas que deberán ser protegidas... y las que pueden ser sacrificadas-, que refleje y materialice las preferencias sociales, otorgando en la práctica los incentivos/desincentivos que, sin mediar una prohibición *de jure*, determinarían *de facto* los sitios y condiciones en que una actividad económica (extracción de petrolíferos, minería, gran infraestructura), podría realizarse, con márgenes de utilidad aceptables habiendo cerrado la brecha actual entre costos/beneficios sociales y privados.

El que aún piense que descubrir el valor de un servicio ecosistémico contribuirá a su destrucción no tiene sino que atestiguar la contribución que en ello ha hecho la noción contraria, donde: “el ambiente que es tomado como un insumo gratuito para la producción y que en este momento carece de precio y por tanto pareciera que carece de valor”. Creo que es esta realidad la que lleva a Olivera a documentar -con el rigor que caracteriza su práctica científica-, la decisión detrás de la ciencia: sus alcances y limitaciones.

Un aporte fundamental de este trabajo es la capacidad de capturar preocupaciones de las ciencias, la práctica política y la sociedad; abstraerlas y formalizarlas en un lenguaje que permita operacionalizar conceptos complejos que tienen su origen en diversas disciplinas: particular mención merece el enorme esfuerzo realizado por el autor de incursionar -con el apoyo de destacados investigadores-, en las disciplinas relevantes para su trabajo.

Llegar a la meta de producir montos de compensación es un aporte valioso, sin duda, pero la construcción de una propuesta metodológica comprensiva, en la que los diversos actores puedan -y tengan que-, reconocerse es quizás un aporte más valioso aún, tanto para la ciencia de la decisión como para la decisión detrás de la ciencia.

En los países en desarrollo donde: “por su debilidad institucional las normas e instituciones se ven rebasadas por la práctica empresarial”, es fundamental la contribución de este trabajo, para reconocer que todos los ecosistemas tienen valor, que así como los expertos seleccionan Áreas Naturales Protegidas, la sociedad selecciona atributos; que no es lo mismo la disposición a pagar por atributos que la disponibilidad asociada al tamaño de la economía.

*Finalmente, Olivera nos recuerda que “la optimización privada no suele coincidir con la optimización social” y que el Estado tiene que “adoptar tasas de descuento menores en los procesos de evaluación” si ha de velar por el bien común y la equidad intergeneracional.*

*Dr. Ricardo Hernandez Murillo  
Investigador Senior Banco Mundial*



## RESUMEN

Cuando una actividad económica extractiva, como la explotación petrolera, la gran minería o la creación de grandes obras de infraestructura, como represas y carreteras, se sobreponen en uso territorial a las áreas protegidas, surge una disyuntiva entre dos necesidades prioritarias para un país en vías de desarrollo:

- Generar recursos económicos en el corto plazo vía inversión extranjera y gasto en infraestructura productiva.
- O conservar y proteger sus recursos naturales para las futuras generaciones.

La generación de recursos en el corto plazo vía la explotación petrolera o la creación de infraestructura suelen primar en este proceso de selección. Si no existe otra opción que la coexistencia de actividades extractivas y la conservación de áreas naturales protegidas, se debe encontrar el proceso técnico que genere el menor daño al entorno natural, además de compensar en forma económica a los agentes dañados por el proceso extractivo.

Partiendo de la siguiente premisa se plantean un conjunto de soluciones desde la perspectiva de las ciencias económicas y sociales:

- El proceso técnico se especifica a través de un sistema normativo.
- La compensación debe cubrir al menos los valores de uso y no uso del ambiente.

Para poner en práctica esta solución, los estados nacionales generaron las legislaciones ambientales que regulan el proceso técnico de explotación de recursos no renovables. Dejando a la negociación política el tratamiento de la compensación económica.

La presente investigación propone desarrollar un método, que proporcionará a tomadores de decisión y actores que intervienen en este problema elementos de juicio que les permitirán tomar decisiones con mayores antecedentes e información. El método brindará un valor económico inicial del recurso área natural protegida (ANP) a partir del cual se puede negociar una compensación formal.

Para ello se utilizará un método de optimización dinámico, que incorporará el valor de uso y no uso de las ANP's y las áreas circundantes a las mismas, como parte de los costos del proceso de explotación. Derivando ello en un impuesto ecológico que, penalice el hecho de desarrollar este proceso en un área natural protegida y otras regiones con alto valor conservativo.

Con este objeto se proponen las siguientes metodologías:

1. Mediante el uso de funciones de producción, se calculará el valor del producto marginal del territorio según el tipo de cobertura vegetal, con lo que se pretende valorar el aporte de cada tipo de territorio al producto de la economía. Lo que permitirá observar el valor de los servicios ambientales generados por tipo de cobertura.
2. A través del uso de precios hedónicos, se verán las características más sobresalientes de los diferentes parques y como se los valorará según la óptica de los actores que pagan por su conservación, (organismos internacionales y grupos ambientalistas mundiales).

Incorporando estos procesos de valoración como parte de los costos ambientales de la sociedad, se pretende hallar el valor económico inicial del recurso área natural protegida (ANP), a partir del cual se puede negociar una compensación formal con el Estado o la empresa extractiva que realice actividades en estas áreas.

Para desarrollar el modelo de precios hedónicos, se requiere tener datos sobre las especies de flora de todas las ANP's de Bolivia para usarlas en el proceso de simulación del modelo, pero el muestreo realizado por el sistema de áreas protegidas de Bolivia – SERNAP, sólo cubre 17 de los 21

parques existentes en Bolivia. Por lo que se utilizaron características biogeográficas similares para predecir el número de especies existentes en una región, en este caso se utilizaron:

- La superficie en hectáreas de las AP's.
- El rango de alturas sobre el nivel del mar de las AP's.
- Representatividad de Pisos Bioclimáticos. (diversidad de hábitat).
- La media de las coordenadas geográficas (latitud sur), expresadas en kilómetros.
- La precipitación media anual de las AP's, medida en mm<sup>3</sup>.

$$\ln(Sf) = \beta \ln(\text{Área}) + \beta 1(\text{RPisosBioclimáticos}) + \beta 2(\text{Coordenadas}) + \beta 3(\text{altura}) + \gamma \ln(\text{precipitación})$$

El modelo supone, en base a los argumentos teóricos encontrados en la literatura que: Las variables altura, latitud y representatividad de pisos Bioclimáticos, vienen a caracterizar la variable superficie geográfica. Mientras que la superficie y precipitación media anual son variables sin las cuales la existencia de Flora en una región sería improbable (ya que sin superficie no existe unidad de análisis y sin precipitación la posibilidad de existencia de flora, se reduce prácticamente a cero). El modelo además de tener características predictivas, puede servir de base teórica para el desarrollo de políticas de conservación, al representar a priori áreas muy ricas en especies de flora.

A partir de los datos encontrados en el proceso de simulación de distribución de flora, se desarrolló un modelo de precios hedónicos, el cual utiliza las principales características de un territorio, en este caso las AP's de Bolivia, para ver la disposición a pagar por parte de los organismos internacionales en conservar estas características.

El valor de existencia por hectárea de una AP obtenido por el método de precios hedónicos, varía desde los 74 a 469 dólares americanos de acuerdo a las características geográficas área, flora, fauna y población

existente en la AP. Mientras mayor cantidad de biodiversidad, población y extensión territorial, es mayor el valor del área.

El otro método utilizado para valorar los servicios indirectos ofrecidos por las Áreas Naturales, es el de funciones de producción, el cual permite revelar en forma indirecta el monto que estaría dispuesta a pagar la sociedad por conservar las actuales coberturas del suelo en Bolivia. De las disposiciones a pagar encontradas, es prioritario darle énfasis a dos, la primera el pago a la conservación de la cobertura boscosa y la segunda a la conservación de otro tipo de coberturas, en especial sistemas de matorrales. Estos dos tipos de coberturas con sus respectivos ecosistemas, son en gran medida los proveedores de una multiplicidad de servicios ambientales, que aún no son reconocidos por la sociedad.

El reconocer este aporte en forma monetaria, brindará la oportunidad a la sociedad en su conjunto, (administradores, propietarios y usuarios indirectos del bosque y de los sistemas de matorrales), reevaluar la conservación y manejo de este sistema.

Como conclusiones, se ve que las propuestas metodológicas recogen la importancia de las características geográficas en la distribución de flora y el tipo de cobertura vegetal en el territorio boliviano. Además de la influencia de la biodiversidad, la extensión del territorio y la existencia de población en el proceso de valoración de los organismos internacionales.

El proceso tiene como principal resultado la obtención de un valor de negociación inicial que permita a las AP's acordar procesos de compensación por la existencia de actividades petroleras, mineras y de creación de infraestructura en sus territorios.

La metodología aún se encuentra en su etapa inicial y se requieren realizar trabajos de valoración con otras economías para ver la replicabilidad del método.

# INTRODUCCIÓN

Cuando una actividad económica extractiva como la explotación petrolera o la gran minería, se sobreponen en uso territorial a las áreas protegidas surge una disyuntiva entre dos necesidades prioritarias para un país en vías de desarrollo: generar recursos económicos en el corto plazo vía inversión extranjera o conservar y proteger sus recursos naturales para las actuales y futuras generaciones.

A partir del reconocimiento, de que la actividad petrolera y minera generan beneficios económicos importantes, los Estados permiten la explotación de estos recursos sin importar donde se encuentren. En el informe de la Secretaría del OILWATCH (2003) para “El Congreso Mundial de Parques organizado por la UICN en Durban - África del Sur”, se ejemplifica que, en todos los continentes existen casos en los que un área protegida ha sido afectada directa o indirectamente por la explotación de un recurso no-renovable. En el caso de Bolivia 7 de las 21 áreas protegidas tienen una concesión petrolera que afecta su superficie.

La generación de recursos en el corto plazo, vía la explotación petrolera, suelen ser priorizados en este proceso de selección. La sobreposición existente entre áreas protegidas y concesiones petroleras en Bolivia se hacen evidentes en la región del corredor Amboro-Madidi (parte de área de alta biodiversidad de la cordillera oriental de los andes) y en la zona cordillerana previa a la región del chaco en el sur de Bolivia.

La presión económica y social que surge de esta elección (explotar o conservar), puede disminuir el territorio de las áreas protegidas o afectarlos en forma permanente, mediante la contaminación y/o destrucción del hábitat natural. Esta reducción del territorio o contaminación del mismo, rompe el espíritu de creación de las zonas de conservación de

biodiversidad, es decir, son ecosistemas que deben conservarse por la rareza y/o fragilidad de su biodiversidad.

Permitir la explotación de los recursos no renovables en el territorio de influencia de las áreas protegidas, es una de las atribuciones que tiene el Estado Boliviano sobre el uso y aprovechamiento de sus recursos. Dicho aprovechamiento está limitado por los posibles daños que pueda sufrir el ambiente y por el establecimiento de una restitución por la afectación del territorio. La finalidad de este trabajo de investigación es el desarrollar una metodología de valoración que estime los costos ambientales, que debe considerar la compensación económica por dañar el ambiente al desarrollar actividades extractivas, como la minería y la actividad petrolera, la aplicabilidad de este resarcimiento aún no se encuentra reglamentado y el desarrollar un reglamento específico va más allá de la finalidad de la investigación.

Esta metodología pretende responder cuestionamientos tales como: ¿Las empresas que realizan estas actividades extractivas, deben pagar un impuesto especial para reparar el daño generado al entorno de su explotación? y en ese caso ¿cuál es el monto de este impuesto? O los costos ambientales son tales que: ¿no debe permitirse esta explotación?

Existen diferentes formas de encarar posibles respuestas a este tipo de preguntas, tanto a nivel ambiental, económico y político; pero aún no se ha desarrollado un método que englobe estas visiones. “Los métodos existentes son esfuerzos aislados que evalúan o toman decisiones sobre problemas o proyectos puntuales y no sobre la temática general de la explotación de los recursos naturales” (Instituto de Estudios Medioambientales - España, 2001).

La visión conservacionista de los años setenta plantea un proceso de protección ambiental, que no permite el desarrollo de ningún tipo de actividad dentro de un área protegida. Dicha visión no va acorde a los procesos políticos y económicos que norman en la actualidad a países como Bolivia, Ecuador o Perú. (Burneo y Falcón, 2003). Al no existir otra opción que la coexistencia de actividades extractivas y la conservación de áreas

protegidas, se debe encontrar el proceso técnico que genere el menor daño al entorno natural, además de compensar en forma económica a los agentes dañados por el proceso extractivo por las externalidades negativas producidas o provocadas en el mismo. En este caso, los principales agentes dañados son las áreas naturales protegidas y los habitantes de las mismas. (Escobar, 2005).

Por ello, se propone desarrollar una metodología general para encarar esta disyuntiva de elección entre explotación y conservación. Esta metodología proporcionará a los tomadores de decisión y a los actores involucrados en este proceso, elementos de juicio que les permitan tomar una decisión con mayores antecedentes e información sobre los montos de resarcimiento, por el daño ocasionado dentro un área protegida.

El enfoque para abordar esta problemática (explotación vs. conservación), parte de la economía ambiental como base teórica para el desarrollo del método de evaluación. Es decir, se parte del hecho de que los efectos externos generados sobre el ambiente no están siendo considerados por las empresas ni por los tomadores de decisiones al enfrentar este tipo de problemas. (Sánchez, 2002; Kolstad, 2000). Se asume que no existen mercados establecidos para el bien ambiental área protegida y a su vez se comprueba que los derechos de propiedad sobre los recursos naturales dentro los países en vías de desarrollo aún son difusos y en el peor de los casos inexistente. (Sanjinés, 2005).

Por ello, a través del uso de técnicas de economía matemática y de optimización de la explotación de recursos no renovables, se presenta un método de simulación matemática cuyo resultado principal permite determinar si es rentable el realizar la explotación de los recursos no renovables o conservar el ambiente en forma de áreas protegidas. En caso de ser beneficiosa socialmente la explotación de recursos no renovables, posibilita definir los rangos de los montos de resarcimiento a ser establecidos, dada la limitación ambiental.

La técnica a usar dentro de la optimización dinámica, es la maximización del beneficio social de la actividad económica, es decir, el

contraponer los ingresos y los costos generados por la actividad económica, se traen estos a valor presente, a través del uso de una tasa de descuento que varía de acuerdo al tipo de actividad y al tiempo de evaluación. La ecuación está restringida por variables de comportamiento tanto de los ingresos y de los costos respecto a si mismos y al tiempo. (Pindyck, 1978; Edwards, 2003; Chiang, 1992).

El aporte de la presente investigación es, sumar la valoración de las áreas protegidas como limitación (restricción) a los métodos tradicionales de optimización de los recursos no renovables, es decir, se toma como costo el daño provocado al área protegida por la actividad económica realizada, en este caso la explotación de un recurso no renovable.

En este análisis, se requiere contar con el valor de las áreas protegidas. Para ello, se usará como metodología la valoración económica del ambiente,<sup>1</sup> en especial se tomarán dos métodos, el método de precios hedónicos y el de funciones de producción.

En el caso del método de valoración hedónica (Barzev, 2002; Kolstad, 2000; Azqueta et al, 1994; Palmquist, 1991), se verán las características más sobresalientes de los diferentes parques y se los valorará según la óptica de los actores que pagan por su conservación, los organismos nacionales, internacionales y los grupos ambientalistas mundiales. Con ello, se pretende encontrar la disposición a pagar -DAP- por la existencia de los parques naturales, siendo en este caso una aproximación para el valor de existencia del área protegida.

El método de precios hedónicos es un método de valoración indirecta con datos observados (Barzev, 2002). Es usado para analizar el valor de las cualidades ambientales de un bien que ya tiene mercado<sup>2</sup>, en este caso se usarán los recursos invertidos en las diferentes áreas protegidas tanto por

---

<sup>1</sup> Métodos Indirectos con datos observados: Costes evitados o inducidos, Costes de viaje o desplazamiento, Método de los precios hedónicos; Métodos indirectos con datos supuestos: Ordenación contingente, actividad contingente; Métodos directos con datos observados; Métodos directos con datos supuestos: Valoración contingente, juegos de licitación, Referéndum contingente, Funciones de producción, etc.

<sup>2</sup> Sólo se requiere la existencia de un mercado, aunque el mismo sea imperfecto.

organismos internacionales y grupos ambientalistas. Existe una competencia directa, entre las áreas protegidas y los países en los que se encuentran, por acceder a estos recursos de los organismos internacionales.

El segundo método de valoración, el de funciones de producción, pretende encontrar el valor de la productividad marginal de las áreas protegidas, como prestadoras de servicios ambientales al producto de la economía boliviana, como caso de estudio. Con este método, se pretende encontrar una aproximación al valor de no-uso de las áreas protegidas; este es un método nuevo que será probado en esta investigación. (Solow-Stiglitz, 1997; Smulders, 2000; Candaudap, 2003).

La metodología propuesta tiene muchas posibles aplicaciones, además de las sugeridas en esta investigación, como la aplicación de la metodología en la toma de decisiones en el caso de construcciones de infraestructura que afecten a las áreas protegidas (represas, caminos carreteros, gasoductos, etc.).

Este trabajo inicia analizando las leyes sobre la tenencia y uso de los recursos naturales de Bolivia. El marco de referencia son las leyes que norman el manejo de los recursos, que buscan impedir conflictos sobre el manejo de estos recursos entre los diferentes miembros de una sociedad. En estas leyes se plantea que existe un beneficio en no generar disyuntivas entre el uso del suelo y los recursos que en él se encierran, sean estos renovables o no-renovables. Este concepto se aplica a la mayoría de las legislaciones existentes, salvo aquellas excepciones<sup>3</sup> donde existe un beneficio mayor para la sociedad, y por ello, se permite el cambio del uso del suelo, la expropiación de los terrenos o la sobreposición de usos.

Este último punto es la causa principal para la realización de esta investigación; ya que algunos Estados sobreponen el uso de conservación

---

<sup>3</sup> En sociedad con tradición de leyes anglosajonas la propiedad de los terrenos incluyen todos los usos y manejos posibles en el mismo, es decir, un propietario es dueño y señor del subsuelo y de todos los bienes sobre la superficie de su terreno. Mientras que en sociedades con tradición de leyes napoleónicas el Estado es dueño del subsuelo y el privado de todos los bienes sobre la superficie de su terreno y está autorizado a usar dichos bienes en el marco de las leyes del estado en donde reside. (Verardi, 2005)

de las Áreas Protegidas a la explotación de recursos no-renovables, como lo son la industria petrolera y la gran minería. De hecho, se supone que las Áreas Protegidas -AP- tienen un estatus que las protege de cualquier otro uso que no sea el mantenerlas en su estado actual. Por ello quizás resulte insólito para algunos plantear la opción de permitir la explotación de recursos no-renovables en un área que está libre de la intromisión de cualquier actividad extractiva. En el primer capítulo de la investigación, se analizan las instancias legales que permite la explotación de petróleo dentro las AP, así como los conceptos básicos en los cuales se desarrolla este documento.

En el segundo capítulo, se plantea el modelo de optimización dinámico del proceso de explotación de un recurso no renovable, en el cual se destacan los principales elementos de comportamiento que enfrenta una empresa al desarrollar este tipo de actividades. El modelo es ampliado, dadas las características existentes en la economía Boliviana y tomando en cuenta los costos ambientales que ocasiona esta actividad en su entorno<sup>4</sup>. La caracterización de las restricciones ambientales son de suma importancia para el entendimiento del modelo; puesto que las mismas están relacionadas con los proceso de valoración del ambiente.

En el tercer capítulo, se desarrollan en forma ampliada los métodos de valoración económica usados en el trabajo, los mismos se basan en el análisis de las principales características de las áreas protegidas, como son la diversidad de flora y fauna, la extensión territorial, etc. A su vez, se ven los aportes del territorio a la economía de una región con base en los servicios ambientales provistos para la producción de bienes y servicios.

En el cuarto capítulo, se desarrolla el modelo de comportamiento de la biodiversidad de flora existente en un territorio como principal restricción de modelo de optimización dinámico, al involucrar tanto al propio modelo de optimización como a los modelos de valoración del ambiente. A su vez, se analiza la importancia de la tasa de descuento en los

---

<sup>4</sup> Si se desea, se puede omitir la lectura de este capítulo; ya que la misma establece un modelo teórico que sirve para dar un marco empírico a la metodología de valoración económica propuesta.

procesos de optimización dinámica, así como las repercusiones al introducir incertidumbre a dicho proceso.

En el quinto capítulo, se desarrolla el cálculo empírico del modelo con base en los resultados de las secciones previas y la incorporación de modelos y parámetros de las variables exógenas del sistema, los precios del petróleo y los costos de producción de las empresas analizadas como caso de estudio empírico. Como resultados principales de esta estimación, se obtienen los precios sombra del sistema, los cuales nos indican la existencia de beneficios o pérdidas por realizar actividades de exploración y explotación petrolera. Estos indicadores incluyen los costos por daños ambientales producidos al entorno del proceso de extracción.





## EL USO DEL SUELO EN BOLIVIA ENTRE ÁREAS PROTEGIDAS Y LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO-RENOVABLES

### 1.1. Uso del suelo: áreas protegidas – extracción de petróleo

Las leyes sobre la tenencia y uso suelo, desde una perspectiva general, se diseñan para impedir conflictos (sobre el manejo y uso del suelo), entre los diferentes miembros de una sociedad. Estas leyes se sustentan en la existencia de un beneficio en la no generación de disyuntivas entre el uso del suelo y los recursos existentes en él, sean estos renovables o no-renovables. Como señala (Azqueta et al., 1994), una definición convencional de los recursos naturales indica que son todos los atributos de la tierra, vivos o inanimados, que explota el hombre como fuente de alimentos, materias primas y energía, existiendo dos criterios para definir los recursos naturales (Millán, 1996):

- Según las propiedades físicas, corresponden a aquellos factores que afectando a los procesos de producción y consumo, tienen su origen en fenómenos que escapan al control del hombre. Estos procesos de creación de los recursos pueden ser biológicos, geológicos o químicos, y pueden ser muy cortos como ocurre con la lluvia o, de muy larga duración, como la formación de una bolsa de petróleo.

- Desde el punto de vista económico, serían los factores que entran en la función de producción pero no han sido fabricados por el hombre ni a través de un proceso iniciado por él. Es decir que no corresponden a los factores clásicos del trabajo y el capital. Por lo tanto, los recursos naturales se asimilarían al factor tierra.

Para lograr una adecuada tipología de los recursos naturales, se empleará el criterio analítico. De acuerdo a este criterio es posible diferenciar los recursos naturales de acuerdo a la velocidad con que se regeneran una vez utilizados, es así como encontramos:

- a) *Recursos no Renovables (recursos agotables)*. Son los recursos naturales en que la tasa de regeneración abarca largos períodos de tiempo; por lo tanto, el consumo de una unidad implica su destrucción. Se encuentran en esta categoría los yacimientos de recursos mineros (carbón, cobre, oro, etc., etc...), el petróleo y el gas natural.
- b) *Recursos no Renovables con un flujo de servicios reciclables*. En este caso, el consumo del recurso implica su completa destrucción en cuanto a su forma actual, pero es recuperable mediante un proceso industrial de reciclado. Por ejemplo minerales como el hierro, el aluminio y el cobre.
- c) *Recursos Renovables*. Son los recursos naturales en los cuales la utilización produce su destrucción, pero se produce la regeneración del mismo según un mecanismo de base biológica. Es decir, la tasa de regeneración es mayor que cero. Esto permite que su utilización en el proceso productivo no lleve a una disminución total del reservorio (stock) de los mismos. Esta última aseveración es válida sólo si la tasa de extracción o explotación es menor a la tasa de regeneración natural del recurso.
- d) *Recursos Ambientales*. Son aquellos en los que el consumo del recurso natural no implica su agotamiento o bien su velocidad de regeneración es muy rápida. Por ejemplo el agua, el suelo, el paisaje, el aire. Este tipo de recursos actúan como depósitos naturales de residuos, en los

que se depositan las sustancias contaminantes, y que son capaces de regenerarse por sí solos gracias a procesos bióticos o abióticos – resiliencia-.

El cambio del uso del suelo, parte del entendimiento que el Estado, como principio rector de los derechos de propiedad públicos y privados se guarda para sí la dotación final de la propiedad y uso de los recursos del subsuelo.(Artículo 139 Constitución Política del Estado Boliviano)<sup>5</sup>.

Para entender el fondo el conflicto existente entre estos dos usos del suelo definiremos, en forma explícita, la tenencia del suelo en Bolivia, lo que se entiende como áreas naturales protegidas dentro de la legislación boliviana y las atribuciones del sector petrolero y minero para poder intervenir en dichas áreas.

### **1.1.1. La distribución de tierras en Bolivia**

La actual distribución de tierras en Bolivia surge del proceso de Reforma Agraria iniciado en 1953 hasta 1992, año de intervención de la Reforma Agraria que dura hasta la formulación de la nueva Ley INRA de 1996. El proceso de reforma bajo la máxima “la tierra es para quien la trabaja”; repartió en forma legal el 43 % del territorio, aproximadamente a 620.000 beneficiarios, pero al existir un proceso indebido de apropiación de tierras, en especial en la región oriental del país<sup>6</sup>, se decidió cambiar el sistema de reparto e iniciar un proceso de saneamiento de títulos mediante la promulgación de la Ley 2493 y de Ley 1715 del INRA con su respectivo reglamento. (Sanjines, 2005).

Los avances más notables de este proceso, se pueden resumir en el cuadro 1. Como se observa más del 52 % del territorio no cuenta con su debida titulación, por lo que, el estatus legal de estos territorios aún está en entredicho. Muchos de estos territorios pertenecen al sistema nacional de

---

<sup>5</sup> En la sección dedicada al sector hidrocarburos se ahonda esta discusión

<sup>6</sup> La principal irregularidad fue la dotación de latifundios en los cuales no se trabaja la tierra y se retienen en forma especulativa, para la generación de mercados de tierras.

áreas protegidas (20% del territorio aproximadamente) y/o a comunidades indígenas de la región amazónica y de la región andina del país.

### Cuadro 1

#### *Estado del proceso de saneamiento de tierras a nivel nacional*

Categoría	Categoría en Has.	%
Superficie saneada	14,078,866	13 %
Superficie en proceso	37,183,670	35 %
Superficie por sanear	56,001,558	52 %
<b>Total</b>	<b>107,264,094</b>	<b>100 %</b>

Fuente: Ley INRA 2004

Las áreas que no cuentan con su debida titulación suelen ser afectadas por invasiones de toda índole, pudiendo verse este proceso en las áreas protegidas de la cordillera oriental de Bolivia en los Departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz donde campesinos emigrantes y pequeñas empresas extractivas, aprovechando la falta de seguridad legal en la tenencia de la tierra, han usufructuado extensas zonas de áreas protegidas y territorios fiscales sin titulación, en especial concesiones y reservas forestales.

## 1.2. Concepto de área protegida<sup>7</sup>

Las áreas protegidas, según la legislación boliviana<sup>8</sup>, constituyen áreas con o sin intervención humana, declaradas bajo protección del Estado mediante disposiciones legales, con el propósito de proteger y conservar la flora y fauna silvestre, recursos genéticos, ecosistemas naturales, cuencas hidrográficas y valores de interés científico, estético, histórico, económico y social, con la finalidad de conservar y preservar el patrimonio natural y cultural del país.

<sup>7</sup> Extractado de “Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos de Bolivia” realizado por ViceMinisterio de Energía e Hidrocarburos, ABT y PCA, 2002

<sup>8</sup> Ley 1333 del Medio Ambiente, art. 60.

Son unidades de manejo territorial con límites definidos, base legal específica y categoría de manejo definido, cuyos objetivos de creación generales están dirigidos principalmente a la conservación *in situ* de los recursos de la biodiversidad. (“Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos de Bolivia” – PAASH, 2002).

Puntualmente:

- Son áreas naturales, con ninguna o escasa intervención humana.
- Son declaradas bajo protección por una norma legal específica.
- Tienen límites definidos legalmente.
- Se administran y manejan en función de sus objetivos y categoríaS.
- Son de patrimonio del Estado y son de interés público y social.
- Por su importancia ecológica de interés nacional se encuentran bajo administración especial.
- Constituyen una muestra representativa de regiones biogeográficas y ecosistemas naturales.

Las áreas protegidas en Bolivia, se organizan en categorías de manejo, que se definen por los objetivos principales y secundarios que pretenden alcanzar. La categoría de “manejo”, es el nombre genérico que se asigna a un conjunto de áreas protegidas cuya gestión y administración se realiza de acuerdo a un modelo específico, de acuerdo a los diferentes grados de influencia humana asociados a una variedad de tipos o posibilidades de protección y de uso de recursos naturales; cada categoría representa un tipo de impacto ambiental aceptado, existiendo categorías como la de Parque Nacional, en las que sólo se aceptan intervenciones de bajo impacto. Por otro lado existen áreas que resisten mayores impactos, sin perder la capacidad de cumplir los objetivos para las que fueron creadas.

Las cinco categorías reconocidas por el sistema de regulación de áreas protegidas son<sup>9</sup>:

---

<sup>9</sup> Según los artículos 19 al 26 de la regulación de áreas protegidas de Bolivia

- Parque Nacional o Departamental (PN, PD).
- Santuario Nacional o Departamental (SN, SD).
- Monumento Natural Nacional o Departamental (MNN, MND).
- Reserva Nacional o Departamental de Vida Silvestre (RNVS, RDVS).
- Área Natural de Manejo Integrado Nacional o Departamental (ANMIN, ANMID).

La gestión de cada área, se rige por el Plan de Manejo que es su instrumento fundamental de administración. En función de la categoría de manejo, de su representatividad y otros objetivos asignados a cada área protegida, se diseña su Plan de Manejo. El Reglamento de Áreas Protegidas le asigna un carácter normativo, por lo que su cumplimiento es obligatorio.

Las Áreas Protegidas constituyen actualmente una poderosa herramienta para la preservación de la biodiversidad; permiten implementar programas de investigación científica de conservación in situ; favorecen la toma de conciencia de las comunidades; contribuyen a la existencia de corredores biológicos, y pueden convertirse en alternativa de procesos para el aporte al desarrollo para algunas regiones y poblaciones de nuestros países.

La lista de beneficios conexos a la existencia de las AP es muy larga, es muy importante destacar el cambio en el enfoque conceptual desde la perspectiva social, pues ya no se ve a las AP como sitios exclusivamente destinados a la protección de recursos naturales, generalmente intangibles e incomprensibles para las comunidades aledañas, sino también como espacios biogeográficos capaces de generar beneficios económicos y sociales para las comunidades, y contribuir a su vez, al resguardo de su identidad cultural. (Moscoso, 2003).

El entendimiento común, supone que las Áreas Protegidas tienen un estatus que las protege de cualquier otro uso del suelo, que no sea mantenerlas en su estado actual de conservación del entorno natural. Por ello quizás resulte incoherente para algunos plantear la opción de permitir la explotación de recursos no-renovables en un área que está libre de la intromisión de cualquier actividad humana, ni que decir de una actividad

extractiva. Pero en un gran número de países este hecho de sustitución de usos puede darse y suele darse. Bolivia es un caso dado su sistema normativo, el cual se analiza en la siguiente sección.

### **1.3. Áreas protegidas y su relación legal con el sector hidrocarburos**

Hasta 1996, en concordancia con la Constitución Política del Estado (Artículo 139), el Estado Boliviano era propietario de los recursos naturales que se encontraban en el subsuelo o en cualquier proceso de industrialización. A partir de cambios estructurales de la economía boliviana, se modifican las atribuciones del Estado respecto al manejo de los recursos naturales, en especial, los hidrocarburos. (Escobar, 2005). Este proceso de reformas se ve articulado en torno a varias Leyes y Decretos Supremos:

- La Ley de Privatización (Ley 1330, 24 de abril de 1992).
- La Ley de Capitalización (Ley 1544, 21 de marzo de 1994).
- La Ley de Hidrocarburos (Ley 1689 de 30 de abril de 1996).
- La Ley de la Reforma Tributaria (Ley 843 del 30 de abril de 1996).

La Ley 1689 de Hidrocarburos, promulgada en 1996, señalaba, en contraposición a la Constitución Política del Estado, que cuando los recursos hidrocarburíferos están en el subsuelo, son de propiedad del Estado; cuando se trata de producción y los recursos salen a la superficie, en forma automática la propiedad pasa a las empresas transnacionales hasta que las reservas se agoten.

El marco legal determinado por esta Ley estableció que los Contratos de Operación o Contratos de Asociación firmados entre la empresa estatal del petróleo y empresas extranjeras sean convertidos en Contratos de Riesgo Compartido y determinó la suscripción de Contratos bajo esta modalidad con las nuevas empresas que ingresan al país a partir de las licitaciones. Mediante los Contratos de Riesgo Compartido, las empresas tienen la libertad de transportar, comercializar internamente, exportar y refinar, adquiriendo la propiedad de la producción obtenida en boca de pozo. (Villegas, 2006).

A partir de la promulgación de la ley 3058 de hidrocarburos de mayo del 2005, se vuelve a ratificar de acuerdo a su artículo quinto, que por

mandato soberano del pueblo boliviano, expresado en la respuesta a la pregunta número 2 del Referéndum Vinculante de 18 de julio de 2004, y en aplicación del Artículo 139° de la Constitución Política del Estado, se recupera la propiedad de todos los hidrocarburos en Boca de Pozo para el Estado Boliviano. Así el Estado ejercerá, a través de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB), su derecho propietario sobre la totalidad de los hidrocarburos.

Así, las actividades del sector hidrocarburos en Bolivia se encuentran reguladas fundamentalmente por la Ley de Hidrocarburos (Ley 3058 del 17 de mayo del 2005) la cual establece la relación entre las actividades del sector hidrocarburos y las áreas protegidas de acuerdo a su artículo 32 el cual indica en forma textual:

**ARTÍCULO 32° (De las Actividades Hidrocarburíferas y de las Áreas Protegidas).**

El Ministerio de Hidrocarburos, el Ministerio de Desarrollo Sostenible y el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP), previo a las nominaciones de áreas de interés hidrocarburífero, coordinarán actividades en el marco de sus competencias, cuando las mismas coincidan en áreas geográficas.

Las actividades de hidrocarburos, en sus diferentes fases, podrán desarrollarse en áreas protegidas, reservas forestales, tierras de producción forestal permanente, reservas de patrimonio privado natural respetando su categoría y zonificación, cuando el Estudio Ambiental Estratégico, previo a la autorización o concesión, lo apruebe y no se pongan en riesgo los objetivos de conservación, servicios ambientales, recursos genéticos, espacios arqueológicos y socio- culturales, en el ámbito del desarrollo sostenible. Estas actividades estarán sujetas a Reglamentos específicos, requiriéndose en todos los casos un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental.

**ARTÍCULO 33° (Reconocimiento Superficial).**

Previa autorización del Ministerio de Hidrocarburos, cualquier persona podrá realizar trabajos de reconocimiento superficial, consistentes en

estudios topográficos, geológicos, geofísicos, geoquímicos, prospección sísmica y perforación de pozos para fines geofísicos, en áreas bajo contrato o en áreas libres, sujeto a Reglamento. El Ministerio de Hidrocarburos concederá los permisos previa notificación a los Titulares.

Quienes realicen actividades de reconocimiento superficial, ejecutarán sus labores sin interferir ni causar perjuicio alguno a las operaciones bajo contrato y quedarán obligados a indemnizar al Titular, Estado o a terceros, por cualquier daño ambiental o de otra naturaleza que produzcan.

La ejecución de trabajos de reconocimiento superficial no concede al ejecutante prioridad ni derecho alguno para suscribir Contratos Hidrocarburíferos. La información obtenida del reconocimiento superficial será entregada en copia al Ministerio de Hidrocarburos, quién la pondrá en conocimiento de las entidades competentes.

Por su parte la Ley del Medio Ambiente contiene las normas básicas de la gestión de las Áreas Protegidas en el país, estableciendo: "...las áreas protegidas son patrimonio del Estado y de interés público y social..." al ser declaradas como bien patrimonial, están sujetas a las disposiciones de la constitución Política del Estado que establecen en su Artículo 137 que: los bienes del patrimonio de la nación constituyen propiedad pública inviolable, siendo deber de todo habitante del territorio nacional respetarla y protegerla.

Este conjunto de normas reconoce la importancia de ambas actividades tanto las del sector hidrocarburos como la gestión de AP en Bolivia. Es así que existe un subconjunto de normas que regulan la actividad petrolera en AP, siendo las normas específicas:

- El Artículo 9 de la Ley 3058 la cual establece: "... Los planes, programas y actividades del sector de hidrocarburos serán enmarcados en los principios del Desarrollo Sostenible, dándose cumplimiento a las disposiciones establecidas en el Artículo 171° de la Constitución Política del Estado, la Ley del Medio Ambiente, y la Ley 1257, de 11 de julio 1991, que ratifica el Convenio 169 de la OIT y Reglamentos conexos.

- Según el Art. 22 del reglamento de actividades del sector hidrocarburos, para la selección del sitio de exploración y explotación petrolera, “los responsables deben evitar en lo posible la realización de operaciones en áreas protegidas...”
- Las actividades Hidrocarburíferas, en todas sus fases, “deberán contemplar medidas de prevención y control de contaminación, deforestación, erosión, y sedimentación así como de protección de flora y de fauna silvestre, paisaje natural y áreas protegidas”. Artículo 73, ley 1333.
- Las normas legales que declaran las AP, las normas reglamentarias que aprueban su categorización, zonificación, planes de manejo y reglamento de uso establecen limitaciones a los derechos de propiedad, de uso y de aprovechamiento. Estas limitaciones pueden consistir en restricciones administrativas, servidumbres públicas, obligaciones de hacer o no hacer y otorgamiento de autorizaciones, permisos o licencias de uso. Artículo 8 Reglamento General de Áreas Protegidas.

Estas normas confieren la posibilidad de desarrollo de actividades del sector hidrocarburos en AP; pero bajo la exigencia del tratamiento particular de los impactos ambientales provocados y el resarcimiento de daños, según el Artículo 33 de la Ley de Hidrocarburos la cual indica: “... Quienes realicen actividades de reconocimiento superficial, ejecutarán sus labores sin interferir ni causar perjuicio alguno a las operaciones bajo contrato y quedarán obligados a indemnizar al Titular, Estado o a terceros, por cualquier daño ambiental o de otra naturaleza que produzcan...”

Lamentablemente, como se verá en la siguiente sección, existe esta superposición de usos de suelo; pero en muy pocos casos, se dio el resarcimiento económico indicado por Ley y cuando se dio, el cálculo de esta indemnización fue sujeto más a un análisis de orden político que de orden técnico. Por ello, el presente trabajo de investigación desarrolla una metodología que permite establecer este monto con base en las características Biogeográficas de las Áreas protegidas afectadas por las actividades del sector hidrocarburos.

#### 1.4. Áreas protegidas y su sobreposición con áreas petroleras

El análisis de sobreposición, entre las áreas protegidas y el sector de hidrocarburos, fue realizado por el Viceministerio de hidrocarburos y el Servicio Nacional de Áreas Protegidas el año 2000. Este análisis fue ampliado por el Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos del Viceministerio de Hidrocarburos entregado el año 2002.

La primera versión fue realizado mediante sistemas de información geográficos, que puede vislumbrarse en el Grafico 1 y en el Cuadro 2, los cuales muestran que de las 21 áreas protegidas incluidas en el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP):

- Ocho se ubican fuera de las zonas de interés petrolero.
- Cinco se ubican en diferentes zonas de interés petrolero, pero no tienen áreas de contrato.
- Cuatro de ellas tienen actividades de transporte (gasoductos y oleoductos).
- Tres tiene contratos de explotación, es decir, pozos productivos.
- Las cinco AP restantes, se superponen a áreas de contratos de exploración, es decir, presentan una fuerte probabilidad de que las actividades petroleras se incrementen.

En el Cuadro 2, 3 y 4 se presentan las características generales de las áreas en las que se desarrollan actividades hidrocarburíferas incluyendo la superficie de sobre posición con las áreas de contratos de exploración y explotación hidrocarburífero (PAASH, 2002). El Cuadro no incluye las áreas de sobreposición entre las áreas protegidas y los poliductos y gasoductos existentes en el país.

Las obras de infraestructura petrolera son de hecho, junto con las obras de infraestructura vial, las actividades que más impactan a las AP, puesto que por el trazo marcado por las sendas y caminos suelen internarse a las zonas boscosas taladores ilegales, cazadores furtivos y son inicios para la colonización ilegal y la toma de tierras, aparentemente en estado de abandono. En anexos se incluyen figuras con el trazo general de poliductos y la red de caminos de Bolivia y su superposición con las AP.

**Cuadro 2**  
***Superposición de áreas protegidas y áreas de exploración y explotación petrolera***

Nombre (año de creación)	Superficie SIG Ha			Características generales
	Total	Superposición	%	
ANMI Otuquis	1,005,950			Ambientes singulares del pantanal y transiciones al chaco, bastante bien preservados.
ANMI Palmar	59,484			Poblaciones de palmera de altura, endémica de Bolivia y formaciones de valles secos
ANMI San Matias	2,906,120			Sabana y palmares del pantanal y muestras del bosque Chiquitano bien preservado
Estación Biológica del Beni	135,170			Mosaico de bosques u humedales característicos del Beni
PN Carrasco	692,326	68,670	11.03	Bosques yungueños y cabeceras de valle en subandino de alta pluviosidad
PN ANMI Amboro	637,600	220,680	34.61	Bosques yungueños y cabeceras de valle en subandino de alta pluviosidad
PN ANMI Aguargüe	108,307	108,077	99.88	Transiciones entre bosque tucumanos y chaco serrano
PN ANMI Kaa Iya	3,441,115	599,370	17.42	Variedad de ecosistemas chaqueños y alta diversidad faunística
PN ANMI Madidi	1,895,750	720,320	39.10	Amplio rango altitudinal, diversidad de pisos ecológicos. Áreas de mayor diversidad encontradas
PN TCO Isiboro Secure	1,100,000	474,907	43.17	Diversidad ecológica alta y niveles de riqueza específica elevados. Transición subandino llanura y bosque sabana
RB TCO Pilon Lajas	400,000	251,414	62.85	Alta diversidad ecológica y riqueza específica
RN Manuripi Heat	1,884,000			Ecosistemas amazónicos áreas singulares
RN Tariquia	246,870	246,870	100	Riqueza ecológica y transiciones de bosque tucumanos a valles secos

*Fuente: Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos de Bolivia*

Entre el año 1997 y el 2000, según información de la Cámara Boliviana de Hidrocarburos, se ejecutaron un total de 180 proyectos de los cuales 60 se localizaron dentro de las AP. Los cuadros 3 y 4 muestra que las actividades de exploración sísmica y perforación exploratoria representan la mayoría de los proyectos que se desarrollan en áreas protegidas.

Esto significa, que la actividad del sector hidrocarburos dentro las AP aún se encuentran en su etapa inicial, con grandes posibilidades de incremento en los próximos años.

### Cuadro 3

#### Tipo de Proyectos Hidrocarburíferos en Áreas Protegidas (1997-2000)

	Actividades del Sector Hidrocarburos en AP		
	Sísmica	Exploración	Desarrollo
Áreas protegidas	67 %	25 %	8 %

*Fuente: Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos de Bolivia con base en SERNAP y VMEH 2000*

En general con base en la legislación existente, se puede observar que las áreas protegidas se caracterizan por una gran incertidumbre, debido a la falta de principios, procedimientos y responsabilidades claras que diluyen la información disponible.

Ya que en términos generales (PAASH, 2002):

- Existen disposiciones legales que señalan la necesidad de considerar el carácter especial de las áreas protegidas, sin embargo, estas son muy genéricas y no se han concretado procedimientos y métodos específicos.

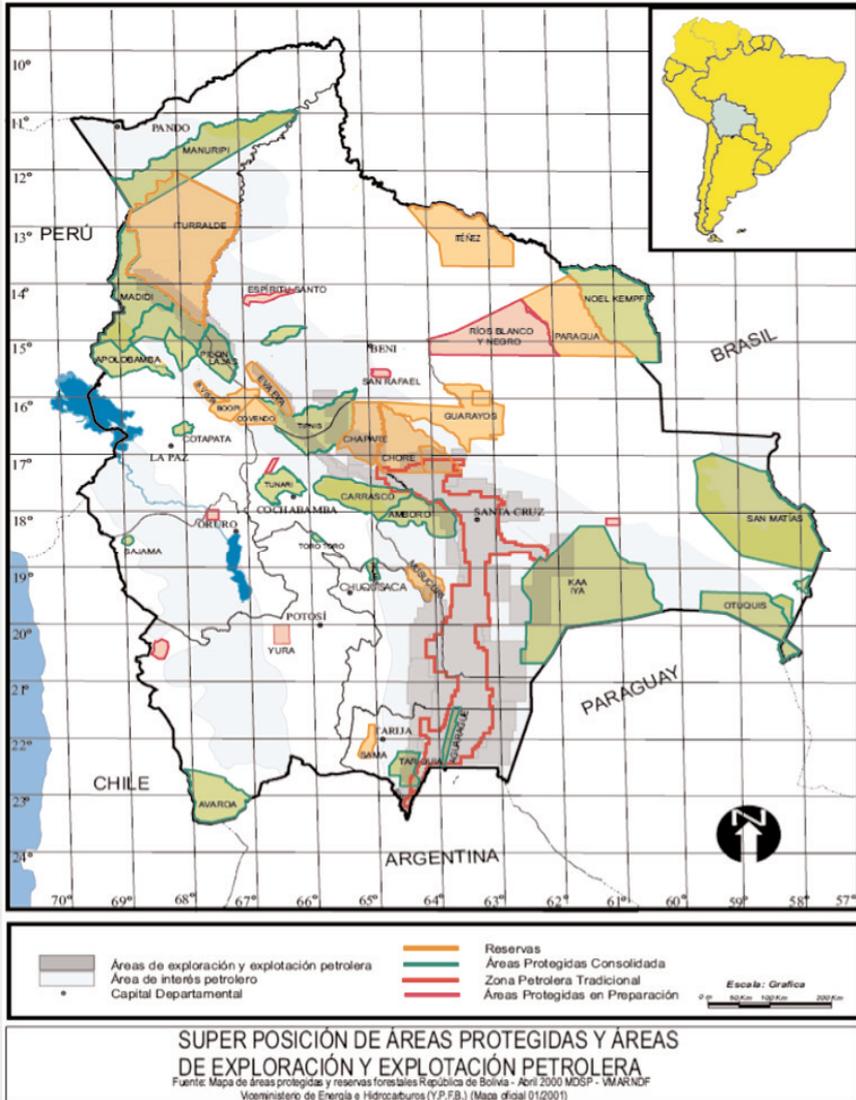
**Cuadro 4**  
**Superposición de Áreas Protegidas y Áreas de Exploración y Explotación Petrolera**

Nombre	Departamento	Nombre de la zona de Interés Petrolero	Área de Contrato	
			Exploración	Explotación
ANMI Apolobamba	La Paz	Zona sin Interés Petrolero		
ANMI Otuquis	Santa Cruz	Chaco		❖
ANMI Palmar	Chuquisaca	Subandino Sur		❖
ANMI San Matías	Santa Cruz	Pantanal		❖
Estación Biológica del Beni	Beni	Beni		
PN Carrasco	Cochabamba	Subandino Sur	Chimore	
		Pie de Monte	Chimore	Carrasco Bulo Bulo Katari
PN N. Kempff Mercado	Santa Cruz	Zona sin Interés Petrolero		
PN Sajama	Oruro	Zona sin Interés Petrolero		
PN Toro Toro	Potosí	Zona sin Interés Petrolero		
PN Tunari	Cochabamba	Zona sin Interés Petrolero		
PN ANMI Amboro	Santa Cruz	Subandino Sur	Amboro Espejos	
		Pie de Monte	Amboro Espejos	❖ +
PN ANMI Aguasagüe	Tarija	Subandino Sur	Aguasagüe San Antonio San Alberto Bereti	Caigua Los monos +
		Pie de Monte	Tarija Oeste Bereti Yacuba	Vertiente Vuelta grande
PN ANMI Cotapata	La Paz	Zona sin Interés Petrolero		
PN ANMI Kaa Iya	Santa Cruz	Chaco	Parapetí Bañados	❖
PN ANMI Maslidi	La Paz	Madre de Dios		
		Subandino Norte	Tuichi	
PN TCO Isiboro Secure	Beni y Cochabamba	Beni	Chupare	
		Subandino Norte	Secure	
RB TCO Pilon Lajas	La Paz y Beni	Beni		
		Subandino Norte	Subandino	
RN Manuripi Heat	Pando	Madre de Dios		
RN Tariquia	Tarija	Subandino Sur	Churumas	Churumas
RN Eduardo Avaroa	Potosí	Zona sin Interés Petrolero		
RN Cordillera de Sama	Tarija	Zona sin Interés Petrolero		

Fuente: Plan de Acción Ambiental para el Sector Hidrocarburos de Bolivia con base en SERNAP y VMEH 2000

- ❖ Presencia de ductos
- ◆ Área tradicional de explotación petrolera

**Gráfico 1**  
**Superposición de Áreas Protegidas y Áreas de Exploración y Explotación Petrolera**



- No existe una definición clara de la participación del SERNAP, en su carácter de autoridad competente dentro de la jurisdicción de las áreas protegidas en el sistema de prevención y control, es así que su participación varía de un proyecto a otro. Asimismo se observa que los directores de las AP con actividad del sector hidrocarburos desconocen las actividades de las empresas petroleras y no son consultados antes de la otorgación de la licencia de inicio de actividades.
- El SERNAP no cuenta con un sistema de monitoreo que permita dar seguimiento y comprender los verdaderos impactos de las actividades hidrocarburíferas. Existe un control de las actividades programadas, en alguna de las áreas con presencia de actividades petroleras se menciona un seguimiento sin mayores detalles. Es decir, se trata más de un seguimiento al cumplimiento de tareas que a los impactos producidos y a la instrumentación de medidas de mitigación o restauración.
- Se observa un aumento paulatino de actividades hidrocarburíferas en AP que junto a la ausencia de un tratamiento adecuado de estas actividades está generando conflictos que reciben atención y soluciones independientes. Esto constituye un serio riesgo, tanto en relación a la viabilidad de las AP, como en el futuro de las inversiones petroleras en situaciones de inseguridad jurídica y social.

Por ello, la realización de una metodología con base en el concepto de resarcimiento de daños expresado en el Art. 33 de la actual Ley de Hidrocarburos permitirá a los encargados de política tanto del SERNAP como del Viceministerio encargado del área de hidrocarburos tomar decisiones en forma uniforme para todo el sistema de áreas protegidas y su relación con el sector de explotaciones de bienes no renovables, con mención especial al sector hidrocarburos, actualmente:

- Existe una duplicidad y un vacío de responsabilidades, debido a que la autoridad sectorial competente, viceministerio del área, que debe

actuar en un espacio en el que la autoridad competente (SERNAP) tiene potestad total y absoluta para todo.

- Como consecuencia, existen situaciones en las que ninguna de las instancias citadas actúa, o por el contrario, el accionar de ambas interfiere mutuamente, generándose conflictos innecesarios. Por otra parte, no se toman decisiones oportunas generando incertidumbre a las empresas.
- Se genera una competencia entre las empresas y las comunidades locales sobre el uso del territorio, que incrementan los conflictos sociales<sup>10</sup>.
- Existen denuncias de contaminación y datos de diferente índole que no están verificados y que no tienen el seguimiento adecuado.

A pesar de esto, hay que reconocer que la actividad petrolera y minera generan beneficios económicos tan importantes que los Estados permiten la explotación de estos recursos, se encuentren donde se encuentren, incluso AP, en el informe sobre El Congreso Mundial de Parques organizado por la UICN en Durban - África del Sur de 2003 la Secretaria del OILWATCH se ejemplifica "... que en todos los continentes existen casos en los que un área protegida ha sido afectada directa o indirectamente por la explotación de un recursos no-renovable".

En efecto, se presenta en general la siguiente disyuntiva: si se permite la explotación de recursos dentro las AP, se generan recursos económicos directos que los estados pueden usar para el beneficio de toda la sociedad, a su vez; conservar estas áreas generan recursos económicos, además de beneficios ambientales por conservar las llamadas servidumbres ecológicas, que benefician de hecho a toda la sociedad sin ningún costo aparente.

---

<sup>10</sup> PAASH cita como ejemplo al PN Amboro, donde las comunidades por muchos años vieron restringido su derecho de acceso a las zonas núcleo del parque, donde se proponía aprobar una actividad petrolera, entonces la actitud de la comunidad es de equilibrio. "si se inician la actividades dentro de estas zonas las comunidades ingresaran a realizar sus actividades agrícolas a la zona".

El análisis económico, debería señalar cuál de las alternativas beneficia en mayor medida a la sociedad, antes de decidir a cual asignar el uso del territorio. Lamentablemente los Estados en su necesidad de generar recursos (inmediatos), priorizan la extracción del recurso no-renovable en vez de la conservación de las AP, por lo que el conflicto existe *a priori*. Corregirlo va más allá del objetivo de esta investigación por lo que se plantea una posible solución desde la óptica de la economía ambiental, la cual a través del diseño de una metodología, pretende dar elementos de juicio para los tomadores de decisión.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> En el congreso mundial de parques desarrollado en Durban- Sudáfrica en septiembre del 2003 se realizó la recomendación 5.28 de la UCIN, donde se reconoce en su punto cuatro la necesidad de ver la forma de coordinar y negociar con las industrias mineras y petroleras para la mejor conservación de las AP.



## IMPUESTOS Y TIEMPOS ÓPTIMOS PARA LA EXPLOTACIÓN DE RECURSOS NO-RENOVABLES: USANDO LA OPTIMIZACIÓN DINÁMICA

En el diseño de las políticas públicas en el sector ambiental, existe un gran debate sobre cómo se debe instrumentar una política para que cumpla con sus objetivos de manera eficiente, disminuyendo las externalidades negativas y aumentando las externalidades positivas. Ya que, si la externalidad negativa está asociada a la producción de un bien, en un mercado competitivo se producirá demasiado de ese bien; si la externalidad está asociada al consumo de un bien, en un mercado competitivo se consumirá demasiado del bien. El óptimo social, tanto en producción como en consumo, se obtiene de comparar los costos marginales sociales de una actividad con sus beneficios sociales. (Sánchez, 2002; Kolstad, 2000).

Esta discusión parte de la selección de los instrumentos de regulación, los que pueden ser tan variados como el cobro de impuestos, la aplicación de una norma tecnológica o un subsidio ambiental, etc. En general, no se intenta alcanzar un óptimo social, ni corregir totalmente el problema de la externalidad que genera la explotación de un recurso o la emisión de un contaminante (Pearce and Turner, 1995). Llegar a este óptimo social suele ser muy costoso para la sociedad, para lo que se opta por un proceso que suele tener dos etapas (Sánchez, 2002) cuadro 5.

- Determinar un objetivo meta ambiental en función a criterios determinados conservación de biodiversidad, manejo de un recurso, etc.
- Buscar el mejor instrumento para lograrlo.

Los objetivos ambientales, se presentan usualmente como normas o estándares que deben ser implementados por un sector de la economía. Para definir cuál es el mejor instrumento o conjunto de instrumentos para llegar a este objetivo, existen una serie de criterios que encaminan este proceso de elección. Desde el punto de vista económico los más importantes son:

- Eficiencia estática o costo efectividad (costo mínimo).
- Eficiencia dinámica (eficiencia a través del tiempo).
- Requerimientos de información.
- Costo de fiscalización, control y monitoreo.
- Facilidad de adaptarse frente a cambios en las condiciones de la economía.
- Aspectos distributivos.

La preocupación por la eficiencia de las organizaciones públicas es un fenómeno creciente en las sociedades contemporáneas. La noción de maximizar el bienestar está indisolublemente relacionada con la eficiencia y se refiere al mejor uso de los recursos limitados de los agentes económicos. En este sentido, la eficiencia requiere la adecuación entre la valoración del resultado y el coste o sacrificio realizado para su consecución.

Este concepto de eficiencia presenta dos rasgos importantes: es un criterio normativo de valoración (“más es preferible a menos”) y se aplica a los resultados de las decisiones de asignación de recursos. En consecuencia, si hay una alternativa organizativa B que genera más valor que la actual A, habrá incentivos para negociar un arreglo organizativo más eficiente en sentido estricto. Este importante resultado teórico, llamado principio de maximización del valor, facilita considerablemente el análisis del diseño y la reforma de las organizaciones. (Obando, 1998; Edwards, 2003).

Desde este enfoque, la gestión pública se puede plantear como un problema de maximización del bienestar, con cuatro componentes:

- un objetivo o fin público,
- una situación inicial,
- unos instrumentos de gestión: recursos, normas, instituciones, etc.,
- unas restricciones: presupuestarias, de alternativas técnicas, de garantías legales.

La solución del problema es el conjunto de actividades e instrumentos que transforman la situación inicial en la final, sin violar las restricciones, obteniéndose un resultado que ha de cumplir un objetivo determinado, en este caso el freno de la degradación ambiental. Es así que los instrumentos económicos apuntan a modificar el comportamiento de los agentes al alterar los incentivos (precios relativos) que estos enfrentan, encaminando su conducta hacia los objetivos trazados, pero sin un nivel específico declarado; maximizando desde el punto de vista económico la conducta de un grupo social en forma conjunta.

**Cuadro 5**  
**Taxonomía de Instrumentos de Política**

	<b>Instrumentos Directos</b>	<b>Instrumentos indirectos</b>
<b>Instrumentos económicos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Cargos o subsidios por efluente (basados en el precio)</li> <li>◆ Permisos transables (basados en la cantidad máxima de emisiones)</li> <li>◆ Sistemas de depósitos de reembolso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Impuestos al producto/insumo</li> <li>◆ Subsidios al producto/insumo</li> <li>◆ Subsídios a substitutos e insumos de abatimiento</li> </ul>
<b>Comando y control</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Normas de emisión (específicos a la externalidad)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Normas tecnológicas (equipos, procesos, insumos, productos)</li> </ul>
<b>Planes de Gobierno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Limpieza y manejo de residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Desarrollo tecnológico</li> </ul>

*Fuente: Eskeland y Jiménez, 1991, citado en Sánchez, 2002.*

La forma más habitual de regulación ambiental es la aplicación de estándares ambientales (normas tanto tecnológicas como administrativas), teniendo usualmente como objetivo cubrir algún riesgo ambiental inherente para la salud humana o del ambiente en general. El principal problema que plantea el establecimiento de estándares, es que su resultado será económicamente eficiente sólo de forma accidental, por lo que es poco probable que se disminuya los efectos externos generados por las actividades productivas humanas.

Los impuestos por su parte tienen muchas características que cumplen con los criterios de elección antes mencionados<sup>12</sup>:

- Usan los mecanismos de mercado para asignar un precio sobre servicios hasta entonces no tasados, pero muy valiosos, que proporciona el medio natural. Hasta cierto punto imitan el mercado; ya que, el impuesto podría ser variado para reflejar la creciente escasez de esos servicios.
- Tienen propiedades de optimización, si se conocen tanto los costes del daño y aun si no se conocen, tiene propiedades de menor coste. (Pearce and Turner, 1995).
- Puede aplicarse fácilmente, a diferencia de los sistemas de normas técnicas en especial si tomamos en cuenta que los países en vías de desarrollo suelen contar con normas ambientales muy exigentes; pero por su debilidad institucional las normas suelen verse rebasadas por la práctica empresarial. (Verardi, 2005)

Sobre todo en el caso de la extracción de petróleo donde gran parte de la normatividad no pasa de poner un estándar técnico que se traduce en el uso de una tecnología o en el llenado de formularios, además de requerir de costosas revisiones técnicas para supervisar el cumplimiento de esta normatividad. Un impuesto sobre la producción o la afectación de un factor, se cobra por la cantidad producida o el tamaño del daño producido facilitando su aplicación y control.

---

<sup>12</sup> Usualmente los impuestos ambientales suelen llamarse impuestos pigouvianos, el cual es un impuesto sobre el contaminador basado en la estimación del daño realizado. Dicho impuesto según Pigou es el medio idóneo para lograr el equilibrio entre el coste social y el privado.

A pesar de todas estas virtudes los impuestos ambientales tienen un limitado papel en la regulación económica dado que<sup>13</sup>:

- Hay incertidumbre sobre la justicia de los impuestos pigouvianos; puede que el impuesto vaya más allá de gravar la contaminación, dada la dificultad de establecer la verdadera función de daño de la actividad regulada<sup>14</sup>.
- El statu quo; la regulación de la contaminación surge como la aplicación de estándares sobre problemas de salud pública, basada en normas y respaldadas por la inspección y las penalizaciones. Intentar algo nuevo implica demostrar que la opción mejora el sistema existente.

La visión analizada deja de lado los sistemas de regulación que combinan ambas opciones, es decir, usar un impuesto como el instrumento para la consecución de una norma en particular. En una aplicación sobre normas de emisión y mercados de cuasi-permisos transables para la ciudad de Santiago de Chile (Montero, 2002), demuestra que la aplicación de una norma (estándar técnico) y un instrumento de mercado (una tasa impositiva) incrementan la efectividad de ambos instrumentos y hace posible la consecución del objetivo ambiental.

Por ello, se propone complementar las normas existentes en Bolivia, para la conservación y protección de las áreas protegidas, con la fijación de un impuesto que incorpore los costos ambientales provocados a estas áreas protegidas por la industria petrolera, la gran minería y la gran infraestructura en general. En otras palabras se quiere poner un costo a la destrucción del ambiente que es tomado como un insumo gratuito para la

---

<sup>13</sup> Una revisión más amplia del tema se ve en Pearce and Turner, 1995.

<sup>14</sup> Los valores monetarios obtenidos dependen de una serie de decisiones que son adoptadas de forma secuencial a lo largo de los estudios realizados, y que con frecuencia no son evidentes por la particular naturaleza de algunos de los efectos que se consideran. Existe un conjunto importante de causas de incertidumbre que se originan no sólo por los condicionantes estadísticos presentes en cualquier estudio científico a partir de observaciones de la realidad o por la elección de los modelos utilizados y las asunciones técnicas realizadas, sino también por la falta de seguridad acerca del futuro y por la necesidad de integrar una cierta perspectiva ética en la consideración de determinados efectos. (Izquierdo et al, 2002).

producción y que en este momento carece de precio y por tanto pareciera que carece de valor.

El usar un impuesto sobre la extracción de petróleo y el uso del espacio dentro un área protegida puede complementar las actuales normas y estándares técnicos exigidos a la industria petrolera, así el impuesto se convertiría en un instrumento más de la norma.

Este impuesto debe reunir dos características principales:

- Primero debe tener una eficiencia dinámica, es decir, debe poder adaptarse a los cambios de la economía y a los cambios en la tecnología existente.
- Segundo debe considerar las características especiales de las áreas protegidas y las modificaciones que estas sufren a lo largo de las bio-regiones que ocupa el área de estudio, es decir, debe integrar en su estimación la riqueza biológica de cada una de las áreas protegidas de Bolivia.

Para ello, se usará como marco teórico un modelo de optimización dinámico que recoja estas restricciones, así se perfilara un modelo en su versión teórica, luego de lo cual se incluirán especificaciones que permitan introducir en el modelo la estructura legal boliviana y las restricciones ya mencionadas.

### **2.1. El modelo clásico: el problema del control óptimo.**

El problema clásico de optimización es encontrar el valor de una variable (o un vector de variables) que maximicen (o minimicen) una determinada función objetivo. En sistemas dinámicos, el problema es encontrar la trayectoria de una variable (o grupo de variables) que maximicen (o minimicen) una determina función objetivo. En general esta función objetivo, se expresa en términos del recorrido que tengan tanto las variables de control como las variables de estado,  $X$ , dentro del horizonte de tiempo,  $T$ , y del valor terminal de las variables de estado,  $X(T)$ . (Edwards, 2000; Pontryagin, 1984; Pindyck, 1978).

La consecución del objetivo y la forma de la función objetivo deben estar basadas en reglas de política económica, como las señaladas en la sección anterior. Debe tomar en cuenta la teoría de la decisión, ya que ella provee un marco racional para elegir acciones alternativas cuando las consecuencias resultantes de éstas no son perfectamente conocidas<sup>15</sup>.

Los problemas pertinentes para analizar con este método son los caracterizados por:

- (i) Unicidad: nunca una situación es idéntica a otra. Tienen puntos de partida diferentes.
- (ii) Importancia: se compromete un porcentaje importante de recursos.
- (iii) Incertidumbre: información imperfecta sobre los factores que deben ser considerados.
- (iv) Implicancias de largo plazo: La empresa, institución o quién sea que tome la decisión tendrá que vivir con las consecuencias de su acción por varios años.
- (v) Preferencias complejas: deben incorporarse preferencias temporales y frente al riesgo.<sup>16</sup>

Este tipo de modelos nos permiten escoger entre dos cursos de acción diferentes. En nuestro caso, esta elección nos dará como resultados: si es económicamente factible realizar acciones extractivas en un área protegida y cobrar los daños que se permiten por ley o no permitir el desarrollo de

---

<sup>15</sup> Esta teoría se basa tanto en la teoría de la utilidad, como en la teoría de la probabilidad. La primera sirve para modelar las preferencias de quién toma las decisiones, mientras que la segunda sirve para modelar la incertidumbre presente en prácticamente todas las decisiones. Un importante beneficio del Análisis de Decisiones es que entrega un lenguaje formal e inequívoco para comunicarse entre todas las personas involucradas en el proceso de decisión. A diferencia de la intuición, posee una lógica verificable, lo que lo hace una herramienta valiosa en las decisiones organizacionales y públicas, en las que no sólo se debe dar a conocer la opción seleccionada, sino que los fundamentos en que se basó la elección. (Edwards, 2003).

<sup>16</sup> Uniendo todos estos elementos, el Análisis de Decisiones permite una modelación matemática de la decisión, una implementación computacional del modelo y una evaluación cuantitativa de varios cursos de acción. Así, el Análisis de Decisiones especifica las alternativas, la información y las preferencias de quien decide para encontrar la decisión lógica correspondiente. (Edwards, 2003).

estas actividades, por lo excesivo de los costos impuestos a la sociedad en el tiempo. Es decir, hay que tomar como punto de partida inicial la existencia de una rica biodiversidad dentro las áreas protegidas y un sistema legal que permite el desarrollo de actividades extractivas de petróleo en dichas áreas.

### 2.1.1. El Modelo Matemático

Matemáticamente, el problema de control óptimo en tiempo continuo se formula como: (Pontryagin, 1988; McShane, 1989).

1. Maximizar  $-J = \psi(X(T)) + \int_0^T l(X(t), u(t))dt$

*sujeto a:*

2.  $X'(t) = f(x(t), u(t))$

3.  $X(0) = X_0$

Y un conjunto de controles posibles

4.  $u(t) \in U$

En términos de un problema económico, la integral en la función objetivo podría representar el valor presente de los flujos netos de ingresos y la función el valor residual de las inversiones. Por otra parte, debe destacarse que el conjunto posible,  $U$ , no se postula como dependiente de  $t$ . Es decir, el conjunto de restricciones para las variables de control,  $u(t)$ , es igual para todo  $t$ . Ahora bien, si  $U = R^m$ , entonces no haya restricciones para  $u(t)$ . En general, el vector  $X(t)$  tiene  $n$  dimensiones y  $u(t)$   $m$  dimensiones. (Edwards, 2002; Pindyck, 1978).

Se supondrá que dado 2) y 3) existe una sola solución una vez que se especifica la trayectoria de control  $u(t)$ . Así el problema es encontrar la trayectoria de control  $u(t)$ ,  $0 \leq t \leq T$ , que satisfaga 4) y que lleve al máximo valor de  $J$ . A continuación se presenta una forma aplicada para encontrar la trayectoria óptima de  $u(t)$ . Para ello definiremos el Hamiltoniano del sistema, el cual es igual a:

5.  $H(\lambda, X, u) = \lambda^T f(X, u) + l(X, u)$

Donde  $\lambda^T$  es un vector de  $1 \times n$ ,  $f(X, u)$  es de orden  $n \times 1$  y  $l(X, u)$  es de orden  $1 \times 1$ .

El principio de Pontryagin indica que la trayectoria de  $u(t)$  que maximiza  $J$  es la misma que maximiza  $H(\lambda, X, u)$ , es decir, para objetos lineales o susceptibles a ser linealizados, hallar el máximo de la función objetivo contiene la condición necesaria y suficiente de optimización de todo el proceso de control óptimo. Siendo el Teorema:

- Se supone que  $u(t) \in U$  y  $X(t)$  representan las trayectorias óptimas de los controles y las variables de estado del sistema descrito por a), b), c) y d). Entonces, existe una trayectoria adjunta óptima y una constante,  $\lambda(0) \geq 0$  tal que  $u(t)$ ,  $X(t)$ , y satisfacen

6.  $X'(t) = f(X(t), u(t))$  (ecuación del sistema)

7.  $X(0) = X_0$  (condición inicial)

8.  $-\lambda'(t)^T = \lambda(t)^T f_x(X(t), u(t)) + l_x(X(t), u(t))$  (ecuación adjunta)

9.  $\lambda_i(T)^T = \psi_i(X(T))_i$  donde  $i = r+1, r+2, \dots, n$  condición adjunta final

10.  $H(\lambda(t), X(t), v(t)) \leq H(\lambda(t), X(t), u(t))$

Para todo  $t, 0 \leq t \leq T$  y todo  $v \in U$  y donde  $H$  es el Hamiltoniano.

11.  $H(\lambda, X, u) = \lambda^T f(X, u) + l(X, u)$

Se ha definido:

12.  $f(X, u) = \begin{bmatrix} f_1(X, u) \\ \vdots \\ f_n(X, u) \end{bmatrix} \quad f_x(X, u) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial X_1} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial X_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial X_1} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial X_n} \end{bmatrix}$

$$13. \quad I_x(X, \omega) = \left( \frac{\partial I}{\partial X_1} \dots \frac{\partial I}{\partial X_n} \right) \quad \psi_x(X(T)) = \left( \frac{\partial \psi}{\partial X_1(T)} \dots \frac{\partial \psi}{\partial X_n(T)} \right)$$

Lo que indica que el sistema tiene una solución posible, dadas sus características y propiedades matemáticas (Pontryagin, 1984; Chiang, 1992).

### 2.1.2. Ampliación del modelo matemático para la extracción óptima de petróleo

El uso óptimo de las reservas energéticas dentro una economía, requiere un conocimiento adecuado de los flujos (entendidos como ofertas) y demandas energéticas que son cubiertas por la diversidad de fuente de energía de un país<sup>17</sup>. Desde este punto de vista, los modelos que se desprenden del análisis anterior son una potente herramienta de trabajo que permiten manejar eficazmente las políticas de extracción y consumo de este recurso no renovable. Las cuales tiene como finalidad cubrir la demanda de energéticos el mayor tiempo posible y al menor costo, dada la tecnología y las restricciones ambientales impuestas. Desde esta visión, el modelo será interpretado desde la perspectiva de un planificador central y tomará los criterios mencionados en la primera etapa de esta sección.

Para ello, se desarrolla un modelo de optimización dinámica de la extracción óptima de petróleo recurriendo a algunos supuestos simplificadores que permiten manejar lo complejo del tema pero simultáneamente llegar a conclusiones que muestran el comportamiento aproximado de las variables, las formas funcionales y sus posibles implicaciones. Los modelos usados en este caso son el modelo de Pindyck (1978) y el modelo de Grigoriu – Olivera (2002).

Se modelará el problema como un proceso de optimización, siendo el objetivo maximizar una función indicadora de eficiencia social. Para simplificar la complejidad del sistema se toman los siguientes supuestos:

---

<sup>17</sup> Es difícil imaginar el funcionamiento de la economía sin considerar el manejo y uso de sus recursos energéticos. Para Bolivia la producción de petróleo representa más de las tres cuartas partes de sus recursos energéticos por lo que desarrollar una política adecuada de exploración, prospección, extracción, transporte, refinación y distribución es fundamental.

- Las reservas de petróleo conocidas dependen del esfuerzo de exploración y de la extracción, ambas consideradas variables de control.

Definiéndose:

$R(t)$  = Reservas conocidas en el momento  $t$ .

$D(t)$  = Descubrimientos acumulados desde el momento cero hasta el momento  $t$ .

$q(t)$  = Extracción del recurso en  $t$ .

$X(t)$  = Esfuerzos de exploración en  $t$ .

Se supondrán las siguientes relaciones:

$$14. \quad D'(t) = F(x, D); \quad f_x > 0; \quad f_D < 0; \quad D(0) = D_0$$

Esta relación indica que mientras mayor sea el esfuerzo de exploración, mayores serán los descubrimientos, y mientras más se haya descubierto, más difícil es descubrir nuevas reservas. Para simplificar, se supondrá:

$$15. \quad D'(t) = F(x, D) = \alpha X^d(t) - \beta D \quad \alpha > 0 \quad d \geq 1 \quad \beta > 0$$

Donde Alfa ( $\alpha$ ) es un parámetro de comportamiento que representa la relación existente entre los esfuerzos de exploración en  $t$  y el hallazgo de nuevos pozos petroleros, elevado a un exponente ( $d$ ) mayor-igual que uno, representando la acumulación de conocimiento y el aprendizaje en el proceso de exploración y prospección. Beta ( $\beta$ ) representa la reducción de probabilidades de encontrar nuevos pozos petroleros a medida que se hacen nuevos descubrimientos.

- Como las reservas conocidas aumentan según los nuevos descubrimientos y disminuyen conforme se vaya extrayendo el petróleo, dada una reserva inicial, esto se puede escribir:

$$16. \quad R'(t) = D'(t) - q(t) \quad R(0) = R_0 \quad R_0 > 0$$

La función objetivo ó de eficiencia social se restringirá al sector productor de petróleo quedando fuera del análisis el refinado del mismo. El excedente del productor es la función a ser maximizada, entendida como la diferencia entre los ingresos y costos totales de la extracción del recurso no renovable.

Dentro la literatura existente sobre la explotación de recursos no renovables los trabajos de Zechauser (1975) y Stiglitz (1976) indican que dada una elasticidad precio constante de la demanda, la trayectoria de los precios spot de los recursos no renovables es la misma bajo condiciones de mercados competitivos o monopolios; ya que la empresa no puede modificar el comportamiento de la demanda. (Sundaresan, 1984).

Para la especificación del modelo, se toman los siguientes supuestos:

- Se supone un país con una producción de petróleo que alcanza a cubrir la demanda interna de la economía y exportar sus excedentes (WRI, 2005);
- Por las condiciones propias del mercado, los precios se determinan a nivel internacional, independiente de su nivel de producción (WRI, 2005; Villegas, 2006).

Los costos relevantes a ser considerados en el modelo son Costos de exploración, perforación, extracción y transporte:

- La función de costos de exploración:

$$17. \quad C_{ex} = a + bX^h(x) \quad a > 0 \quad b > 0 \quad h > 0 \quad h \leq 1$$

Lo cual indica que una unidad adicional de exploración es cada vez más barata, por la existencia de aprendizaje en este proceso.

- El costo de perforación:

$$18. \quad C_{pf} = z * M$$

Especificación que muestra una relación lineal directa ( $z$ ) entre el costo y la cantidad de metros perforados (profundidad  $M$ ).

- El costo de extracción en cualquier momento del tiempo varía inversamente con el nivel de reservas conocidas.

$$19. \quad C_x = \left( \left( w / (R_{(D,X,z,t)}) \right) * q(t) \right)$$

Esto implica que cuando las reservas tienden a cero, se hace restrictiva la producción ya que el costo tendería a infinito, quedando sin aprovechar una parte del yacimiento. Se debe destacar que esta especificación supone un costo medio de producción que no varía según el nivel de extracción.

- Costo de transporte: se considera que el mismo es una proporción fija del nivel de producción:

$$20. \quad C_z = g * q(t)$$

La función de costos por construcción es cóncava, originando un conjunto de posibilidades convexo, lo cual implica que las condiciones de segundo orden para la optimización de beneficios para un máximo se cumplen (Varian, 1990; Chiang, 1992; Pontryagin, 1988, McShane, 1989), por lo que se dan los siguientes supuestos:

- I. El horizonte de tiempo es fijo e igual a  $T$ .
- II. La tasa de descuento ( $r$ ) es la tasa social de largo plazo.
- III. El valor residual es cero, ya que la existencia de un residuo de petróleo en el subsuelo no tiene “valor perse” por su alto costo de extracción.
- IV. La producción no puede ser mayor que una  $q^{Max}$ , cantidad máxima en un momento dado, debido a las restricciones dadas por la tecnología disponible.
- V. El esfuerzo de exploración no puede ser mayor que un  $X^{Max}$ ; ya que un esfuerzo superior a este límite deteriora la rentabilidad del proyecto.

Los supuestos anteriores implican que la maximización del beneficio neto de la explotación de los recursos no renovables para la sociedad, entendido como la diferencia entre los ingresos y costos totales, cumplen las condiciones del proceso de control óptimo:

$$21. \quad \text{MAX} \cdot J = \int_0^T \left\{ \left[ P(t)q(t) - \left( a + bX^h(t) + zM + (w/R(D, X, q, t) * q(t) + gq(t) \right) \right] \right\} * e^{-rt} dt$$

Sujeto a:

$$22. \quad D'(t) = F(x, D) = \alpha X^d - \beta D$$

$$23. \quad R'(t) = D'(t) - q(t)$$

$$24. \quad R'(t) = \alpha X^d - \beta * D - q(t)$$

$$25. \quad R(0) = R_0$$

$$26. \quad D(0) = D_0$$

$$0 \leq q(t) < q^{MAX} \qquad 0 \leq q(t) < q^{MAX}$$

$$a>0; \quad d>1; \quad b>0; \quad w>0; \quad g>0; \quad a, b, h > 0; \quad h<1; \quad z>0$$

Siendo un problema de control óptimo sin restricciones terminales con dos variables de estado, D (t) y R (t), que describen la situación del sistema en cada momento, y dos variables de control, q(t) y X(t), acompañadas de dos variables de co-estado  $\lambda_{(1 \text{ y } 2)}$  que representan los precios sombra del impacto sobre beneficios futuros de tener una unidad menos de petróleo por ser extraída en el presente, así como los beneficios futuros por descubrir una unidad más de petróleo, respectivamente.

El Hamiltoniano se valorará al costo marginal instantáneo del sistema o spot, siendo la resultante <sup>18</sup>:

---

<sup>18</sup> Se considerara el siguiente símbolo como el hamiltoniano Spot  $\hat{H}$ , es decir, el proceso de optimización en un momento o punto dado, es decir, el valor relativo (spot) de una unidad de la función en t + 1 en términos de una unidad de la función en el período t, en general todo los símbolos con subrayado en onda son Spot.

$$27. \quad \hat{H} = \left\{ P(t)q(t) - \left( a + bX^h(t) + zM + \left( w/R(D, X, q, t) * q(t) \right) + gq(t) \right) \right\} + \lambda_1(\alpha X^d - \beta D) + \lambda_2(\alpha X^d - \beta D - q(t))$$

Siendo las condiciones de primer orden las siguientes<sup>19</sup>:

28.  $d\hat{H}/dq(t) = P(t) - \left( (w/R(t) + (w * q(t) * R_q/R^2(t)) + g) - \hat{\lambda}_2 \right) = 0$
29.  $d\hat{H}/dX(t) = -(hbX^{h-1}(t)) - (w * q(t) * R_x/R^2(t)) + (\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2)(d\alpha X^{d-1}) = 0$
30.  $d\hat{H}/dD(t) = -(w * q(t) * R_D/R^2(t)) - \beta(\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2) = -\Delta(t) + r\hat{\lambda}_1$
31.  $d\hat{H}/dR(t) = -(w * q(t)/R^2(t)) = -\Delta(t) + r\hat{\lambda}_2$
32.  $d\hat{H}/d\hat{\lambda}_1 = \alpha X^d - \beta D = D'(t)$
33.  $d\hat{H}/d\hat{\lambda}_2 = \alpha X^d - \beta D - q(t) = R'(t)$
34.  $R(0) = R_0$
35.  $D(0) = D_0$

*Nota:*  $\lambda(t) = \hat{\lambda}(t) * e^{-rt}$  en 3 y 4 la expresión  $-\Delta(t) + r\hat{\lambda}_1$  representa la primera derivada de lambda con respecto al tiempo, donde Lambda es un vector columna de dos miembros. Lambda 1 en relación a los nuevos descubrimientos y lambda 2 con respecto a la extracción de petróleo.

36.  $\lambda_1(T) = 0$  El Limite de lambda 1 cuando T tiende a infinito es cero.

$\lambda_2(T) = 0$  El Limite de lambda 2 cuando T tiende a infinito es cero.

**De la ecuación 28:** Se puede apreciar que el beneficio marginal de extraer una unidad más de petróleo está dado por la diferencia entre ingresos y costos, siendo el miembro restante el costo marginal de uso del recurso, que representa los sacrificios para la sociedad por extraer una unidad más de petróleo,  $\hat{\lambda}_2$ , en el momento t.

<sup>19</sup>  $R_q$  representa la primera derivada de R respecto a q;  $R_x$  representa la primera derivada de R respecto a X;  $R_D$  representa la primera derivada de R respecto a D.

**En la ecuación 29:** Se Observa que el primer término indica el beneficio marginal de la sociedad por realizar esfuerzos de exploración adicional, el segundo término indica el beneficio marginal de la sociedad por realizar esfuerzos de exploración que incrementan los niveles de reservas acumuladas, y tercer término el costo marginal de uso incurrido al realizar la exploración y explotación.

**Con la ecuación 30:** Se obtiene la ecuación de arbitraje, la cual compara el retorno alternativo de la inversión (si esta se hubiese invertido en el mercado de valores) con los retornos obtenidos en el proyecto de exploración de nuevos yacimientos petrolíferos. El cual en el fondo nos indica si vale la pena o no invertir en exploración.

37.

$$-(w * q(t) * R_D (R^2(t) \hat{\lambda}_1)) - \beta (\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2) \hat{\lambda}_1 + \Delta(t) \hat{\lambda}_1 = r$$

↑

Representa el beneficio neto por los nuevos descubrimientos

↑

Beneficios o pérdidas por disminuir los descubrimientos a futuro

↑

Retorno por ganancia o pérdida de capital en el proceso de exploración

Tasa de interés social de largo plazo, con la que se realiza la comparación

↗

**Con la ecuación 31:** Se obtiene la ecuación de arbitraje en la que se estima si es o no rentable extraer petróleo.

38.-

$$-(w * q(t) (R^2(t) \hat{\lambda}_2)) + \Delta(t) \hat{\lambda}_2 = r$$

↓

Representa el beneficio neto de extraer una unidad más de petróleo

↓

Retorno por ganancia o pérdida de capital en el proceso de extracción

Tasa de interés social de largo plazo, con la que se realiza la comparación

↗

**Las ecuaciones 32 y 33** fueron definidas con anterioridad, mostrando el comportamiento de las reservas y los descubrimientos de petróleo en relación con el tiempo.

**La ecuación 34 y 35** muestran los puntos de partida y restricción de las reservas y descubrimientos.

**La ecuación 36** muestra que las variables de co-estado, en el límite cuando el tiempo tiende a infinito, son cero.

Si la derivada respecto a cualquiera de estas dos variables de control, extracción y esfuerzos de exploración es positiva, por consecuencia el óptimo se logra cuando dicha variable toma su máximo valor posible  $Q^{\text{Max}}$  ó  $X^{\text{Max}}$ . La primera condición estará dada por la tecnología y capacidad técnica instalada y la segunda por los retornos que proporciona invertir en la exploración y prospección de nuevos yacimientos.

- El estado estacionario del sistema de explotación de recursos no renovables, no existe como tal, es decir, no existe un óptimo sostenible de extracción en el tiempo debido a que por definición el recurso una vez utilizado es destruido, el óptimo se logra cuando la variable de control toma el valor mínimo, que en este caso es cero o cercano a cero.
- Uno de los resultados que más se debe destacar, es que cuando las reservas se hacen muy pequeñas, el beneficio de extraer más petróleo se torna negativo. Por lo que, ya no conviene seguir extrayendo petróleo, dejando siempre un remanente en reserva. Por otra parte cuando  $t$  tiende a  $T$ , el beneficio de explorar también se vuelve negativo, por lo que se deja de explorar antes de que las reservas se agoten. (Pindyck, 1978; Edwards, 2003).

## 2.2 Contextualizando el modelo; el sistema legal boliviano

De acuerdo al Art. 8 de la Ley de Hidrocarburos (N° 3058) vigente en Bolivia, el 50 % del valor de la producción de hidrocarburos es retenida por el Estado Boliviano, como cobro por la explotación de recursos no renovables. Esto puede expresarse modificando la ecuación 28 del sistema visto en la sección anterior:

$$39. \quad [P(t) * \phi] - (w/R(t) + (w * q(t) * R_1 / R^2(t)) + g) = \hat{\lambda}_2$$

Donde  $\emptyset^{20}$  representa la tasa impositiva cobrada exógenamente. Esto reduce el valor de  $\hat{\lambda}_2$ , que representa los sacrificios para la sociedad por extraer una unidad más de petróleo, la cual es compensada por la tasa impositiva cobrada.

Si bien la sociedad es retribuida por la extracción de un recurso no renovable, esto afecta a todo el sistema en su conjunto y su trayectoria en el tiempo; ya que como se observa en las ecuaciones 30 y 31 un cambio en el precio sombra del producto, repercute en el beneficio o pérdida por disminuir los descubrimientos a futuro y en el retorno por ganancia o pérdida de capital en el proceso de extracción. Estos cambios pueden ser beneficiosos o no para la sociedad en su conjunto y se debe hacer un análisis más puntual de cada uno.

- El primer caso, los costos de extraer petróleo superan, en algún momento del proceso productivo, los ingresos generados después de impuestos. El efecto esperado: los pozos con menores cantidades de reservas, mayor profundidad de perforación y mayores costos de producción dejarán de producir. (Edwards, 2003)
- El segundo caso, los costos de extracción son menores a los ingresos; ya que la empresa tendrá menores ganancias a las esperadas (dada la aplicación de una tasa impositiva), existirán mayores costos de transacción con las empresas que tenderán a inflar sus costos de producción con tal de presionar al Estado a bajar la tasa impositiva fijada.<sup>21</sup>

---

<sup>20</sup>  $\emptyset$  tiene valores entre cero y uno.

<sup>21</sup> Según diferentes diseños de regulación de monopolios y empresas que aprovechan diversos tipos de recursos naturales. Las empresas siempre tienen incentivos a inflar sus costos y a disminuir las tasas de impuestos por utilidad, por lo cual existen diseños impositivos como los de empresa eficiente o precio techo que las obligan a declarar en parte sus costos reales de producción y así asignar mejores tasas impositivas. Dichos diseños de política aun no se han desarrollado en Bolivia, por lo que se sugiere analizar sus posibles incidencias en el actual sistema de impuestos boliviano. (Sánchez, 2002).

La fijación de tasas impositivas en este caso tiene un claro objetivo recaudatorio, el cual se cumple siempre y cuando exista una explotación del recurso.<sup>22</sup>

### **2.3. Introduciendo la variable ambiental**

El modelo analizado en la sección anterior, es un buen ejemplo de las implicaciones de política que se pueden obtener al desarrollar un modelo de optimización dinámica recurriendo a algunos supuestos simplificadores que permiten manejar lo complejo del tema; pero simultáneamente llegar a conclusiones que muestran el comportamiento aproximado de las variables y sus formas funcionales.

Si bien el modelo responde algunas preguntas sobre el comportamiento del fenómeno, dejan de lado las repercusiones ambientales que ocasiona el desarrollo de las actividades del sector hidrocarburos en su entorno.<sup>23</sup>

Por ello, se propone la incorporación de los costos ambientales directos e indirectos que son cargados a la sociedad, por el desarrollo de estas actividades en áreas protegidas y regiones que prestan servicios ambientales para la sociedad. La incorporación de estos costos parte de reconocer como parte de las hipótesis de trabajo de la investigación que:

- Los servicios ambientales prestados por las áreas cubiertas por diferentes sistemas de flora, como bosques o sistemas arbustivos. (Olivera, 2007; Muñoz et al, 2005; Pagiola et al, 2003)
- La disposición a pagar por parte de la sociedad (mundial y regional), por la existencia de estas áreas de conservación de hábitats. (Olivera, 2005; UICN 2004; Stern, 2003; Choong-Ki et al, 2002; Congreso Nacional de Medio Ambiente, 2002; Sención, 2002)

---

<sup>22</sup> Dependiendo del nivel de reservas conocidas puede ser benéfico fijar tasas impositivas elevadas, es decir, si los costos directos y de transacción, no superaran los ingresos y se cubre la demanda de hidrocarburos es factible desarrollar esta medida. Caso contrario, se debe evaluar si los costos de importación de hidrocarburos supera los beneficios generados por la tasa impositiva fijada.

<sup>23</sup> En el capítulo cinco, se adjuntan fotografías sobre daños al entorno ocasionados por la actividad petrolera en Bolivia, así como informes sobre las repercusiones de las actividades de exploración y explotación petrolera a nivel mundial.

Se definirá como variable de control, la superficie afectada por los esfuerzos de exploración, denotados por  $X$  en la sección anterior. y como restricción, su comportamiento conjunto ante los cambios desarrollados por la extracción de recursos no renovables.

Los costos ambientales introducidos al modelo serán:

- La función de costos de servicios ambientales brindados por los sistemas de cobertura vegetal:

$$40. \quad Ca_m = \tau_i * X_i(FL,t) \quad \text{Donde: } i=1,2,\dots,n$$

$X$  representan cada tipo de cobertura vegetal (flora como representación del entorno total), tomada en cuenta en la función que es afectada por la actividad extractiva.

- La disposición a pagar de las áreas protegidas:

$$41. \quad DAP_{\varphi} = X^{\mu}(t) * C^{\theta}(FL,t) \quad \mu > 0 \quad \theta > 0$$

Donde  $X$ , es la superficie afectada por la actividad petrolera y  $C$  muestra los factores biogeográficos exógenos al sistema, incluido la cantidad de flora existente a nivel de paisaje, como representación del entorno total.

Adicionalmente supondremos las siguientes restricciones de comportamiento:

$$42. \quad Fl'(t) = f(X,G) = kX^{k-1} * G^{\sigma} \quad K > 0 \quad \sigma > 0$$

Donde,  $Fl'$ , representa la primera derivada del comportamiento de la cobertura vegetal respecto a  $X$ , es decir, a la superficie afectada por actividades productivas; y  $G$  representa a las variables biogeográficas que modelan el comportamiento de los diferentes tipos de cobertura vegetal.

Por lo que, el sistema de control óptimo se puede reescribir como:

$$43. \text{MAX} \cdot J = \int_0^T \left\{ \phi * P(t) * q(t) - \left( a + bX^h(t) + zM + (w/R(D, X, q, t) * q(t)) + \right) * e^{-\rho t} \right. \\ \left. - \left( gq(t) + \tau X_i(FL, t) + X^u(t) * C^{\theta}(FL, t) \right) \right\} dt$$

Sujeto a:

$$44. \quad D'(t) = F(x, D) = \alpha X^d - \beta D$$

$$45. \quad R'(t) = D'(t) - q(t)$$

$$46. \quad R'(t) = \alpha X^d - \beta * D - q(t)$$

$$47. \quad FL'(t) = f(X, G) = kX^{\lambda-1} * G^{\sigma}$$

$$48. \quad FL(0) = fl_0$$

$$49. \quad R(0) = R_0$$

$$50. \quad D(0) = D_0$$

$$0 \leq q(t) < q^{MAX} \quad 0 < X(t) < X^{MAX}$$

$$\alpha > 0; \quad d > 1; \quad \beta > 0; \quad w > 0; \quad g > 0; \quad a, b, h > 0;$$

$$h < 1; \quad z > 0; \quad \mu > 0 \quad \theta > 0 \quad K > 0 \quad \sigma > 0$$

Así, el problema de control óptimo sin restricciones terminales, se convierte en un problema de tres variables de estado,  $D(t)$ ,  $R(t)$  y  $FL(t)$  las cuales describen la situación del sistema en cada momento, y dos variables de control,  $q(t)$  y  $X(t)$ , acompañadas de tres variables de co-estado  $\lambda_{(1,2,y)}$  que representan los precios sombra del impacto sobre los beneficios futuros por descubrir una unidad más de petróleo; beneficios futuros de tener una unidad menos de petróleo por ser extraída en el presente; así como la cantidad que la empresa podría pagar por afectar una unidad de superficie mediante el proceso de exploración y/o explotación, respectivamente.

El Hamiltoniano modificado se valorará al costo marginal instantáneo del sistema o Spot, al igual que la versión teórica, siendo la resultante:

$$51. \quad \hat{H} = \left\{ \phi P(t)q(t) - \left( a + bX^h(t) + zM + (w/R(D, X, q, t)q(t)) + gq(t) + \tau X_i(FL, t) + \right. \right. \\ \left. \left. X^u(t)C^{\theta}(FL, t) \right\} + \lambda_1(\alpha X^d - \beta D) + \lambda_2(\alpha X^d - \beta D - q(t)) + \lambda_3(kX^{\lambda-1} * G^{\sigma})$$

Siendo las condiciones de primer orden<sup>24</sup>:

- 52.  $d\hat{H}/dq(t) = \phi * P(t) - \left( (w/R(t)) + (w * q(t) * R_x/R^2(t)) + g \right) - \hat{\lambda}_2 = 0$
- 53.  $d\hat{H}/dX(t) = -(hbX^{h-1}(t)) - (w * q(t) * R_x/R^2(t)) - \tau_x - \mu X^{h-1}(t)C^{\theta}(t) + (\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2)(d\alpha X^{\alpha-1}) + \hat{\lambda}_3 \left( (1-k)kX^{(k-1)-1} * G^{\sigma} \right) = 0$
- 54.  $d\hat{H}/dD(t) = -\left( w * q(t) * R_D/R^2(t) \right) - \beta(\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2) = -\Delta(t) + r\hat{\lambda}_1$
- 55.  $d\hat{H}/dR(t) = -\left( w * q(t)/R^2(t) \right) = -\Delta(t) + r\hat{\lambda}_2$
- 56.  $d\hat{H}/dFl(t) = -\left( \tau_x X_x(Fl, t) + X^{\theta}(t)\theta C^{\theta-1}(Fl, t) \right) = -\Delta(t) + r\hat{\lambda}_3$
- 57.  $d\hat{H}/d\hat{\lambda}_1 = \alpha X^{\alpha} - \beta D = D'(t)$
- 58.  $d\hat{H}/d\hat{\lambda}_2 = \alpha X^{\alpha} - \beta D - q(t) = R'(t)$
- 59.  $d\hat{H}/d\hat{\lambda}_3 = kX^{k-1} * G^{\sigma} = Fl'(t)$
- 60.  $Fl(0) = fl_0$
- 61.  $R(0) = R_0$
- 62.  $D(0) = D_0$

**Nota:**  $\lambda(t) = \hat{\lambda}(t) * e^{-rt}$  en 3, 4 y 5 la expresión  $-\Delta(t) + r\hat{\lambda}_i$  representa la primera derivada de lambda con respecto al tiempo, donde Lambda es un vector columna de dos miembros. Lambda 1 en relación a los nuevos descubrimientos, lambda 2 con respecto a la extracción de petróleo y lambda 3 con respecto a la los efectos sobre la flora del área afectada por la actividad petrolera

- 63.  $\lambda_1(T) = 0$  El Limite de lambda 1 cuando T tiende a infinito es cero
- $\lambda_2(T) = 0$  El Limite de lambda 2 cuando T tiende a infinito es cero
- $\lambda_3(T) = 0$  El Limite de lambda 3 cuando T tiende a infinito es cero

<sup>24</sup>  $R_q$  representa la primera derivada de R respecto a q;  $R_x$  representa la primera derivada de R respecto a X;  $R_D$  representa la primera derivada de R respecto a D.

Con respecto al modelo anteriormente analizado, cabe resaltar las modificaciones a las siguientes ecuaciones:

La ecuación 53, donde observamos que:

- El primer término indica el beneficio marginal de la sociedad por realizar esfuerzos de exploración adicional.
- El segundo término se refiere al beneficio marginal de la sociedad por realizar esfuerzos de exploración que incrementan los niveles de reservas acumuladas.
- El tercer término es el beneficio marginal de modificar una unidad de superficie por los esfuerzos de exploración,
- El cuarto término, representa el costo marginal de uso incurrido al realizar la exploración y explotación.
- El quinto término muestra el costo marginal para la sociedad de perder los servicios ambientales del área modificada por el esfuerzo de exploración.
- El sexto término indica, el costo marginal por modificar la flora existente en el área de exploración.

Con la ecuación 56: Se obtiene la ecuación de arbitraje en la que se estima si es o no rentable afectar la composición de la flora y con ella el entorno natural del área de exploración y explotación.

$$-\tau_1 X'_1(FI, t) \hat{\lambda}_3 - X''(t) \theta C^{B-1}(FI, t) \hat{\lambda}_3 - \Delta(t) \hat{\lambda}_3 = r$$

Beneficios o pérdidas por afectar servicios ambientales a desarrollar los esfuerzos de exploración.

Beneficios o pérdidas por afectar la disposición a pagar por parte de la sociedad

Retorno por ganancia o pérdida de capital en desarrollo del impacto ambiental

Tasa de interés social de largo plazo, con la que se realiza la comparación

Las ecuaciones, 57 y 58; ya fueron definidas con anterioridad.

El análisis desarrollado muestra las principales relaciones existentes entre los daños ocasionados al entorno natural y el proceso de exploración y explotación de un recurso no renovable. El modelo en si muestra relaciones, que a pesar de usar un entorno simplificado, pueden ser usadas en el desarrollo de políticas públicas. El proceso de Producción de petróleo es encarado de diferente forma desde la perspectiva estatal que desde la perspectiva privada. El Estado debe contemplar el manejo del recurso en forma estratégica desde muchas perspectivas como la económica, social, política y ambiental. Además de considerar todos los costos y beneficios ocasionados por la explotación de un recurso no renovable para la sociedad en su conjunto.

Las empresas privadas, deben cumplir metas particulares en la generación de beneficios económicos para sus propietarios y/o accionistas. El Estado debe de tratar de regular, estas relaciones, para que se cumplan de la mejor forma posible ambas visiones. Al menor costo y con el mayor beneficio.

Dada la relación existente entre los esfuerzos de exploración y los daños ocasionados al entorno ambiental, ampliaremos el análisis de este punto en particular. Lo que llevará a desarrollar metodologías en las próximas secciones de la investigación, cuya finalidad será brindar elementos que hagan posible mensurar los costos ambientales (valorarlos en forma económica) y así establecer un diseño metodológico preliminar sobre el resarcimiento económico que establece la ley sectorial al producirse daños sobre el ambiente.

Dentro de la función de costos se incluirá dos aspectos especialmente relevantes: el primero, la necesidad de valorar los servicios ambientales prestados por el ambiente a la sociedad; y segundo, el costo que significaría para la sociedad perder los recursos insertos dentro las AP.

El modelo presentado tiene como finalidad mostrar en forma preliminar y estructural, las relaciones existentes entre los esfuerzos de

exploración e inversión y los daños provocados al entorno ambiental. Se debe entender que al considerar relaciones de tipo puntual dentro el modelo sólo se trata de simplificar el entendimiento del fenómeno. El comportamiento real del mismo, se asemeja a la abstracción presentada, pero con los matices específicos que suelen dar diferentes sistemas legislativos e impositivos. Además de las condiciones propias del tipo de mercado, al cual está destinado el producto no renovable analizado.

En el cuarto capítulo, se consideran dos puntos que no se analizan en el modelo desarrollado, siendo estos la tasa de descuento de la sociedad y su relación con las generaciones futuras dada la disponibilidad del recurso energía dentro de la economía boliviana.

#### **2.4. El comportamiento del sistema**

Como vimos en las anteriores secciones, nuestro sistema de ecuaciones contiene tres variables de estado,  $D(t)$ ,  $R(t)$  y  $Fl(t)$  las cuales describen la situación del sistema en cada momento y dos variables de control,  $q(t)$  y  $X(t)$ , las cuales muestran el accionar del sistema y su comportamiento ante los cambios en las variables de estado.

En equilibrio el sistema tendría que comportarse sin permitir accionares erráticos, en el caso de estudio, al ser el objeto de análisis un recursos no-renovable, las variables de estado deberían llegar a su equilibrio en forma paulatina. Es decir, las reservas de petróleo de un país -  $R(t)$ - deben llegar a ser cero en su equilibrio, mientras que los descubrimientos de petróleo -  $D(t)$ - deben alcanzar su máximo y la flora afectada en el proceso de explotación y exploración -  $Fl(t)$ -debe retornar a condiciones similares a las del inicio del proceso.

Al observar el comportamiento de las variables de control en el tiempo, podemos inferir la existencia de accionares erráticos dentro el sistema; siendo necesaria para la demostración de la carencia de estos accionares, la solución teórica de todo el sistema y la generación de los respectivos diagrama de fase del mismo. Dicha demostración sale del contexto del presente estudio, distraiendo el foco de atención del objetivo de la

investigación; por lo que dejamos de lado dicha demostración y procedemos a ver únicamente el comportamiento de las variables de control en función de las variables de estado.

Para ello, despejamos de las ecuaciones 51, 54 y 57 las variables de control,  $q(t)$  y  $X(t)$ , que representan la cantidad extraída de petróleo en un momento del tiempo y la cantidad de esfuerzos de exploración medidos en hectáreas en dicho momento.

De 54

$$64. \quad \hat{\lambda}_2 = -\left(w * q(t) / R^2(t) * r\right) + \Delta t / r$$

Al sustituir la ecuación 63 en la ecuación 51 y despejando  $q(t)$ , obtenemos:

$$65. \quad q(t) = \frac{(-\phi * P(t) + w / R(t) + g + \Delta t / r)}{w * (1 + 1/r)} * R^2(t)$$

La ecuación 64, nos describe el comportamiento de la cantidad de petróleo extraída en un momento dado en el tiempo, la cual depende en forma directa de la cantidad de reservas de petróleo en ese momento, así como de los costos de explotación del mismo.

Temiendo una relación inversa tanto con un aumento en los precios y un aumento en los impuestos; ya que al haber un aumento sostenido en los precios, se hace más rentable extraer a futuro que en el presente, mientras que un aumento de los impuestos hace que extraer hoy sea menos rentable. Ambos accionares, se ven sopesados por la relación existente entre una subida de los precios y un aumento en la rentabilidad del sector petrolero expresado por  $\Delta t / r$ ; ya que los mismos van en dirección contraria lo antes expresado.

Al sustituir la ecuación 63 y 64 en la ecuación 57 y asumiendo que (d) tiende a 1 – sin perder generalidad y despejando  $X(t)$ , obtenemos:

$$66. \quad X(t) = \frac{R'(t) + \beta D}{\alpha} + \left[ \frac{(-\phi * P(t) + w / R(t) + g + \Delta t / r)}{w * (1 + 1/r) * \alpha} * R^2(t) \right]$$

La decisión de explorar un unidad más de territorio incluye dentro su accionar, el comportamiento de las reservas de petróleo los nuevos descubrimientos desarrollados, así como el comportamiento de las cantidades extraídas de petróleo según su relación con los precios en el mercado internacional, los costos de extracción, la rentabilidad del sector en la bolsa internacional, y los costos de transporte entre otros.

Al ser una decisión tan compleja de tomar por todos los comportamientos que se deben considerar y al ser difícil de intuir si el resultado final es estable o errático, en el capítulo cinco simularemos el comportamiento de dichas ecuaciones y veremos la estabilidad del sistema ante cambios en las variables de estado relacionadas al mismo.





## **LOS MÉTODOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA. SU APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DEL VALOR ECONÓMICO DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS**

---

En el capítulo anterior, se utilizó un modelo de optimización dinámica para poder apreciar la relevancia de los costos ambientales dentro de los proceso de extracción de recursos no renovables vistos desde la sociedad. Los cual nos lleva a ver la importancia de mensurar estos costos (valorarlos). Realizarlo en forma consistente, es el objetivo central de la investigación, para ello se desarrolla en la presente sección un conjunto de metodologías, cuya finalidad será brindar elementos que hagan posible valorar en forma económica los costos ambientales y así establecer un diseño metodológico preliminar sobre el resarcimiento económico (compensación) que establece la ley sectorial, analizada en la primera sección, al producirse daños sobre el ambiente.

El capítulo iniciará por describir la concepción de valoración desde la perspectiva de la economía ambiental y los diseños metodológicos existentes, ahondando en aquellas que usen información indirecta que permitan valorar las AP desde una perspectiva integral; pero empleando

información agregada de la economía<sup>25</sup>. Esto permitirá que el diseño metodológico desarrollado sea replicable para otras economías y regiones.

### **3.1. La valoración económica ambiental: analizando los métodos existentes**

Suele creerse que valorar la naturaleza es ponerle un precio y hacerlo efectivo en el mercado, pero ¿cómo ponerle un precio a bienes y recursos de uso público que carecen tradicionalmente de precio y de mercado?. La valoración de la naturaleza tiene como finalidad encontrar e informar cuál es el valor que le dan los individuos y la sociedad en su conjunto, además de comprender los aportes que realiza la naturaleza como bienes y servicios, y así establecer el cómo usar y conservar la naturaleza en forma sostenible. (Olivera, 2005). Por ello, es importante definir el concepto de valor como tal:

“Se entiende por valor a aquello que saca al sujeto de su indiferencia frente al objeto; por eso el valor se funda en las preferencias. Esta no-indiferencia o preferencia es lo que caracteriza al valor; de donde se deduce que basta que algo produzca cierta alteración en nosotros, negativa o positiva para que hagamos una valorización de ese objeto”. (Leal, 2000).

Existen dos acepciones para el concepto de valor desde esta visión<sup>26</sup>:

---

<sup>25</sup> Uno de los objetivos secundarios de desarrollar este tipo de metodologías es la replicabilidad de las mismas en otras regiones o países donde las condiciones económicas, ecológicas y sociales sean diferentes. (Olivera, 2007).

<sup>26</sup> Otra definición afirma que el valor es una concepción permanente de lo preferible que influencia la elección y la acción. Dentro de este esquema se distinguen los valores propios y los asignados. Los primeros son los ideales, modos deseables de comportamiento, fines y cualidades; en tanto, los segundos entran en el dominio del objeto por parte del sujeto, dependiendo de los valores propios que este último sustente. Son los valores propios los que en definitiva determinan los valores asignados y establecen la importancia relativa de las cosas para la persona. El valor en este sentido provee, al menos en parte, la base para las preferencias sobre las cosas y estados de la naturaleza. Sin embargo, se debe aclarar que la relatividad de la valoración sólo se da en su percepción, pero no en el valor como tal. Percibir un valor no es crearlo sino descubrirlo. No es que lo deseable tenga valor, sino que es deseable lo valioso. (Leal, 2000).

- Subjetiva. El valor es el carácter que reviste una cosa al ser más o menos apreciada.
- Objetiva es el carácter de las cosas que merecen mayor o menor aprecio o que satisfacen cierto fin.

Estos dos enfoques han producido una constante tensión entre los pensadores, la cual ha dado origen a las distintas escuelas objetivistas y subjetivistas. Dentro de la segunda línea, se encuentra la valoración económica neoclásica que se usa actualmente en la microeconomía moderna.

El valor económico pertenece a la especie de los valores subjetivos. Su esencia, lo que lo distingue de otros tipos de valores, consiste en abarcar la dimensión útil de la cosa, como la capacidad de uso e intercambio, que es asignado al objeto en la medida que éste sea capaz de satisfacer necesidades, las cuales están determinadas por los valores propios del individuo.

La discusión del concepto de valor y sus determinantes, parte de la discusión existente entre los grandes pensadores que fundaron la economía como Smith, Ricardo y Marx, quienes dieron las bases para el surgimiento de las actuales concepciones que se basaron en los trabajos de Menger, Jevons, Walras, y Marshall. Su explicación del valor sigue una línea subjetivista, psicológica, basada en el bienestar que producen los bienes en el individuo. (Leal, 2000; Saldivar, 1999).

Otros campos de investigación y estudio del ambiente como la ecología económica<sup>27</sup>; no comparten esta visión de la percepción del concepto de valor y las metodologías que permiten su cálculo. Su sistema de percepción del valor no se basa en aspectos subjetivos sino en las características meramente objetivas y van a la concepción de cantidad de energía contenida en el ambiente. En el anexo de este capítulo se amplía esta forma de concepción del valor y sus implicancias para el ambiente. (Daly, 1990).

---

<sup>27</sup> La ecología en su versión económica.

### 3.1.1. El valor de bienes y servicios un enfoque ambiental

La economía ambiental analiza la asignación de los recursos naturales ante múltiples alternativas de uso, que a su vez se enmarcan en la forma en que la sociedad se organiza, dado que el sistema de organización predominante es el sistema de mercado, la economía ambiental analiza los efectos de éste sistema en el ambiente. (Olivera, 2005).

Para ello, toma conceptos de la economía tradicional y lo amplía bajo la visión ambiental. Por lo que, desde la economía ambiental “el valor de un bien surge de su contenido de múltiples factores escasos (incluida la energía entre otros), así como el valor concedido al bien final por cada individuo”, (Kolstad, 2000), en esta visión se combina la apreciación psicológica y las características físicas de los bienes o servicios analizados.

El valor de un bien, por lo tanto, incluye los costos de producir dicho bien más el valor concedido por las preferencias de cada individuo.<sup>28</sup> Pero en el caso de los bienes ambientales que carecen de costos de producción, ¿cómo se obtiene la valoración del bien? Los bienes ambientales al carecer de mercado se valoran como un bien público, por lo tanto la valoración de los mismos tiene toda la complejidad de la obtención de valor, precio y cantidad producida de los bienes (y males) públicos.

Los bienes ambientales desde el punto de vista económico son tratados como:

- Bienes públicos, al tener como característica la no rivalidad y no exclusión en su consumo.

La no rivalidad: se refiere a que el consumo de un bien por parte de una persona no reduce la disponibilidad del bien para el consumo de otros. (Azqueta, 1994).

La no exclusión: significa que no se puede prohibir o excluir a nadie del consumo de un bien público, es decir, no se puede prohibir a nadie el respirar el aire de una ciudad siendo el habitante de la misma.

---

<sup>28</sup> En este caso se engloba los conceptos de escasez y cantidad de trabajo entre otros insumos dentro el concepto de valor empleado. (Leal, 2002).

- Bienes de libre acceso: son bienes que se consumen sin un pago que refleje su valor real. (Azqueta, 1994).
- Y en su mayoría son bienes que generan algún tipo de externalidad. Una externalidad ocurre cuando la actividad de un individuo repercute sobre el bienestar de otro, sin que se pueda cobrar un precio por ello, en un sentido positivo o negativo. (Freeman III, 1993).

Cabe destacar, que hay curvas de oferta y demanda para cualquier mercancía, independientemente de que haya mercado o no para dicha mercancía; por tanto, a pesar de que rara vez hay mercados para los bienes o males públicos, si existen las curvas de demanda respectivas (Kolstad, 2000). En el caso de los bienes ambientales es importante encontrar las curvas de demanda<sup>29</sup>, ya que ellas representan en último caso la valoración de los bienes ambientales por parte de las personas y la sociedad en su conjunto y responden la pregunta de ¿Cuánto está dispuesto a pagar dicho consumidor por obtener determinada cantidad de un bien ambiental?

Por lo tanto, la valoración de los bienes ambientales, inicia la descripción con la curva de demanda de estos bienes y a través de ella la disposición a pagar de las personas<sup>30</sup>, las cuales al ser agregadas, muestran la disposición a solventar por el bien o servicio ambiental analizado. (Hufschmidt et al, 1983; Dixon et al, 1988).

---

<sup>29</sup> Todos los problemas ambientales realmente implican un intercambio entre usar los recursos (dinero) para bienes o servicios convencionales y/o utilizarlos para la protección ambiental, estamos hablando de trueques en el uso del dinero y eso es lo que representa un curva de demanda, por lo menos desde el punto de vista del consumidor:

<sup>30</sup> La medición del valor económico se basa en la propiedad de sustitución entre diferentes opciones de consumo y se expresa en términos de disposición a pagar (DAP) y de disposición a aceptar (DAA). La DAP refleja la máxima cantidad de dinero que el agente económico esta dispuesto a pagar por una ganancia de bienestar o para evitar una pérdida de este. La DAA en cambio, es la mínima cantidad de dinero que el agente económico está dispuesto a aceptar como compensación para tolerar una pérdida o para renunciar a una ganancia de utilidad. La propiedad de sustitución entre diferentes opciones de consumo está en el corazón del concepto económico de valor porque la sustitución establece las tasas de intercambio entre pares de bienes que importan a la gente. La sustitución que la gente hace en la medida que elige menos de un bien y lo cambia por más de otro bien revela algo sobre los valores que los agentes económicos colocan sobre estos bienes.(Sánchez, 2002).

### **3.1.1.1. Elección social a partir de los valores individuales**

Para la economía ambiental es útil entender que existen diferentes puntos de vista respecto al ambiente. Esto es de vital importancia a la hora de analizar diferentes opiniones para elaborar la política ambiental de toda una sociedad. La finalidad de los métodos de elección social radica en que, a partir de los valores individuales se pueda tomar una decisión política que satisfaga y/o represente a la sociedad en su conjunto.

Lamentablemente no existen mecanismos ideales para hacer elecciones sociales. Ya que cualquier enfoque a usar siempre llega a una forma ambigua de tomar decisiones y afecta a algún grupo de la sociedad en particular<sup>31</sup>.

Por ello, usar cualquier metodología para agregar información de preferencias personales no está libre de críticas; ya que, siempre llevan consigo un sesgo que favorece a un grupo de la sociedad respecto al otro. Todo intento de valorar un bien o servicio tiene una carga subjetiva que sesga de alguna manera los beneficios y los costos reales que provocan el uso de los bienes y servicios ambientales.

La creación de métodos por la ciencia económica trata de disminuir estos sesgos. Los métodos de valoración económica del ambiente por construcción teórica buscan una mayor objetividad a través del respeto a una metodología; cabe remarcar que si bien el método no es subjetivo, el que utiliza el método si lo es. Por ello la información generada a través de los métodos de valoración son un aporte relevante pero no determinante en el momento de aplicar políticas de manejo sobre el ambiente.

Esta relevancia radica en que la valoración ambiental permita dar un punto de partida sobre el cual poder tomar decisiones, iniciar negociaciones sobre el manejo del ambiente. Sin este instrumental los tomadores de decisión basarán sus determinaciones en datos meramente subjetivos. (Barzev, 2002; Dixon et al. 1988; Reveret et al. 1990)).

---

<sup>31</sup> Para una discusión ampliada del tema Revisar el teorema de Arrow acerca de la imposibilidad (1951).

### **3.1.2. La categorización del valor de bienes ambientales y los métodos para obtenerla**

El ambiente al carecer de mercado, carece de precio, pero no de valor. La carencia de precio hace que la sociedad tome al ambiente como un bien gratuito ocasionando la sobreexplotación del mismo, es decir al confundir precio con valor, el mercado considera que el ambiente carece de valor. Desde una visión funcionalista, David W. Pearce (1976), señala que el ambiente cumple al menos con cuatro funciones que son valoradas por la sociedad en su conjunto:

- El ambiente forma parte de la función de producción de gran cantidad de bienes económicos;
- El ambiente actúa, en efecto, como un receptor de residuos y desechos de toda clase, resultado de la actividad productiva como consuntiva de la sociedad;
- Proporciona bienes naturales (paisajes, parques, etc.) cuyos servicios son demandados por la sociedad;
- Finalmente, constituye un sistema integrado que proporciona los medios para sostener toda clase de vida.

Al suponer que el ambiente cumple una función para la sociedad y por lo tanto es factible inferir que ésta lo valora, el siguiente paso es intentar descubrir este valor. Para ello, es conveniente usar un esquema de clasificación del ambiente, una de estas clasificaciones separa los valores de uso de los bienes de los valores de no-uso. Siendo la empleada en esta investigación, por considerarla (que es) la más directa y de fácil entendimiento, sin olvidar la existencia de distintos tipos de clasificación que permiten entender estos métodos desde otros enfoques.<sup>32</sup>

- Los valores de uso, enfocan si la persona utiliza el bien, se distinguen por la temporalidad del uso en el uso actual (estoy visitando el parque),

---

<sup>32</sup> Los métodos son analizados en forma más extensa en la Guía metodología de Valoración Económica de Bienes, Servicios e Impactos Ambientales del corredor Biológico Mesoamericano, Barzev, 2002.

el uso esperado (visitaré el parque) y el uso posible del bien (espero visitar el parque), o en el uso directo (bebo el agua) o indirecto de los bienes (contemplo un lago). (Azqueta, 1994; Gregersen et al, 1992).

- Los valores de no-uso, es el aspecto más controvertido del valor, ya que la persona tiene una utilidad positiva sin realmente usar el bien. Podemos valorar un área protegida en el África, no porque planeemos hacer uso de ella, sino porque otros podrían hacerlo y eso nos hace sentir bien (nos da utilidad) (Azqueta, 1994; Gregersen et al, 1992).
- Los tres tipos básicos de valor de no-uso son: el valor de existencia, el valor altruista y el valor de legado. El primero, es el que el consumidor tiene utilidad de saber que algo existe (los elefantes en África). El valor altruista no se deriva del consumo propio, sino del hecho de saber que alguien más lo disfruta (la utilidad de los demás está dentro de mi función de utilidad). El valor de legado es similar aunque asociado al bienestar de los descendientes. (Teniendo una relación muy estrecha con la tasa de descuento que percibe la sociedad).<sup>33</sup>

La suma de los valores de uso y no-uso se definen como la Valoración Económica Total -VET- de un bien ambiental. El concepto de VET<sup>34</sup> es más amplio que la evaluación tradicional de costo/beneficios, ya que, permite incluir tanto los bienes y servicios tradicionales (tangibles) como las funciones del medio ambiente, además de los valores asociados al uso del recurso mismo. (Dixon, 1996).

<sup>33</sup> El concepto de valor de no-uso o valor de existencia nació con el clásico trabajo de John Krutilla, "Conservation Reconsidered", 1967.

<sup>34</sup> En términos simbólicos el VET es igual:

$$VET = VU + VNU$$

$$VET = (VUD + VUI) + (VO + VE)$$

Donde:

VET = Valor Económico Total; VU = Valor de Uso; VNU = Valor de No Uso;

VUD = Valor de Uso Directo; VUI = Valor de Uso Indirecto;

VO = Valor de Opción; VE = Valor de existencia

En anexos se adjunta un ejemplo gráfico de este sistema de clasificación.

Así, para llegar a determinar los valores de las diferentes funciones del ambiente, se crearon diferentes métodos de valoración, los cuales se clasifican según diversos criterios. Se presenta a continuación la clasificación de los métodos ambientales según el tipo de información empleada.

### **3.1.2.1. Métodos de valoración directa – valoración de mercado**

Estos métodos se basan en precios de mercado disponibles. La fuente de información se basa en parámetros de conductas observadas, como los precios pagados o gastos efectuados en mercados convencionales tal como:

- Cambio en productividad.
- Pérdidas de ganancia (efectos en la salud).
- Costo de oportunidad.

### **3.1.2.2. Métodos de valoración indirecta - preferencias reveladas**

Hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta, es decir, es posible inferir el valor implícito de un bien, a través de precios pagados por otros bienes o servicios relacionados con el mismo<sup>35</sup> tales como:

- Diferenciales de salario.
- Precios hedónicos (Valores de la propiedad).
- Funciones de Producción.
- Costo de viaje.

### **3.1.2.3. Métodos de valoración contingente - mercados contruidos**

Estos métodos son usados cuando no existe información de mercado ni valores revelados acerca de las preferencias de los actores (disposición a pagar o aceptar), respecto de ciertos recursos naturales o servicios ambientales. Consisten en presentar a los individuos situaciones hipotéticas (contingentes a) y preguntarles sobre su posible reacción a una situación (preservar un área silvestre, construir un puente, etc.), e incluyen por ejemplo:

---

<sup>35</sup> Uno valora la calidad del aire que se respira, la demanda de este bien no se puede ver en forma directa, para ello se usa la demanda de la ubicación de viviendas que tenga en su entorno una mejor calidad del aire.

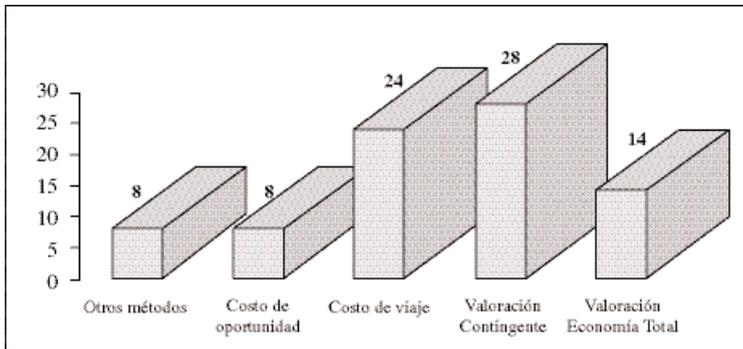
- Juegos de licitación.
- Experimentos “tómalo o déjalo”.
- Juegos de intercambio.
- Elección de menor costo.
- Técnicas Delphi.

Adicionalmente existen otros métodos de valoración:<sup>36</sup>

- \* La matriz insumo–producto Leontieff - Isard.
- \* El Método de los Coeficientes Integrales.
- \* Los impactos en la salud (Scott, 1987).
- \* El valor de la vida humana (Dwyer, 1986).
- \* El “método del gasto bruto”.
- \* Método residual.
- \* Análisis multicriterio.

Todos ellos tienen como objetivo principal encontrar la disposición a pagar de la sociedad y por medio de ella la valoración social del bien o servicio ambiental.

**Gráfico 2**  
**Estudios de valoración económica desarrollados en América latina**  
**por tipo de método - 2004**



*Fuente: Elaboración propia, con base en datos del EVRI*

<sup>36</sup> Idem 32.

La preferencia de los métodos de valoración contingente y costos de viaje, tiene su origen en la importancia creciente que ha tomado la valoración ambiental como método de decisión política y legal, a partir del caso EXXON – Valdez. En este caso la autoridad competente en el área ambiental del gobierno de Estados Unidos, se mostró bastante favorable al uso de estas metodologías en disputas sobre daño a bienes y servicios ambientales, no sin antes dar recomendaciones metodológicas sobre la realización de este tipo de estudios, que aún están en debate.

Tradicionalmente, el grupo de métodos de valoración contingente ha sido el más usado en el desarrollo de investigaciones de valoración a nivel mundial, lamentablemente el desarrollar estas metodologías suele conllevar una cantidad de costos adicionales tanto económicos como metodológicos. Siendo estos costos una serie de sesgos que deben ser tomados en cuenta, en el momento de desarrollar los métodos de valoración contingente:

- a) Sesgo de información.- En algunos estudios de valoración de recursos ambientales puede ser importante entregar a la persona información respecto al efecto que tendrá su disposición a pagar o aceptar (DAP y DAA) sobre la decisión derivada del estudio. De esta manera, si la persona al saber que con la respuesta que ya entregó no afecta la decisión en el sentido deseado, podría corregir su respuesta, por lo que se le puede volver a preguntar obteniendo de esta manera su máxima disposición a pagar.
- b) Sesgo de punto de partida.- Este tipo de sesgo se da cuando utilizamos formatos de pregunta como el juego de licitación, donde al entrevistado se le pregunta por un valor inicial y si está dispuesto a pagarlo se le pregunta por una mayor y así sucesivamente. El problema surge del hecho que el valor inicial puede ser determinante en la respuesta final obtenida. Así, por ejemplo, se ha detectado que al comenzar con valores bajos se obtienen resultados finales significativamente más bajos que si se comienza con valores altos.

Una solución a este problema es presentar una tarjeta donde se presenta un amplio rango de valores escritos ordenados de distintas formas y

distribuidos en forma aleatoria entre la muestra. Por otra parte, el uso de preguntas dicotómicas elimina completamente este problema.

- c) Sesgo de la forma de pago.- Se ha detectado que al fijar la forma de pago, está puede influir en la DAP obtenida. Por ejemplo, si el pago se agrega a los impuestos, esta medida podría resultar impopular y por lo tanto determinar una DAP que subestime la verdadera. No obstante existen autores que no reconocen este efecto como un sesgo, ya que en la realidad esta es una característica más del medio.

Soluciones a este problema son el buscar en una preencuesta, métodos de pago neutrales a la población en cuestión o sugerir distintas formas de pago y que el entrevistado elija la que más le acomode.

- d) Sesgo del entrevistador.- En este se tipo de sesgo se considera la presión (voluntaria o involuntaria) que pueda ejercer el entrevistador. Así por ejemplo al preguntar por su DAP por un bien valorado socialmente el encuestado podría sentirse “obligado” a quedar bien y decir que pagaría una cantidad superior a la verdadera. La solución a este problema es el uso de encuestas por correo.
- e) Sesgo estratégico e incentivos a decir la verdad.- El sesgo estratégico aparece cuando los entrevistados buscan modificar la decisión involucrada entregando valores de DAP o DAA distintos de los reales. Por ejemplo, podrían dar una cifra mucho mayor que su verdadera valoración para tratar de cambiar los resultados del estudio. Sin embargo, se ha encontrado que este tipo de problema no es severo y puede atenuarse usando preguntas cerradas.

Por el contrario, cuando una persona no tiene ningún interés en el tema, tendrá bajos incentivos a responder en forma concienzuda. Al realizar la encuesta, es posible encontrar que algunas personas responden no estar dispuestas a pagar nada o incluso se niegan a responder por considerar inmoral el planteamiento. En estos casos se podría pensar que la valoración asignada es cero, sin embargo, la persona puede estar dando estas respuestas como una forma de protesta. De esta manera si

incluimos estas observaciones estaríamos subestimando la verdadera DAP. Para enfrentar este problema se pueden utilizar preguntas de seguimiento donde se trata de detectar si la respuesta es de protesta. Por ejemplo se puede incluir una pregunta que consulte sobre el motivo por el que no pagaría, en los casos en que esto ocurra.

- f) Efecto incrustación.-El efecto incrustación se refiere al hecho de considerar grupos, subgrupos o bienes específicos. En este sentido se ha encontrado que al determinar la DAP por recursos considerados en forma global disminuye su DAP. Así por ejemplo, si se valora todo el bosque nativo de un país y a la vez un área particular de bosque se encontraría, de existir este efecto, un menor valor por hectárea al considerar el total de bosques. Al respecto se han realizado diversos estudios y experimentos concluyéndose que en realidad lo que el MVC está revelando la satisfacción moral de ayudar a una causa justa. Para algunos autores esta conclusión es sobre todo al momento de decidir entre distintas alternativas de recursos escasos. Sin embargo, para otros este problema sería irrelevante ya que el consumidor es soberano de expresar su valoración para cada caso particular. (Pearce and Turner, 1993).

Los objetivos generales de este tipo de estudios pretenden encontrar la “disposición a pagar” de los individuos, la demanda efectiva y potencial de uso del bien y a través de los métodos de agregación la “disposición a pagar social” y con ella la valoración ambiental del bien. En los estudios analizados, se pudo constatar que la mayoría de los trabajos sólo se llega a obtener la “disposición a pagar individual”, dejándose de lado el cálculo de la demanda y la agregación social y por ello no se estima la valoración del bien ambiental analizado. (Olivera, 2005).

La investigación al enfrentar este tipo de metodologías y las complicaciones teóricas que significaba emplearlas, utiliza y amplía las metodologías existentes que cumplieron con los objetivos de usar información indirecta existentes para todas las AP, sin olvidar la integralidad de la información entre lo ecológico, lo económico y lo social.

Estos métodos son los de preferencias reveladas, en especial el método de los precios hedónicos y las funciones de producción.

### **3.2. Métodos de preferencias reveladas**

Estos métodos hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta. Estos métodos se usan cuando diversos aspectos o atributos de los recursos naturales o servicios ambientales no tienen precios reflejados en un mercado establecido.

Ejemplos de estos son; el aire limpio, la belleza escénica o vecindarios agradables, que son generalmente bienes de carácter público y que no se comercian explícitamente en los mercados. Sin embargo, es posible estimar su valor implícito a través de precios pagados por otros bienes o servicios subrogados en mercados establecidos. El supuesto básico es, que el diferencial de precio obtenido después de que todas las variables han sido consideradas, refleja la valoración que los individuos hacen del bien o servicio en cuestión. (Barzev, 2002; Banco Mundial, 2004).

#### **3.2.1. Ampliando el método de precios hedónicos una propuesta metodológica.**

El método de valoración hedónica pertenece al grupo conocido como de preferencias reveladas. Estos métodos se usan cuando diversos aspectos o atributos de un bien no tienen precios reflejados en un mercado establecido.

La teoría del precio hedónico, inicia con los estudios realizados por Griliches (1961), Lancaster (1966) y Rosen (1974), en ella se plantea que en el mercado real frecuentemente encontramos paquetes de bienes que tienen un solo precio; sin embargo, lo que nos interesa en realidad, es el precio de un elemento de dicho paquete, es decir, inferir el valor que se le da a las características de un bien con base en su precio. (Palmquist, 1991).

El precio observado en el mercado surge de la interacción de la oferta (características más sobresalientes de un bien) y su propia demanda, como el problema se plantea a partir de un escenario muy simple, en el cual existe un mercado competitivo donde se vinculan oferta y demanda, es muy

difícil de representar este escenario en la mayoría de los bienes ambientales (Geoghegan, 2002; Mahan et al, 2000; Tyrvaiven and Miettinen, 2000; Espey and Owusu-Edusei, 2001; Lutzenhiser and Netusil, 2001; McLeod et al, 1999). Por lo que, se presentará una modificación del método desarrollado por Rosen, que se adecua más al funcionamiento de un mercado imperfecto, como es el caso de los recursos naturales y en especial el de Áreas Protegidas.

Dicho mercado, además de no ser competitivo, es un mercado de donaciones en el cual existe una “disposición a pagar” por bienes que no se consumen en forma física; porque se tiene una utilidad por el hecho de saber que el bien existe y por tanto se paga a un administrador que garantice la existencia de este recurso en forma sostenida. Se valora el no-uso del bien.

### **3.2.1.1. El método de valoración hedónica en mercados de donaciones**

En el estudio, se tomarán en cuenta los agentes económicos que tienen una utilidad con saber que existen AP y por lo tanto tienen una disposición a pagar por la existencia de estas áreas de conservación y/o las características que ellas encierran, es decir, bosques y animales en peligro de extinción, belleza escénica, etc.. Estas personas o instituciones realizan donaciones por el hecho de saber que su esfuerzo representara a futuro la existencia de sitios donde se conserva la naturaleza.

Como los esfuerzos de donación de estos agentes en forma aislada genera un cambio poco significativo en la existencia de AP, además de que es muy difícil y costoso evaluar el destino de su aporte individual, los agentes donan fondos a un agente administrador, en este caso organismos internacionales.

El administrador puede evaluar los destinos y manejos de los aportes en forma menos costosa, además de canalizar flujos de fondos de donación de diferentes agentes. Acción que se repite en el tiempo, siempre y cuando cumplan con el objetivo que genera utilidad a los donadores, es decir, el saber que existen AP donde se protegen las características que ellos consideran que deben conservarse.

Cada agente tiene una apreciación muy particular de cuál es la característica a conservar, es decir, algunos valoran a los mamíferos, otros a las aves, a los bosques, etc. En general, se puede decir que ellos valoran la existencia de AP o una de las características que están contenidas en ellas.

El escenario que representa este mercado, es el de un Área Protegida que encierra un conjunto de características,  $z$ ; lo que nos interesa es saber como cambia el aporte monetario del organismo internacional a la AP de acuerdo a las características que se quieren proteger, en otras palabras, nos interesa  $p(z)$ . Esta función del aporte monetario a la AP, es un concepto de equilibrio resultante de la interacción y negociación entre los encargados de las AP y los organismos internacionales dedicados a la conservación.

Para comprender la naturaleza de  $p(z)$  necesitamos observar el comportamiento de los agentes donadores, así como de los Organismos Internacionales y el de los negociadores encargados de las AP (como oferentes del bien AP). Por ello, se analiza el comportamiento de consumidores de AP (donadores), administradores de los fondos (Organismos internacionales) y oferentes por separado para entender como surge el equilibrio del aporte monetario a las AP.

### **3.2.1.2. Los donadores de fondos a las áreas protegidas (*consumidor*)**

Supóngase un consumidor que tiene una función de utilidad  $U$ , la cual se traduce en saber que su aporte ayuda a conservar un recurso natural, y un ingreso  $y$ , que es su presupuesto anual. El consumidor debe decidir como asignar el presupuesto eligiendo el nivel de conservación denotado por una característica de las AP  $z$ , y los bienes ordinarios denotados por  $x$  (nominalmente cotizados en 1). (Rosen, 1974).

Así el problema del consumidor es:

$$67. \quad \underset{z, c}{\text{Max}} U(x, z)$$

De modo que

$$68. \quad x + p(z) = y$$

La ecuación 67, indica que el consumidor debe elegir los niveles convenientes de  $x$  (bienes ordinarios) y  $z$  (características de la AP), para aumentar su utilidad al máximo.

La ecuación 68, muestra que al hacer esta maximización, el consumidor debe asegurarse de estar dentro el presupuesto, manteniendo los gastos en bienes ordinarios y los de las AP iguales al ingreso.

Otra manera de plantear el problema consiste en determinar, para valores particulares de  $z$ , la cantidad que se debe consumir de  $x$  para lograr un nivel particular de utilidad,  $\hat{U}$ .

Esto determina cuánto dinero se gasta en  $x$ , y a la vez, de cuanto ingreso se dispone para donar en la característica de la AP. Al establecer  $z$ , podemos resolver el valor de  $x$  que satisface  $U(x,z) = \hat{U}$ . Esto define una cantidad particular de ingreso disponible para la AP,  $y - x = \theta$ . Otra forma de ver esto sería encontrar la  $\theta$  que satisface (Rosen, 1974).

$$69. \quad U(y - \theta, z) = \hat{U}$$

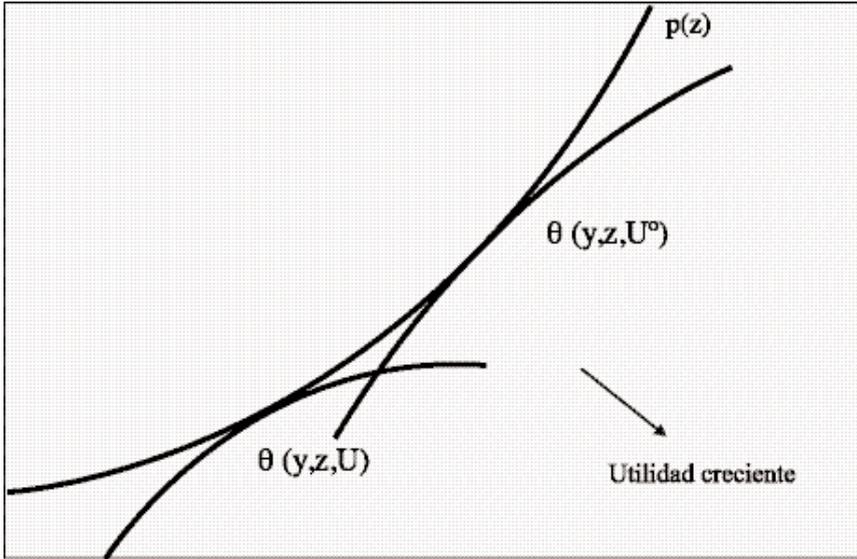
Con los valores determinados de  $z$ ,  $y$ ,  $\hat{U}$ , se establece de cuánto dinero se dispone para la AP,  $p(z) = \theta(y, z, \hat{U})$ . Esta es la función de licitación individual de la característica, ya que representa la cantidad de dinero que el consumidor puede donar a la AP dadas las características  $z$ , para mantener la utilidad en el nivel  $\hat{U}$ , asumiendo el ingreso  $y$ .

En el Gráfico 3, se muestran dos funciones de licitación para dos diferentes niveles de utilidad para un solo consumidor. Cada función muestra cuanto estaría dispuesto a ofrecer, que en este caso sería donar, el consumidor por diferentes niveles de conservación de las características de la AP ( $z$ ) a menores niveles de valoración monetaria de  $z$ , mayor utilidad.

**Gráfico 3.**

**Elección del consumidor dado  $\theta(y, z, \hat{U})$ ; modificado de Rosen (1974)**

$$p(z) = \theta$$



*Características de la AP, z*

En la figura, también se observa la función de valoración hedónica,  $p(z)$ , el problema del consumidor es determinar qué nivel de  $z$  elegirá para aumentar al máximo su utilidad.

El punto de elección es aquel donde la función de licitación es tangente a la función hedónica. Esto da la máxima utilidad con el requisito de que la cantidad que el consumidor está dispuesto a pagar debe ser igual al aporte monetario,  $p(z)$ .

### **3.2.1.3. El administrador de fondos de donación: los organismos internacionales**

La disposición a pagar,  $\theta$ , encontrada en la sección anterior, corresponde a un solo agente del mercado, como se mencionó, dicho aporte es marginal con respecto a los volúmenes monetarios que requiere la conservación de AP. Los organismos internacionales dedicados a la conservación del ambiente, canalizan flujos de fondos de diferentes agentes, ofertando un sistema de evaluación y manejo que permite a los donantes tener la seguridad que sus aportes son destinados al objetivo que proporciona utilidad a los mismos, que es conservar el ambiente vía la generación de AP. Es posible que existan áreas protegidas que no tienen las características buscadas por los donantes de las organizaciones internacionales, por lo tanto, es factible que no reciban financiamiento de las mismas.

Las AP tienen características de bienes públicos, es decir, no generan rivalidad y no hay exclusión en su consumo. La no rivalidad en el consumo de un bien por parte de una persona no reduce la disponibilidad del bien para el consumo de otros. La no exclusión, indica que no se puede prohibir o excluir a nadie del consumo de un bien público, es decir, no se puede prohibir a nadie respirar el aire de una ciudad siendo el habitante de la misma. (Olivera, 2005; Azqueta, 1994; Kolstad, 2000).

Si un bien es rival, normalmente se puede agregar las demandas individuales a través de una suma horizontal, es decir, se suman las cantidades consumidas de todos los demandantes y se mantienen los precios. Mientras que si el bien es no rival no podemos hacer lo mismo, la demanda agregada es la suma de las disposiciones individuales a pagar; por lo que se debe sumar en forma vertical, es decir, se deben agregar las valoraciones monetarias y no las cantidades consumidas, ya que, al ser un bien público son exactamente las mismas para todas las personas. (Azqueta et al, 1994).

A partir de estas características, es posible sumar las disposiciones a pagar de los diferentes agentes en forma directa, pudiendo sumar los

aportes individuales,  $\sum_{i=1}^n \theta(z) = \psi(z)$  donde  $i=1, \dots, n$ , a través de todos los agentes interesados en conservar AP o alguna de sus características en particular, y ser entregados a una administrador de fondos.

Este Organismo Internacional (el administrador) asumirá este fondo como el total de ingresos de su organización, cuyo objetivo es escoger, conservar, proteger y evaluar áreas que cubran los objetivos de los agentes aportantes. Generando AP en todo el mundo, en función de las características de las regiones que son ofertadas por los diferentes Estados para ser consideradas AP.

El Administrador de los fondos tiene costos operativos por el desarrollo de sus actividades, siendo estos de índole fijo en su parte administrativa,  $C(f)$  y variables de acuerdo a las características de las AP a ser conservadas,  $C(z)$ ; es fácil asumir que los costos de conservación de una región a otra son diferentes dadas sus ubicaciones y características geográficas, entre otras.

La función objetivo del administrador puede representarse como el proceso de maximización de beneficios dados los objetivos de sus donantes en forma conjunta, es decir, debe escoger entre diferentes canastas de características de AP y escoger, dada su restricción de costos, la que mejor se acomode al cumplimiento de sus objetivos.

Esto se puede representar como:

$$70. \quad \Pi_{of} = \psi(z) - c(z) - c(f)$$

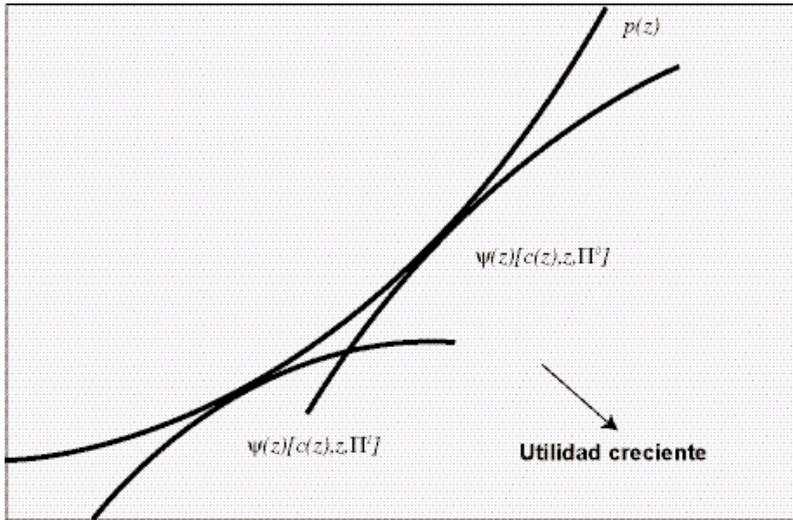
Así, se obtiene una función agregada de licitación, dadas las características de la AP, de los costos de conservarla y el beneficio del administrador de fondos,  $z: \psi(z) [c(z), z, \Pi]$ , esta función agregada de licitación al hacerse tangente con la función de valoración hedónica,  $p(z)$ , da el máximo beneficio al administrador con el requisito de que la cantidad que está dispuesto a pagar  $\psi(z)$  debe ser igual al costo marginal de

conservar las características de la AP y por ende cumplir en forma global con los objetivos generales de sus donadores, que es conservar AP.

**Gráfico 4.**

**Elección del administrador de fondos dado  $\psi(z) [c(z), z, \Pi_{01}]$**

$P(z), \psi$



*Características de la AP, z*

En el Gráfico 4, se muestran dos funciones de licitación para dos diferentes niveles de beneficio. Cada función, muestra cuanto estaría dispuesto a ofrecer el administrador por diferentes niveles de conservación de las características de la AP(z). a menores niveles de valoración monetaria de z mayor utilidad.

#### **3.2.1.4. Los representantes de las áreas protegidas (oferente)**

Los oferentes de las características de las AP, negocian con las organizaciones internacionales el financiamiento de áreas que tienen diferentes características ambientales, económicas, sociales y culturales. Por lo que también tendrán diferentes costos de protección y

mantenimiento, derivados no solo del costo de conservar y proteger, sino por el costo de oportunidad de no destinar el área a otro uso.

Supondremos una función de costos, dada por los costos de oportunidad y mantenimiento del área simbolizadas por,  $r$ , siendo los costos unitarios representados adicionalmente por las características de la AP,  $c(r, z)$ .

Si el negociador inicia con una propuesta monetaria de  $\phi$  para la conservación del área, obtendrá un beneficio por AP de:

$$71. \quad \Pi_{\text{ap}} = \phi - c(r, z)$$

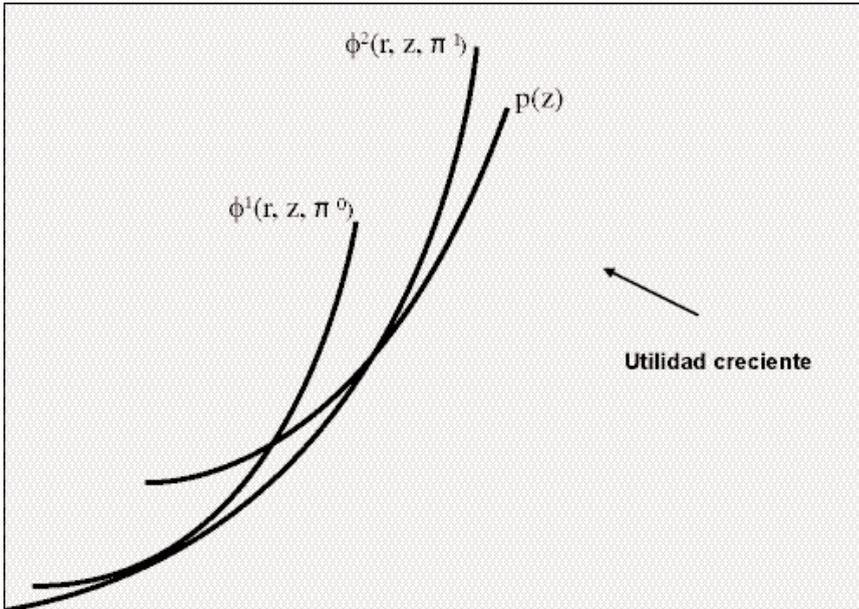
Esto se interpreta como el aporte monetario necesario para obtener un beneficio para conservar un área y perder la oportunidad de realizar una actividad diferente en ella, dadas las características de la misma,  $z$ :  $\phi(r, z, \Pi)$  siendo esta la función de oferta, la cual al hacerse tangente con la función de valoración hedónica,  $p(z)$ , llega a su rango de negociación.

En el Gráfico 5, se observa el punto en el cual el negociador está dispuesto a transar dado un nivel de costos  $r$ , de características del área  $z$ , y de un beneficio  $\Pi_{\text{ap}}$ .

Las características naturales de las zonas a ser conservadas, lamentablemente tienen una distribución sobre el territorio que no es posible de controlar. Esta distribución viene establecida por patrones climáticos y orográficos entre otros; por lo que la sobreposición de uso del territorio con otra actividad, se da con el consecuente costo de oportunidad en conservar este territorio o darle otra utilidad. Estas características son fijas de forma natural por lo que su oferta está restringida a áreas específicas según el país o región donde se encuentren, así como características del orden legal y económico de cada país<sup>37</sup>.

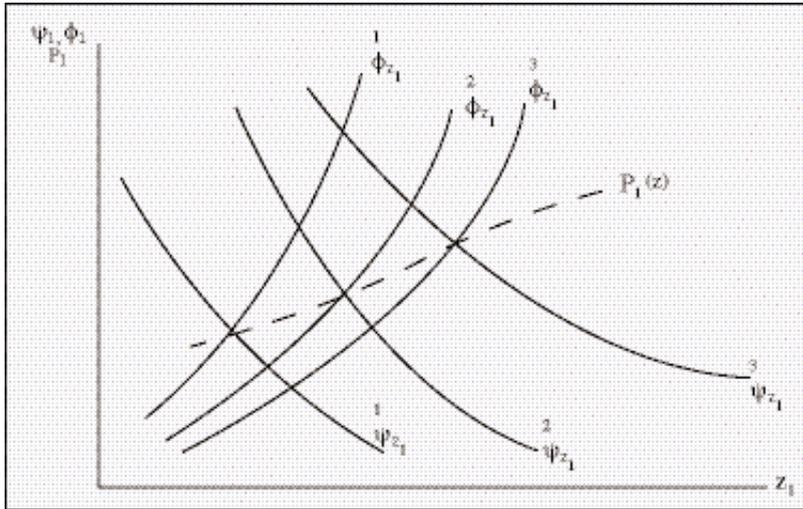
---

<sup>37</sup> Ver cuadro de distribución de áreas protegidas en el mundo y su porcentaje como territorio por país.

**Gráfico 5.****Elección del oferente dado  $\phi(r, z, \Pi_{amp})$**  $P(z), \phi$ *Características de la AP, z***3.2.1.5. Equilibrio de mercado**

La función de valoración hedónica, es la tangente entre la función de licitación del organismo internacional dedicado a la conservación, y la función de oferta de algún negociador de AP. Como se ve en el Gráfico 6, la función  $p(z)$  es el conjunto de tangencias posibles entre estas dos funciones, esto representa a su vez que las pendientes de las dos funciones son iguales entre si y a su vez son iguales a la valoración monetaria.

**Gráfico 6.**  
**Equilibrio en un mercado hedónico**



*Características de la AP,  $Z_i$*

### 3.2.1.6. Disposición a pagar

Al observar el equilibrio de mercado entre los organismos internacionales y los negociadores de las AP, se puede medir la función de valoración hedónica y con ella la valoración marginal de las características de las AP en sus diferentes niveles, pero lo que nos interesa conocer es la demanda, es decir, la disposición a pagar marginal por una unidad más de la característica de la AP.

Para obtener la curva de demanda de la característica del AP que interesa estudiar, se deriva la función de valoración hedónica y se obtiene la disposición a pagar por la característica, en este caso:

$$72. \quad \partial P(z_i) / \partial z_i = W(z_i)$$

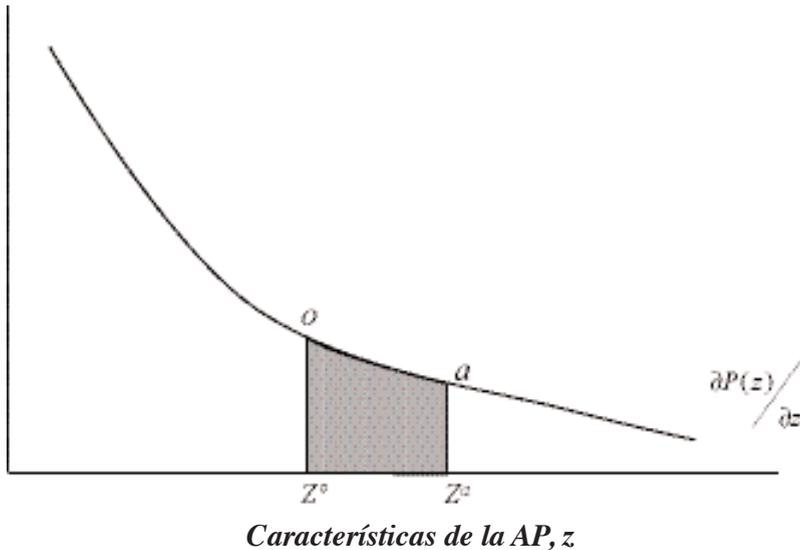
Una vez obtenida esta representación de la disposición a pagar, se puede determinar el valor monetario de un cambio en la característica

ambiental estudiada. Ello se hace integrando entre los valores iniciales y finales de la característica que cambió, en la figura esto representa el área  $z^0$ oaz<sup>a</sup>. Gráfico 7

**Gráfico 7**

**Valoración económica ante un cambio de la característica ambiental (z)**

$$\frac{\partial P(z_i)}{\partial z}$$



73.  $\int_{z^0}^{z^2} W(z) dz$

El método de variables hedónicas, suele aplicarse en estudios donde las características estudiadas expliquen un porcentaje significativo del valor de los bienes estudiados, ya que el método pierde su potencialidad. Por ejemplo si se pretende estudiar una característica no muy significativa una variación en la calidad o cantidad en la misma tendrá una valoración monetaria cercana o igual a cero. (Cardells, 1997).

En el caso de las AP, los organismos internacionales financian la conservación de la naturaleza, con el objetivo de preservar estos recursos para las generaciones futuras y permitir el desarrollo integral de la vida en el planeta; es así que en realidad ellos tienen una disposición a pagar – DAP- por el hecho de que estas áreas existan, es decir, financian el valor de existencia de estas áreas. Al aplicar la teoría de valoración hedónica, lo que se obtendrá es la DAP por alguna característica sobresaliente de las AP y a partir de ella la valoración de la misma.

Si tomamos como ejemplo la extensión de la superficie del área protegida, una disminución de la misma por la explotación de algún recurso no renovable, como el petróleo o el desarrollo de infraestructura vial, etc. reduciría el valor del área. El método permitiría estimar la reducción en valor monetario de los aportes de los organismos internacionales, por esta disminución en la superficie del parque. En general, se podría inferir, a través de este método de preferencias reveladas, el valor de no-uso del área protegida en sí desde la visión de la sociedad a nivel mundial.

### **3.2.1.7. Calculando el valor de las características de las áreas protegidas**

Uno de los grandes conflictos de la valoración vía precios hedónicos es la sencillez de su entendimiento, es decir, la facilidad en que se puede intuir; pero como contraparte tiene una implementación práctica muy complicada y nada trivial que dificulta su estimación. Dentro del cálculo empírico de las funciones de precios hedónicos, autores como Halvorsen y Pollakowski (1980), utilizaron sistemas de estimación tipo Box-Cox, incluyendo sistemas lineales, log-lineales y semi-logarítmicos. Este último en especial fue usado por Cassel y Mendelsohn (1985). Por ello, se hace necesario adoptar una estructura de comportamiento de los datos, la cual, define en última instancia la relación entre las variables que se consideran en la investigación. (Mollard, 2004)

Existen tres grandes estructuras que se pueden suponer dentro del comportamiento hedónico de los bienes, siendo estos (Romero, 1997, Cassel et al, 1985):

- Las estructuras aditivas y lineales en las N+1 variables exógenas.

$$74. \quad P = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + bZ$$

Siendo la principal característica que el deseo marginal de pagar es constante, lo cual, se deduce de derivar la función respecto a la variable ambiental que se mejora, en este caso Z.

- La otra estructura que se puede suponer que las variables exógenas de tipo económico están separadas en forma aditiva a las variables ambientales que queremos valorar:

$$75. \quad P = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) + f_2(Z)$$

En tal caso el deseo marginal de pagar no es constante, lo cual, se deduce de derivar la función respecto a la variable ambiental que se mejora, en este caso Z.

- La última forma estructural supone que no se tiene una estructura separable entre las variables económicas y ambientales, es decir se tiene una estructura multiplicativa, tal como:

$$76. \quad P = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \prod x_i^{b_i} z^f$$

En este caso, el deseo marginal de pagar depende tanto de las variables ambientales como de las otras propiedades del bien, se supone la no separabilidad de las variables. Suponiéndose una complementariedad débil entre estas características, es decir, una variable no se valora sino se tiene una cantidad de la otra característica.

### 3.2.1.8. La valoración de las áreas protegidas en Bolivia.

Para la valoración de las áreas protegidas en Bolivia, se utiliza como base de datos el informe financiero del Sistema Nacional de Áreas protegidas de Bolivia, desde el año 1996 al 2004<sup>38</sup>. En la base, se distingue el financiamiento recibido por cada área protegida del sistema boliviano indicando su fuente de

<sup>38</sup> Se agradece la colaboración del Lic. Marcelo Cabezas Sivilla por su apoyo en el desarrollo y difusión de esta importante información sin la cual no se podría desarrollar este trabajo de investigación.

origen y destino. Dicha base, se complementó con la descripción biogeográfica de cada área protegida, vista en el libro “Información técnica del Sistema Nacional de Áreas protegidas de Bolivia” editado por el SERNAP, 2001, así como con actualizaciones provenientes de la página Web de dicha institución y de la Fundación Amigos de la Naturaleza.

Dado el detalle de la información, fue posible estructurar los datos en forma de panel, caracterizando las fuentes de financiamiento y las características más relevantes de las 21 áreas protegidas a lo largo de 8 años. Logrando implementar una base de panel desbalanceado<sup>39</sup>, con problemas de heterocedasticidad y autocorrelación. Por ello, para la estimación del modelo, se utilizó la técnica de Prais-Winsten, la cual permite manejar problemas de autocorrelación, heterocedasticidad y desbalanceo de datos.

Se decidió utilizar como modelo estructural un sistema multiplicativo que parte de origen, dado, que las características analizadas se presentan en forma conjunta e interrelacionadas y ya que sin la existencia de una de ellas, todo el bien caracterizado deja de tener valor, cumpliendo con la condición de “complementariedad débil”.

El modelo utiliza las donaciones de los organismos internacionales como variable a ser explicada, por las características particulares de las AP, obteniéndose, a partir de la regresión y después de realizar la metodología vista en este capítulo, la disposición a pagar por dichas características.

La regresión se estima en logaritmos naturales, siendo las variables utilizadas:

- \* Lpre, la donación de fondos por parte de los organismos internacionales, expresada en dólares americanos;
- \* Lar, el área de cada AP, expresada en hectáreas;
- \* Lar<sup>2</sup>, el área de cada AP al cuadrado;
- \* Lpobtot, la población total viviendo dentro y alrededor del AP;
- \* Lflora, la cantidad de especies de flora existentes registrada dentro del AP;

---

<sup>39</sup> Con datos faltantes para alguna de las AP caracterizadas, dicha falta de datos se debe a múltiples razones, desde la falta de financiamiento de algunas áreas protegidas a la creación de las mismas, posterior a 1996 fecha de inicio de la muestra.

- \* Lfauna, la cantidad de especies de fauna existentes registrada dentro del AP;

Como se observa en los resultados del Cuadro 6, se tiene un problema de significancia estadística de las variables flora y fauna, la cual, puede deberse a la existencia de colinealidad entre estas dos variables; la misma se estableció al realizar estimaciones sin tomar en cuenta una de las dos variables, las estimaciones dieron los mismo coeficientes y la significancia estadística de ambas variables, estuvo dentro los márgenes de aceptación estándar.

Se busca valorar las principales características de las AP por parte de los organismos internacionales, por ello, se asume este problema de colinealidad de los datos.

Cuadro 6 Estimación de Precios Hedónicos					
Regresión. Tipo Prais-Winsten, panel heterocedástico corregido por errores estándar, autocorrelación de orden 1, sin constante					
Muestra: 1996-2004. Z estadística ( ) y P> z  [ ]					
Lpre	Lar	Lar <sup>2</sup>	Lpobtot	Lflora	Lfauna
1.00	1.21611	-0.0474	0.18216	0.15451	0.16367
	(5.75)	(-5.10)	(1.82)	(1.17)	(1.35)
	[0.000]	[0.000]	[0.068]	[0.243]	[0.178]
Número de observaciones = 112			Estructura de autocorrelación: AR(1)		
Número de grupos en la muestra = 16			R-cuadrado = 0.9920		
Panel: heterocedástico			chi2(5) = 15300.72		
(No balanceado)			Prob > chi2 = 0.0000		
Observaciones por grupo:					
min = 5; max = 8; promedio = 7					

En la estimación, se puede apreciar el carácter no lineal de la variable área, lo que indica que mientras mayor sea el tamaño de la misma, mayor es la disposición a pagar hasta llegar a un límite. Así mismo, mientras mayor cantidad de biodiversidad haya (entendida como cantidad de flora y fauna registrada en una región específica) mayor DAP y mientras mayor población dentro la AP mayor valor del área.

**Cuadro 7**  
**Valor De Existencia de las Áreas Protegidas de Bolivia por Hectárea**  
 Expresado en Dólares Americanos

Nombre	Valor de Existencia	Área en Ha	Especies Fauna	Especies Flora	Población
Madidi	469	1,867,810	1833	5000	13013
Amboro	376	669,419	1236	2961	18419
Tunari	374	326,367	197	288	1080000
Gran Chaco	348	3,426,545	514	880	25070
San Matías	340	2,886,350	215	874	54592
Isiboro Secure	321	1,256,598	714	402	45563
Manuripi	288	760,501	963	5000	1664
Tariquia	273	247,435	806	808	27284
Pilon Lajas	272	398,451	1448	624	14134
Noel K. Mercado	252	1,602,359	1098	2614	1400
E. B. del Beni	252	134,118	852	815	25051
Carrasco	247	687,186	382	614	19800
Apolobamba	230	466,525	275	807	18500
Cotapata	172	61,257	204	820	18260
Otuquis	159	1,006,620	114	104	17894
Sajama	108	112,416	108	154	7000
Eduardo Avaroa	104	687,874	96	102	2662
El Palmar	103	59,972	196	270	3053
Toro Toro	91	16,687	49	329	10700
Cordillera de Sama	82	105,021	197	67	4000
Aguarague	74	111,076	215	10	10221

*Fuente: elaboración propia*

La disposición a pagar por parte de los organismos internacionales, se calculó a partir del efecto que se tendría al afectar una hectárea de extensión de cada AP. Este efecto se supone al realizar obras de infraestructura y los diferentes procesos de exploración de áreas petroleras.

El valor de existencia por hectárea de una AP, varía desde los 74 dólares a los 469 dólares de acuerdo a las características geográficas, superficie, flora, fauna y población existente en cada área. Cuadro 7 y Gráfico 8.



### **3.2.2. Función de producción como método de valoración: los servicios ambientales.**

La valoración a través de funciones de producción también pertenece a los métodos de preferencias reveladas, los cuales, hacen uso de los precios de mercado en forma indirecta. En este caso, usa información referente a la economía de un Estado en forma agregada. Además, usa la relación existente entre la economía y los diversos aspectos o atributos de un bien o servicio ambiental, y lo valora de acuerdo a la contribución de este bien o servicio a la función de producción de la economía.

El método, cuantifica el monto que está dispuesta a pagar la sociedad en su conjunto, por conservar los actuales sistemas de coberturas vegetales y los servicios ambientales que proporcionan a la sociedad. En este caso, se considera que este es el monto que debe incorporarse como parte de los costos ambientales vistos en la sección anterior.

Aquí, se utiliza el concepto de pagos por servicios ambientales (PSA), la cual es una forma relativamente nueva de buscar apoyo para las externalidades positivas generadas por el ambiente, mediante la transferencia de recursos financieros de los beneficiarios de estos servicios, hacia quienes proveen dichos servicios o son fiduciarios de los recursos ambientales.

El principio básico que respalda el PSA es que los usuarios de recursos y las comunidades que están en condiciones de proporcionar servicios ambientales, deben recibir una compensación por los costos en que incurren y que quienes se benefician con dichos servicios deben pagarlos, internalizando con ello estos beneficios, (Mayrand and Paquin, 2004).

Los servicios generados por un sistema forestal o cualquier entorno natural, son parte de un sistema en el cual la interrelación y dependencia de las partes es latente; por lo que las políticas de administración deben ir al manejo de todo el entorno y no sólo de una de sus partes (Landell-Mills y Porras, 2002). Adicionalmente al manejo integral de todos los servicios prestados por un entorno natural, se deben incluir a los habitantes de este sistema no sólo como usuarios; sino como parte del mismo sistema.

La gran infraestructura productiva al cambiar la cobertura vegetal de grandes áreas, afecta los servicios ambientales provistos por las mismas. Por lo que la sociedad al menos debe imponer a este tipo de actividades, como costo ambiental, el monto que ella recibe como contribución al producto. En este caso, la cuantificación del PSA permite establecer el monto que la sociedad recibe en forma indirecta por mantener estos servicios. Hacerlo utilizando grandes agregados económicos, permite replicar el sistema empleado a diferentes economías y escalas de agregación. (Rosa, Herman et al., 2004.)

### **3.2.2.1. Valorando los servicios ambientales según el tipo de cobertura vegetal.**

Se puede decir que todos los habitantes de la tierra somos demandantes de servicios ambientales, pudiendo demandar servicios desde una perspectiva local, regional o global. Ya que, los servicios ambientales en la mayoría de los casos pueden considerarse un bien público, por lo que hay que tratarlos como tales. Es decir, tiene las características comunes de las AP vistas en el anterior capítulo<sup>40</sup>.

Los bienes y servicios públicos tienen como características: la no rivalidad y no exclusión en su consumo. Lo que además suele conferir la calidad de ser un bien o servicio de libre acceso. En la mayoría de los casos estos bienes y servicios generan algún tipo de externalidad. Por lo que su manejo y conservación no es reconocido por la sociedad.

Para desarrollar el manejo de bienes públicos desde la perspectiva económica, se puede usar la regla de Samuelson sobre la distribución óptima de bienes públicos. Se trata de una construcción teórica general que indica que la sociedad debe brindar en forma óptima un bien público, hasta que las sumas de las tasas marginales de sustitución entre el bien público y el resto de los bienes privados de la sociedad, iguale la tasa marginal de

<sup>40</sup> La no rivalidad en el consumo de un bien por parte de que una persona no reduce la disponibilidad del bien para el consumo de otros. (Azqueta, 1995). La no exclusión: no se puede prohibir o excluir a nadie del consumo de un bien público, es decir, no se puede prohibir a nadie el respirar el aire de una ciudad siendo el habitante de la misma

transformación de la producción de este bien público por parte de la sociedad. (Sterner, 2003).

La regla de Samuelson para la provisión de bienes públicos se deriva de los siguientes supuestos:

Se supone una función de utilidad de la sociedad, la cual tiene dos bienes uno privado (X) y otro público (Y), siendo una función no decreciente en ambos bienes, con mono-tonicidad estricta. Los bienes públicos y privados se producen (o aprovechan en el caso de los bienes públicos) con base en los bienes privados, con tecnología decreciente a escala F (Y, X).

La regla se optimiza a partir de la maximización de Lagrangiano:

$$77. \quad \text{Max}_L = \sum_{i=1}^I U_i(X, Y) + \lambda(F(y, x))$$

Desarrollando las derivadas parciales y resolviendo se obtiene la regla de Samuelson:

$$78. \quad \frac{\sum_{i=1}^I U_{iY}^2}{\sum_{i=1}^I U_{iX}^2} = \frac{F_Y^2}{F_X^2}$$

Esta regla es aplicada para bienes públicos puros que no admiten congestión, se supone que todos consumimos la misma cantidad del bien, pero lo valoramos de distinta manera, ya que la misma puede responder el siguiente cuestionamiento, ¿cuántas hectáreas de bosque se estaría dispuesto a sustituir para obtener tanta cantidad de madera u otros bienes provenientes del bosque? En una sociedad competitiva, las áreas forestales deberían expandirse o contraerse hasta que el valor de la sumatoria de las tasas marginales de sustitución de los bosques por otros bienes entre todos los individuos decrezca e iguale la tasa marginal de transformación de los bosques por otros bienes. (Vogel, 1995).

La conservación de la diversidad biológica y con ella los servicios ambientales que provee, supone una política directa: se agregan todos los

valores simultáneos generados por la diversidad biológica y los servicios ambientales que provee, y se recomienda conservar el hábitat hasta que el costo de la última hectárea conservada iguale el valor agregado creciente.

Sin embargo, existe un problema teórico fundamental en la metodología: las preferencias son inestables a lo largo de las generaciones humanas y cualquier recomendación basada en las preferencias actuales puede dar como resultado valores subestimados de las preferencias de las futuras generaciones (Vogel, 1995), por lo que, para mantener un mínimo de áreas que conserven la diversidad biológica, no se debe guiar por criterios económicos sino por patrones seguros mínimos - el principio de precaución<sup>41</sup>.

¿Qué pasa con el resto de las áreas que aportan diversidad biológica y servicios ambientales a la sociedad; pero que caen fuera de las áreas de conservación prioritarias?, ¿debemos dejarlas de lado? Para este tipo de entornos que brindan servicios ambientales para la sociedad; pero que están enmarcados en el manejo competitivo con otro tipo de usos del suelo, si es posible usar la regla de Samuelson.

Para ello, se debe tomar en cuenta el cambio de las preferencias a través del tiempo. Esto implica que se puede calcular cuál es el aporte de los servicios ambientales a la sociedad de estos entornos y a partir de ellos, determinar qué hábitat conservar<sup>42</sup> y en qué medida; pero sólo en forma puntual en un momento en el tiempo, ya que se debe modificar su aportación de acuerdo a los cambios en las preferencias de la sociedad.

Los propietarios del bosque y de cualquier entorno natural deciden conservar, restaurar y/o utilizar en otras actividades porciones de territorio según las preferencias y los beneficios que les aporta su entorno natural; ya que, al tomar una decisión analizan los beneficios económicos, ecológicos,

<sup>41</sup> Declaration on Environment and Development. The United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro from 3 to 14 June 1992. Principle 15: In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to prevent environmental degradation.

<sup>42</sup> Esto se refiere a aquellos entornos que caen fuera del principio precautorio.

sociales y culturales que les provee el entorno. Por lo que, si existe una disposición por parte de la sociedad de reconocer en forma económica los servicios prestados por el entorno natural, los propietarios del bosque tendrán un elemento adicional para analizar la conversión del bosque a otras actividades o su conservación como entorno natural.

Resumiendo, se considera que gran parte de los servicios ambientales son demandados por toda la sociedad, su conservación y manejo debe considerar a dichos servicios como bienes públicos. Por lo cual usando la regla de Samuelson, se verá el aporte en valor de dichos servicios a la economía en general, es decir, la demanda de los mismos. Con este argumento, se postularán políticas de conservación y manejo de las áreas que brindan estos servicios.

### **3.2.2.2. Calculando la disposición a pagar por el cambio en el uso del suelo**

Para este proceso de cálculo, se utilizará la definición de la segunda parte de la regla de Samuelson, por tanto, se usará la tasa marginal de transformación de la producción de este bien público por parte de la sociedad. Es decir, se verá el aporte marginal que tienen los bienes públicos brindados por lo entornos naturales a la producción de la economía en su conjunto. (Ecuación 76).

Para ello se usará una técnica indirecta, la cual pasa por calcular el aporte de todo el entorno natural de una economía dentro la función de producción de la sociedad, se considera en forma explícita al territorio como insumo de la función de producción agregada<sup>43</sup>. Una función de producción puede entenderse como “la curva o expresión matemática que indica la cantidad máxima de producción que puede obtenerse de cualquier conjunto especificado de insumos dada la tecnología existente. En suma, la función de producción es como un libro de recetas que indica cuáles producciones se asocian con cuáles conjuntos de insumos”. (Gould & Lazear, 1994).

---

<sup>43</sup> Existe un extenso debate en la economía sobre el uso de la función de producción agregada, por lo que se sugiere ver el debate en (Felipe y McCombie, 2005)

Esto permite obtener el valor del producto marginal del entorno natural.

$$79. Y = f(N, P, K, S, L)$$

Se considerara una función de producción con tres factores productivos: capital hecho por la mano del hombre o artificial (K), los insumos naturales entendidos como el entorno en su conjunto (bosques, pastizales, tierra agrícola, etc.) (S) y la mano de obra (L). Así mismo, se incluyen dos indicadores que afectan la productividad de los factores, la calidad ambiental (N) y el progreso técnico (P). (Solow-Stiglitz, 1997; Smulders, 2000; Candaudap, 2003).

$$80. PMS = \frac{\partial f(N, P, K, S, L)}{\partial S}$$

Se procede a calcular la productividad marginal del entorno natural, la cual multiplicada por el producto nos da un aproximado del valor del producto marginal del entorno, el cual varía año a año según el comportamiento del producto y las preferencias de la sociedad.

$$81. \text{ Valor del Producto Marginal del Entorno} = PIB * \frac{\partial f(N, P, K, S, L)}{\partial S}$$

Se debe usar una serie de supuestos que permitan manejar en forma aproximada este fenómeno; por lo que se considera que el entorno brinda a la sociedad una serie de productos y servicios ambientales en forma agregada; en una primera etapa, sólo es posible calcular el valor medio del producto marginal del entorno, que no es más que el valor marginal en forma conjunta dividido por el total de la unidad de análisis del entorno.

Hay una cantidad fija de tierra; pero esta tiene una demanda variable en el tiempo, la cual se observa a través del índice de productividad del territorio.

El proceso de cálculo para determinar la disposición a pagar por el mantenimiento de los servicios ambientales, inicia por determinar,

mediante una función de producción agregada tipo Solow- Stiglitz<sup>44</sup>, la productividad marginal del entorno natural, la cual multiplicada por el producto nos da un aproximado del valor del producto marginal del entorno. Ponderando este valor del producto por la unidad de superficie del entorno, se obtiene el valor medio que la sociedad está dispuesta a pagar por dejar en sus actuales condiciones el presente uso del suelo.

A partir de este punto, ya que se considera al entorno como un insumo de la función de producción, la demanda particular de cada una de sus partes, se debe calcular como una demanda derivada del proceso productivo de la sociedad. El aporte marginal de cada una de las partes del entorno, se deduce a partir de un sistema de ecuaciones que caracteriza el comportamiento de cada uno de los tipos de coberturas vegetales, índices de producción y comportamientos en la población agrícola. (WRI, 2005; Smulders, 2000).

Para ello, se debe utilizar una unidad de medida del entorno natural, en este caso, se utilizarán unidades de superficie, hectáreas de terreno (total de la superficie del entorno), diferenciadas según el tipo de cobertura vegetal existente en el entorno de análisis, mientras mayor sea el grado de diferenciación mayor será el grado de exactitud en el cálculo del aporte de cada una de las partes<sup>45</sup>.

---

<sup>44</sup> Una advertencia previa a cualquier discusión sobre estos temas es que una función de producción no constituye más que una aproximación, muy simplificada, a una realidad muy compleja, como es la relación (en el fondo tecnológica) que guarda la cantidad de producto con las cantidades de cada uno de los in-puts utilizados. Así, decir que "la función de producción del sector tal es del tipo cual", como a veces se lee en la bibliografía, constituye por lo menos una perversión del lenguaje, y a lo peor una confusión conceptual. Lo más que puede decirse en realidad acerca de una función de producción, es que se ajusta, describe o explica más o menos bien, con mayor o menor aproximación, una determinada realidad de un sector o de una economía. Así, una industria o una economía determinada no tiene ni deja de tener una función de producción Cobb-Douglas o Solow-Stiglitz. Lo más que puede decirse, es que ésta última proporciona un ajuste mejor o peor a los datos correspondientes a esa industria o a esa economía. Y la bondad de ese ajuste dependerá del grado en que la realidad acorde con los rasgos que caracterizan a esa función en particular. (Bringas, 2005).

<sup>45</sup> Lamentablemente este tipo de bases de información, suele estar limitadas por la cantidad y calidad de sus datos a través del tiempo, por lo que esta, es una limitante que hay que considerar al momento de desarrollar esta metodología.

Aunque los actuales sistemas de contabilización de los ingresos nacionales adolecen de graves limitaciones, el PIB sigue constituyendo la base para evaluar el rendimiento económico de los diferentes sectores de la economía (FAO, 2005). Por lo que, usar esta medida como base para la función de producción es sólo una aproximación del verdadero proceso que genera los ingresos de un país, no obstante, brinda luces a partir de las cuales se generan políticas públicas de asignación de recursos. (Felipe y McCombie, 2005).

### 3.2.2.3. El modelo econométrico

El proceso de cálculo para determinar la disposición a pagar por el mantenimiento de los servicios ambientales, partirá por establecer la productividad marginal del entorno natural mediante una función de producción agregada tipo Solow-Stiglitz, con un progreso tecnológico exógeno que se observa en un cambio de productividad de territorio y de la fuerza laboral<sup>46</sup>, donde  $K$  representa el stock de capital de la economía, medido por la formación bruta de capital fijo – FBKF – ;  $l$  representa la población económicamente activa – PEA – corregida por la tasa de desempleo y multiplicado por un índice de actividad;  $S$  el entorno natural-EN- expresado en unidades de superficie ponderado por la productividad del entorno tanto agrícola como no agrícola:

$$82. \quad \ln(Pib) = \beta_0 + \beta_1 \ln(k) + \beta_2 \ln(l) + \beta_3 \ln(S)$$

La cual, está enmarcada en un sistema de ecuaciones que muestra el comportamiento del sistema de coberturas vegetales de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

$$83. \quad \ln(S) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln(Sa) + \alpha_2 \ln(Sp) + \alpha_3 \ln(Sb) + \alpha_4 \ln(So) + \alpha_5 \ln(Poag)$$

<sup>46</sup> Modelo visto en Smulders, donde se ejemplifica un modelo con tecnología exógena, donde  $Y = (it * L)^\alpha * (K)^\beta * (it * T)^{1-\alpha-\beta}$  el cambio tecnológico esta dado por índices de productividad que afectan a la mano de obra y el uso del suelo.

Donde  $Sa$  representa la superficie agrícola,  $Sp$  la superficie de pasto permanentes,  $Sb$  la superficie boscosa,  $So$  la superficie de otro tipo de coberturas,  $Poag$  la población económicamente activa del sector agrícola.

$$84. \quad \ln(Sa) = \phi_0 + \phi_1 iagro + \phi_2 \ln(So) + \phi_3 \ln(poagmaq) + \phi_4 \ln(Poag)$$

Donde  $iagro$  representa el índice de productividad agrícola, y  $poagmaq$  el factor cruzado entre maquinaria agrícola y la población económicamente activa del sector agrícola.

$$85. \quad \ln(Sp) = \tau_0 + \tau_1 ipastos$$

Donde  $ipastos$  representa el índice de productividad de la ganadería.

$$86. \quad \ln(Sb) = \phi_0 + \phi_1 ibosque$$

Donde  $ibosque$  representa el índice de productividad de los sistemas no-agrícolas.

$$87. \quad \ln(So) = \nu_0 + \nu_1 \ln(poagsag)$$

Donde  $poagsag$  representa el factor cruzado entre la superficie agrícola y la población económicamente activa del sector agrícola.

### 3.2.3. Calculando el aporte de los servicios ambientales

Para la estimación de esta metodología, se usaron las bases de datos del World Development Indicator y la FAO-Stat en su versión 2005, la base utilizada considera los años 1986 al 2002, se eligió como año de inicio 1986 por existir un cambio estructural significativo en la economía boliviana en el año 1985, que introduce mucho ruido a la regresión.

Se realizó una estimación de mínimos cuadrados en dos etapas y se obtuvo el siguiente conjunto de regresiones a partir del sistema de ecuaciones descrito con anterioridad en la sección teórica: Cuadro 8.

**Cuadro 8**

<b>Regresión: Vector de corrección de errores</b>			
Muestra Ajustada: 1988 - 2002. Error estándar ( ) y t estadística [ ]			
Ecuación de Cointegración			
LY (-1)	LPOI (-1)	LK (FBKF) (-1)	LSI (-1)
1.000000	-0.595798	-0.207217	-0.149371
	(0.00857)	(0.00185)	(0.00416)
	[-69.4990]	[-111.975]	[-35.9298]
C	R-cuadrado	R-cuadrado ajustado	F-estadística
-6.052566	0.731058	0.529351	3.624364
<p>Nota: Se desarrollaron pruebas de raíces unitarias siendo todas las variables integradas de orden 1, estas pruebas se realizaron a través de test KPSS, ADF y PP. Las pruebas de cointegración se desarrollaron a través del test de Johansen. Ver apéndice del capítulo</p>			

Fuente: elaboración propia

- En una primera etapa, se desarrolló un modelo de corrección de errores de la función de producción de largo plazo.
- En una segunda etapa, se utiliza la información de la regresión anterior, en un método de mínimos cuadrados en dos etapas, lo que permite corregir problemas de multicolinealidad en el sistema de ecuaciones, así como desarrollar una estimación consistente que da una inferencia que usa las interrelaciones del sistema de ecuaciones. cuadro 9.

Cuadro 9			
Regresión: Método de Mínimos Cuadrados en dos etapas			
Muestra Ajustada: 1986 -2002, t – estadística ( )			
Ln Superficie	Lsagricola	Lspastos	Lsbosques
1.00	0.6231341	6.910728	-4.21295
	(2.74)	(4.25)	(-5.4)
Lsotros	Lpoagricola	Constante	R-Cuadrado
1.844465	-4.509501	(dropped)	LnSuperficie
(2.46)	(-2)		0.9772
Ln agricola	Lsagricola	Lpoag	Lsotros
1.00	0.6746937	4.076174	0.7434479
	(3.54)	(3.25)	(-1.65)
	Lpoagmaq	Constante	R-Cuadrado
	-0.0915726	-23.57603	Ln agricola
	(-2.98)	(-1.97)	0.9629
Ln pastos	Lipastos	Constante	R-Cuadrado
1.00	0.0496792	17.10975	Ln pastos
	(6.12)	(477.19)	0.7339
Lsbosques	Libosques	Constante	R-Cuadrado
1.00	-0.0815734	18.179	Ln bosques
	(-10.03)	(510.22)	0.8808
Ln otros	lpoagsag	Constante	R-Cuadro
1.00	0.0295587	9.415595	Ln otros
	(8.84)	(13.3)	0.8518

Fuente: Elaboración propia

Mediante un pequeño cálculo, se puede recuperar la elasticidad de cada una de las coberturas vegetales a través de la multiplicación de las elasticidades parciales obtenidas en las dos secciones anteriores.<sup>47</sup> A su vez, utilizando el concepto de valor del producto marginal, se puede hallar el valor medio que recibe la sociedad por cada tipo de cobertura, misma que se presenta en el Cuadro 10, el cual muestra la elasticidad media de cada una de las coberturas multiplicada por el producto de toda la economía:

**Cuadro 10**

Elasticidad media por Tipo de Cobertura Vegetal					Ajuste por Población Agrícola
Superficie Total	Arable	Pasturas Permanentes	Forestal	Otro Tipo de Cobertura	
0.14937	0.01743	0.05128	0.05133	0.00814	0.0212

*Fuente: Elaboración propia con base en el cálculo del valor del producto marginal*

Todo este proceso de cálculo, nos permite revelar en forma indirecta el monto que la sociedad recibe por tener las actuales coberturas del suelo en Bolivia, monto que puede equipararse según la ecuación de Samuelson a la disposición a pagar por mantener el actual estado de conservación de la cobertura vegetal.

De estas disposiciones a pagar, es prioritario darle énfasis a dos: la primera, el pago a la conservación de la cobertura boscosa y la segunda a la conservación de otro tipo de coberturas, en especial sistemas de matorrales. Estos dos tipos de coberturas con sus respectivos ecosistemas, son en gran medida los proveedores de una multiplicidad de servicios ambientales que aún no son reconocidos por la sociedad.

El reconocer este aporte en forma monetaria, brindará la oportunidad a la sociedad en su conjunto, a los administradores y propietarios del bosque reevaluar la conservación y manejo de este sistema.

<sup>47</sup> El cálculo, se realiza multiplicando las elasticidades parciales estimadas en las regresiones anteriores, se multiplica la elasticidad de cada una de las regresiones por su correspondiente elasticidad en la primera ecuación de la serie.

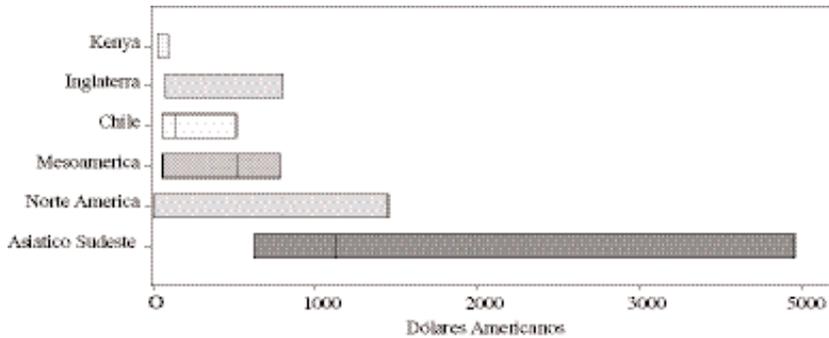
**Cuadro 11**  
**Aporte medio por tipo de cobertura vegetal para la economía boliviana**  
**Expresado en dólares americanos**

<b>Año</b>	<b>Global</b>	<b>Arable</b>	<b>Pasturas Permanentes</b>	<b>Forestal</b>	<b>Otro Tipo de Cobertura</b>
1986	5.45	31.31	6.15	3.58	5.61
1987	5.99	34.02	6.76	3.95	6.02
1988	6.33	35.61	7.14	4.19	6.22
1989	6.50	36.20	7.28	4.31	6.44
1990	6.70	37.62	7.52	4.46	6.46
1991	7.36	40.56	8.18	4.91	7.31
1992	7.77	42.19	8.64	5.21	7.42
1993	7.90	42.03	8.69	5.32	7.68
1994	8.24	41.43	9.07	5.57	7.84
1995	9.25	43.91	10.18	6.29	8.64
1996	10.19	46.82	11.21	6.96	9.24
1997	10.92	45.58	12.01	7.50	9.91
1998	11.71	47.21	12.88	8.08	10.37
1999	11.41	45.58	12.56	7.92	9.76
2000	11.56	46.70	12.72	8.06	9.46
2001	11.05	45.09	12.16	7.74	8.69
2002	10.75	43.77	11.82	7.55	8.27

*Fuente: Elaboración propia con base en el cálculo del valor del producto marginal*

### **La evidencia empírica de los estudios de valoración ambiental aplicada a áreas protegidas**

En la siguiente presentación sobre los estudios empíricos desarrollados en el área de valoración ambiental se agruparon los estudios por el tipo variable reportada, Valoración Económica Total –VET- por hectárea en este caso; a su vez se agruparon los trabajos por metodología usada y área geográfica, con la finalidad de poder comparar los resultados de los diferentes estudios realizados. (Gráfico 9)

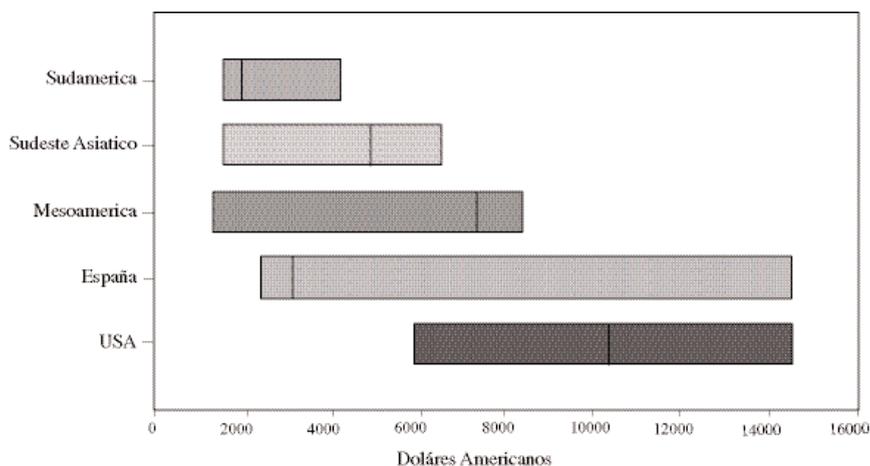
**Gráfico 9****Valoración económica total por hectárea parques nacionales terrestres**

*Fuente: Olivera, 2005*

Los estudios que fueron desarrollados por el método VET, reportan la valoración de las áreas protegidas supuestamente tomando en cuenta todos los valores de uso y no-uso posibles de las áreas analizadas. Sin llegar a discutir la validez de los trabajos, la gran dispersión de valores en el caso de las AP terrestres nos lleva a preguntarnos ¿cómo y qué valoran estos estudios?

¿Qué de especial o particular tiene el parque Pukhansan ubicado en Corea del Sur, sudeste asiático, para que se le valore más que el promedio de los parques terrestres de la muestra? Si tomamos en cuenta la existencia de un santuario religioso en Pukhansan que convierte a este parque en una atracción turística, además de religioso-cultural que atrae cada año a más de cuatro millones de visitantes, adicionalmente su cercanía a un gran centro poblado como Seúl que facilitan las visitas realizadas, puede pensarse que su alta valoración no sólo depende de su riqueza escénica y/o natural sino de la actividad conexas que se puede desarrollar en el parque. Pero otros parques dentro de la muestra también tienen gran afluencia de turistas y se encuentran en las cercanías de grandes centros poblados, por lo que queda la duda de cuál es la diferencia real entre la valoración de estos parques, por este método VET. (Gráfico 10)

**Gráfico 10**  
**Valoración económica total de hábitats marinos**



Fuente: Olivera, 2005

Adicionalmente tomaremos como referencia un valor propuesto por Costanza *et al* (1997)<sup>48</sup> para garantizar la protección del capital natural crítico en zonas tropicales, el cual variará entre 200 y 500 dólares por hectárea, valor que coincide con los reportes hechos por la metodología de valoración Económica Total para la región de América del sur.

En el caso de los estudios VET de AP en entornos marinos, encontramos que la dispersión de valores es menor, existiendo una relación en las diferencias de valor mayor por ubicación geográfica que por tipo de ecosistema. La ubicación geográfica de hecho conlleva una connotación más profunda, la diferencia en el nivel de PIB de las economías según el área geoeconómica a la cual pertenezca. Desde esta perspectiva parece muy racional el hecho de que en países de altos ingresos, se valore más las marismas que en regiones con menor nivel de ingreso.

<sup>48</sup> Visto en Lopera, 2003.

Pero las características que se valoran dentro una AP como biodiversidad, representatividad de los ecosistemas, entre otras, ¿están supeditadas a esta diferencia en los ingresos? según los trabajos analizados, las marismas en Sudamérica están mejor conservadas que las marismas europeas, pero su valor está muy por debajo de ellas.

Una técnica que hace uso de esta característica es el método “Quick and Dirty” (Barton, 1999) llama la atención por su simplicidad en el uso y el potencial en brindar información rápida sobre la valoración de AP, el mismo, fue usado en los estudios de valoración en el Sudeste Asiático realizado por VALUASIA. La técnica parte del hecho, de que en esta región en particular, las marismas tienen casi las mismas características, por lo que si se realiza un estudio de valoración ambiental es posible extrapolar este valor corregido por el poder de paridad de compra, (PPP en sus siglas en inglés), obviamente el error de la valoración extrapolado es mayor al de la valoración original pero la misma permite un acercamiento a este valor. Esta técnica parece apoyar el hecho observado que la región geo-económica tiene influencias en la valoración de los bienes ambientales, por lo menos en el caso de las marismas.

Retomando el tema de las actividades recreativas y conexas vistas como posible diferencial de valoración en las AP terrestres, ¿Habrá mayor actividad en las marismas europeas y norte americanas que en el resto de las áreas observadas?, y sí es así, ¿qué tipo de actividades generan un diferencial en valor tan elevado?, lamentablemente los estudios arrojan pocas luces a este análisis.

En los trabajos realizados a través de los métodos de valoración contingente y costos de viaje, se les agrupó adicionalmente por área geográfica para permitir una mejora comparación entre los estudios. En el caso de México se desarrollaron estudios de valoración ambiental usando el método de preferencias reveladas - costo de viaje, en el cual se saca un promedio por el gasto de una persona o grupo familiar para acceder a un parque o área recreativa. Este tipo de estudios, parten del hecho de que un lugar es valorado por lo menos por el costo de ir a visitar el lugar, suele usarse como herramienta para cobrar derechos de admisión al área.

En el Cuadro 12, vemos las disposiciones a pagar por día de actividad recreativa en diferentes parques nacionales en México, así como el número de visitantes efectivos a estas áreas protegidas, con la idea de la suma vertical de preferencias personales, podemos obtener como ejercicio, el valor potencial del uso recreativo del área protegida. Si vemos las magnitudes de valor podemos apreciar que los lugares que no atraen visitantes carecerían de valor, aún cuando el tamaño de los parques sea comparable<sup>49</sup> la falta de medición de la demanda potencial y efectiva de personas que valoran estas áreas protegidas, limitan la inferencia del valor de uso recreativo para la sociedad de las mismas y no toma en cuenta los otros valores del área.

**Cuadro 12**  
**Método de Costo de Viaje - México**

Área Protegida	Superficie en hectáreas	Disponibilidad a pagar por persona en dólares americanos	Número de visitantes por año	Valor potencial en dólares americanos
El triunfo	119,177	75.00	150	11,250
Sian ka'an	528,147	115.00	500	57,500
Izta-popo	55	15.00	827	12,405
Lago Arareco	20,000	4.42	7,500	33,150
Mariposa Monarca	16,110	30.00	47,500	1,425,000
Barranca del Cobre	450,000	8.20	55,000	451,000
Costa Rica (país)		52.00		

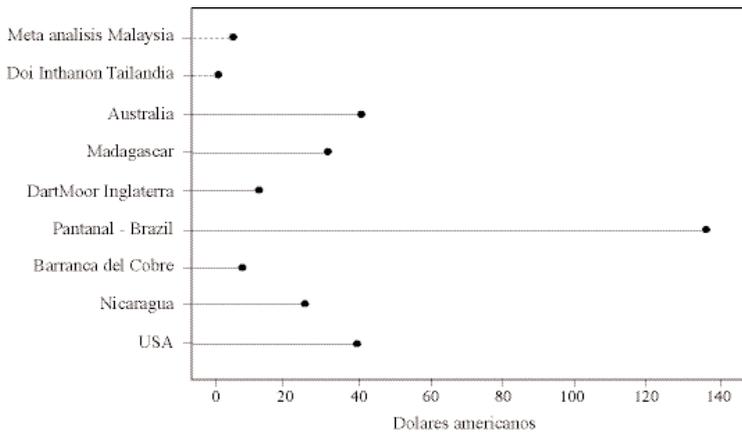
*Fuente: Elaboración propia*

Esto puede ser una justificación para que en la mayoría de los estudios de este tipo, sólo se reporte la disposición a pagar individual y no así la valoración del área en su conjunto. Parece que esta limitación técnica de la medida real de la demanda potencial y efectiva de personas que valoran un área protegida en particular, ha limitado los resultados de este tipo de estudios.

<sup>49</sup> Así como la oferta de actividades a realizar en el lugar, la belleza escénica, la biodiversidad entre otras.

Tomando en cuenta esta limitante podemos comparar las disposiciones a pagar de las personas en diferentes países. (Gráfico 11). Se observa que la disposición a pagar de las personas por día de actividad, no supera los 40 dólares americanos en la mayoría de los países de la muestra, a excepción del área protegida el Pantanal en Brasil<sup>50</sup>, esto nos llevo a realizar el análisis anterior respecto a la cantidad de visitantes y las actividades conexas realizadas en dicho lugar.

**Gráfico 11**  
**Valoración contingente**  
**Disposición a pagar por persona por día de Actividad**



*Fuente: Elaboración propia*

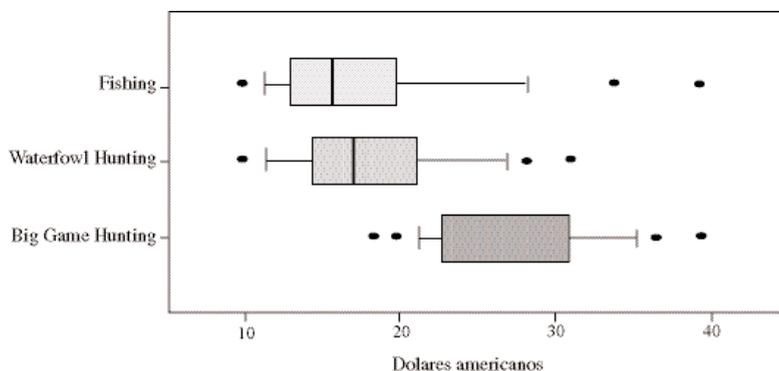
Pero otra vez, encontramos que existen lugares con más visitantes y con las mismas o mejores actividades, pero con menor valoración. Por lo que se repite la duda ¿cuál es la diferencia real entre la disposición a pagar de estos parques? ¿Será el método?, ¿detalles dentro el mismo? o simplemente al ser el valor una preferencia personal ¿No se podrá clarificar este tipo de datos atípicos?

<sup>50</sup> El Pantanal ubicado en el Estado de Mato Grosso y colindante con la Republica de Bolivia es uno de los centros mundiales de pesca de agua dulce, en donde se realizan concursos anuales de pesca deportiva de importancia mundial.

Si desglosamos la observación obtenida para USA, (gráficos 12 y 13), se observa la disposición a pagar por día de actividad de los habitantes de USA para diferentes actividades. Cabe remarcar el hecho de que en el estudio junto con las actividades de recreación de campo tradicionales aparecen actividades de uso más agresivo del ambiente -como lo son la caza mayor- que no buscan conservar el ambiente como tal, pero si el protegerlo para poder realizar la actividad a futuro.

Grupos como los excursionistas, valoran más un día de actividad que los cazadores o pescadores, pero al carecer de organizaciones tan estructuradas como los clubes de caza y pesca no tienen la influencia en la toma de decisiones como estos últimos. Los cazadores y pescadores son los principales interesados en conservar los pantanos y marismas para realizar actividades de caza y pesca deportiva, ellos tienen una visión antropocéntrica del ambiente, pero de cualquier forma ayudan a conservarlo y de forma puntual cumplen con la definición de desarrollo sustentable en su versión débil<sup>51</sup>.

**Gráfico 12**  
**Método de valoración contingente – disposición a pagar por día de actividad en Estados Unidos**

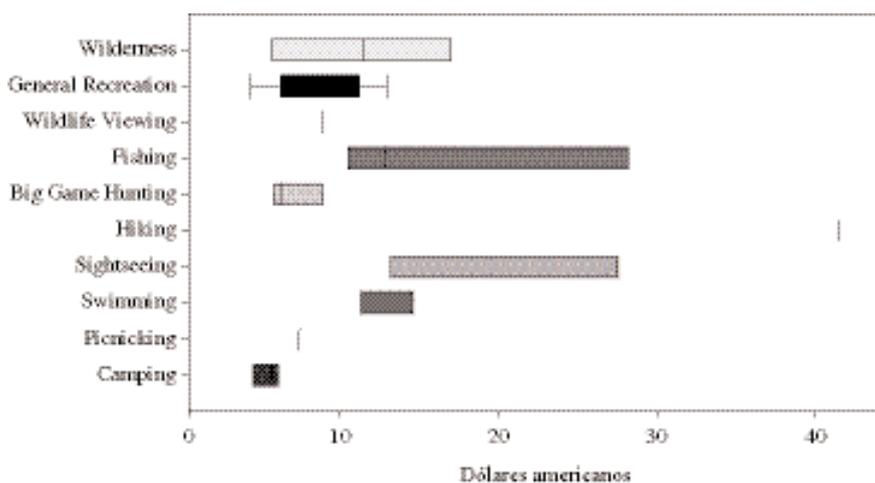


Fuente: Department of Agriculture Forest Service de USA (2000)

<sup>51</sup> La sostenibilidad débil asume que los recursos naturales son sustituibles unos con otros, y que, por tanto, se puede cortar todo un bosque de ser necesario y vender toda la madera de una sola vez para construir fábricas que producirán la renta futura y así hacer sostenible la plantación de un futuro bosque. Olivera (2005).

Al ser grupos de alto poder adquisitivo, ellos están dispuestos en hacer efectiva su disponibilidad de pago, por lo tanto tienen un mayor poder de influencia en las decisiones de conservación y manejo del ambiente. (Gráfico 13).

**Gráfico 13**  
**Costo de viaje**  
**Disposición a pagar por día de actividad Estados Unidos**



*Fuente: Department of Agriculture Forest Service de USA (2000)*

## Anexos Capítulo III

### Pruebas de Estadísticas sección 3.2.3.

Pruebas de Raíces Unitaria			
Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin test estadístico			
Valores Críticos Asintóticos:*	1%	5%	10%
	0.73900	0.46300	0.34700
LY	LK	LPOI	LSI
0.20778	0.4611	0.5320	0.5410
*Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (1992, Cuadro 1) Varianza Residual (no corregida) HAC corrected variance (Bartlett kernel)			0.00019 0.00024

Pruebas de Dickey-Fuller Aumentada y Phillips-Perron		
Periodo: 1986 2002		
Series: LY, LK, LPOI, LSI		
Variables exógenas: Efecto Individual, tendencia lineal individual		
Método	Estadístico	Prob.
ADF - Fisher Chi-square	17.5769	0.0246
ADF - Choi Z-stat	-2.40203	0.0082
Método	Estadístico	Prob.
PP - Fisher Chi-square	19.35	0.0130
PP - Choi Z-stat	-2.570	0.00507

Prueba de cointegración basadas en el procedimiento de Johansen (1988) y de Hansen y Johansen (1993)

$Y = \beta_0 + \beta_1 * k + \beta_2 * I + \beta_3 * s$		
H0	Traza	95%
R=0	141.78*	0.0000
R≤1	30.09*	0.0462
R≥2	6.88	0.5909
Notas: (*) Rechazo al 5% de nivel de significancia, (**) rechazo al 1% de significancia. Traza = prueba de la traza. R = número de vectores de cointegración. Número de rezagos en el VAR: 1 Periodo 1988 – 2002		

# IV

## **LAS RESTRICCIONES DE LA NATURALEZA Y LA SOCIEDAD: DISTRIBUCIÓN DE FLORA Y TASAS DE INTERÉS**

El modelo analizado en el capítulo dos, es un buen ejemplo de las implicaciones de política que se pueden obtener al desarrollar un modelo de optimización dinámica recurriendo a algunos supuestos simplificadores que permiten manejar lo complejo del tema; pero simultáneamente, llegar a conclusiones que muestran el comportamiento aproximado de las variables y sus formas funcionales.

El modelo responde algunas preguntas sobre el comportamiento del fenómeno, incorporando las repercusiones ambientales que ocasiona el desarrollo de las actividades del sector hidrocarburífero en su entorno. Esto se desarrolla en forma teórica y con base en supuestos de comportamiento simplificadores que permiten manejar lo complejo del fenómeno.

El objetivo central de este capítulo, es desarrollar un modelo de distribución de la flora en áreas protegidas, a través del desarrollo de un modelo predictivo que da pautas sobre el efecto de las características geográficas y climáticas en la diversidad de floras existentes en un territorio determinado. Dando así un aspecto empírico al modelo desarrollado con anterioridad.

El modelo simula la riqueza de especies que debería existir en un área sin la presencia de actividad humana, con base en los levantamientos de expertos sobre áreas muy poco afectadas por dicha actividad. Las áreas protegidas según la legislación boliviana y las exigencias de los financiadores de las mismas, deben cumplir esta característica, es decir, deben tener una región núcleo, la cual no esté afectada por actividades humanas.<sup>52</sup> Se usará este modelo como restricción del proceso dinámico de exploración y explotación petrolera visto en el capítulo dos.

El modelo aborda una temática muy específica de las ciencias ecológicas, por lo que se recurrió a un grupo de expertos para poder discutir la pertinencia del mismo; así como sus limitantes y condicionantes.<sup>53</sup>

En un segunda parte de la sección, se abordará de forma sucinta la importancia de la tasa de interés dentro del manejo de los recursos naturales. El análisis de este factor es determinante para postular las políticas de aprovechamiento de los recursos de una región.

#### **4.1. Modelos de comportamiento de flora ante cambios ambientales**

Los procesos de extinción de especies debido a las presiones ejercidas por las actividades humanas, constituyen uno de los conflictos ambientales más difíciles que debe enfrentar actualmente la humanidad (Wilson, 1998). Ante este hecho, las estrategias de protección de la biodiversidad de especies deben sustentarse en evidencias científicas que avalen no sólo la importancia de este recurso para la humanidad; sino también de cuantificarla de la mejor manera posible (Lobo, 2000).

Afectar la naturaleza, de hecho, repercute en forma directa en nuestra forma de vida como humanidad<sup>54</sup>. Por ello, se requiere tener el conocimiento sobre aquellos factores que determinan la biodiversidad de

---

<sup>52</sup> Las áreas protegidas en Bolivia cubren este requisito, por lo que los levantamientos provenientes de ellas son una muy buena base de trabajo para desarrollar el modelo de comportamiento.

<sup>53</sup> Se agradecen los comentarios a esta sección de Luís Miguel Galindo, Patricia Koleff, Héctor Arita, Adriana Abreu y José Ignacio Fernández.

<sup>54</sup> David W. Pearce, 1985.

una región; esto nos permite como sociedad, conservar y manejar los recursos existentes en ella, no sólo desde una perspectiva utilitarista; sino como condicionante para nuestra existencia como sociedad y cultura.

*“... Si bien los responsables por la formulación de políticas tienen acceso inmediato a información sobre las condiciones de sus economías nacionales, sobre sus programas educativos o sobre sus sistemas de salud, no existe información comparable sobre el estado de los ecosistemas...”*. (Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid - España, 2002)

Desde esta perspectiva, se requiere analizar las condiciones para la existencia de una mayor o menor biodiversidad en una región específica. Actualmente la comunidad científica sólo posee respuestas aproximadas sobre los procesos que generan y mantienen la diversidad biológica en una región.

Ver la influencia de los diferentes factores geográficos sobre la diversidad de flora en una región determinada, es un primer paso para plantear políticas para su propio manejo. Estas políticas, deben buscar la interrelación existente entre los factores que condicionan la existencia de flora en un territorio y las actividades humanas.

#### **4.1.1. Distribución de especies en la literatura ecológica**

La distribución de la flora en un territorio; así como los factores que influyen en ella, es tratada por diferentes disciplinas de la biología y la geografía que la abordan desde diferentes ángulos y con diferentes metodologías (Lobo, 2000). Estas disciplinas están a menudo separadas por diferentes concepciones de un mismo objeto (en este caso la biodiversidad); aunque en el fondo analizan el mismo fenómeno. Entre las principales disciplinas que abordan esta temática tenemos a la sistemática, la biogeografía, la ecología clásica y la macroecología entre otras.<sup>55</sup>

---

<sup>55</sup> Una clasificación exhaustiva de los enfoques y disciplinas relacionadas con la biogeografía se analizan en Espinosa et al, 2005.

A pesar de las diferencias entre las visiones existentes, hay un consenso sobre los principales factores que regulan la biodiversidad biológica (Barnosky et al, 2001)<sup>56</sup>:

1. Latitud (Darwin, 1859; Wallace, 1870; Rapoport et al, 1971; Fischer, 1960; Gaston y Koleff, 2001).
2. Altitud (elevación) (Humbolt y Bonpland, 1805; Gentry y Dodson, 1987).
3. Diversidad de hábitats (MacArthur y MacArthur, 1961; Huston, 1994).
4. Productividad del medio (Rosenzweig, 1995).
5. Tamaño del continente donde la biota está localizada (MacArthur y Wilson, 1967; Brown, 1995; Rosenzweig, 1995).
6. Nichos ecológicos (Huston, 1994; Pianka, 1994).
7. Restricciones históricas sobre la filogenia (CONABIO, 2005).
8. Cambios ambientales (Vuilleumier y Simberloff, 1980; Barnosky, 1994; Bennet, 1997).
9. Aislamiento (MacArthur y Wilson, 1967; Webb, 1991).

El estudio de estos factores, su relación con la diversidad y distribución de especies, puede realizarse utilizando diferentes metodologías, entre ellas los sistemas de información geográficos (SIG). Estas metodologías usan estimaciones holísticas que explican el fenómeno de distribución de especies desde una perspectiva general y sistémica, usando toda la información disponible y comparando fenómenos localizados en diferentes regiones pero con características similares.

Estos métodos por construcción responden a otro tipo de planteamientos; que si bien ayudan a comprender el fenómeno que se trata

---

<sup>56</sup> Adicionalmente existe otro factor mencionado en la literatura la temperatura media, pero dicho factor esta condicionado por factores tales como la latitud y longitud geográficos, por lo que su análisis es marginal en la literatura revisada.

de explicar no lo responden en forma directa; ya que no generan explicaciones causales de los fenómenos analizados. Esto parte del hecho de que se busca encontrar un algoritmo que emule de la mejor forma posible los datos observados; por lo que las causas del fenómeno pasan a un segundo plano; ya que el ajuste del algoritmo a los datos está siendo priorizado. El resultado son mapas de distribución geográfica condicionados a la información existente para el área y no a las causas subyacentes del fenómeno (Guisan y Thuiller, 2005).

Otras metodologías realizan comparaciones de riqueza de especies entre localidades corregidas por esfuerzo de muestreo (Hulbert, 1971), y/o usando información secundaria u obtenida por muestreo de la diversidad existente en un territorio. Utilizan como variables de control sólo algunos de los factores ya mencionados en forma individual; enmarcados en un tamaño de territorio prefijado a través de una grilla (mosaico) (Koleff y Gaston, 2001; Barnosky et al 2000; Guisan y Thuiller, 2005).

El principal problema de este tipo de metodologías, es que al usar sólo alguno de los factores mencionados por la teoría<sup>57</sup>, el parámetro encontrado puede estar sesgado por la posible omisión de otros factores que influyen en el fenómeno en forma conjunta con el factor analizado. Adicionalmente, al tomar un tamaño de muestra de un territorio prefijado por una grilla, se pierde justamente uno de los factores anteriormente mencionados “la diversidad de hábitats” que tiene una distribución arbitraria según la geografía de la región estudiada. Además, los resultados están condicionados al tamaño del mosaico usado en el experimento y al desarrollar una grilla arbitraria y experimental se puede llegar a generar un problema de correlación espacial. Correlación espacial entendida como la relación geográfica entre una grilla y las grillas circundantes, que en sí tienen un componente explicativo que al no ser incorporado sesga las estimaciones realizadas. (Felizola et al, 2003).

---

<sup>57</sup> El finalidad de estos estudios es demostrar la influencia del factor en la biodiversidad pero en forma aislada.

Estas metodologías, unas más sofisticadas que otras, emplean métodos de estimación como el de algoritmos genéticos (Mitchell, 1991), el análisis de huecos (Scoot et al 1993), autómatas celulares (Carey, 1996; Iverson y Prasad, 1998).

Otros métodos más socorridos y sencillos también, son usados para explorar la relación entre datos de especies y diversas variables como son el análisis de covarianzas, ANOVA (Silman et al 2005; Lindsey, 1994), el desarrollo de índices de amplitud biogeográficos (Oñate-Ocaña et al, 2005)<sup>58</sup> y el análisis de regresión tanto en su versión simple como múltiple. Estos últimos por sus características suelen ser mejores para desarrollar modelos multivariados y analizar hipótesis complejas como el de riqueza de especies; pero pueden cometer con mayor frecuencia errores de posible omisión de variables (Lobo, 2005).

#### **4.1.2. Análisis de regresión múltiple**

El análisis de regresión múltiple es el método empleado en la presente investigación, pues al modelar una teoría como la distribución y riqueza de especies, en la cual interviene más de un factor, es necesario expresar y evaluar supuestos e hipótesis del fenómeno estudiado en forma conjunta, como se analizó con anterioridad, hacerlo en forma individual sesga la posible estimación de los parámetros y puede llegar a obviar información que es importante incorporar.

Retomando la pregunta inicial sobre las condiciones para la existencia de mayor o menor biodiversidad en una región, lo que se busca en sí, es una función predictiva que realice pronósticos razonables sobre la distribución y riqueza de especies, en relación a sus factores y características geográficas utilizando información limitada; porque los inventarios existentes son escasos y de muy costosa elaboración.

Para ello se escogió el Análisis de Regresión Múltiple (ARM), dada su versatilidad y facilidad de aplicación (Lobo, 2000). El ARM puede usar

---

<sup>58</sup> El índice propone el uso de frecuencias relativas de los ejemplares registrados como índice de predicción de una especie en una amplitud geográfica determinada.

información de tipo temporal o de corte transversal poseyendo, como método, múltiples opciones para desarrollar la estimación de los modelos de acuerdo a las características de los datos a partir de los cuales se desarrollará el estudio del fenómeno a analizar (Greene, 2003; Yamane, 1973)<sup>59</sup>.

Una de las desventajas del método, es el comportamiento de las variables, las cuales deben en lo posible distribuir en forma normal o en su defecto ser susceptibles a ser normalizadas sin perder la información incorporada en la variable. Otra desventaja es la suposición de linealidad en los parámetros a ser estimados y la existencia de un número mínimo de datos a ser analizados. Si el método es mal empleado<sup>60</sup>, o se carece de los datos adecuados se puede llegar a cometer errores por la omisión de variables significativas o la incorporación de variables redundantes, lo cual generaría de hecho algún sesgo en los parámetros estimados (Greene, 1999).

#### **4.1.3. Hacia un modelo predictivo de la riqueza de especies en un territorio: áreas protegidas de Bolivia**

El estudio desarrolla un modelo de la biodiversidad de flora existente en las áreas protegidas (AP) de Bolivia. Para desarrollar este modelo es necesario comprender qué se entiende por diversidad biológica y cómo se mide:

*“...Una propuesta de gran utilidad en el estudio de los patrones de distribución de las especies ha sido la de las escalas o niveles de diversidad. Hace cuatro décadas, Whittaker (1960) propuso que la diversidad de un paisaje (a la que denominó diversidad gama, que no es más que el número total de especies) era resultado de la combinación de dos niveles de diversidad. Por un lado la diversidad alfa, que es el número de especies a nivel local y por otro la diversidad beta, que cuantifica que tan diferentes (o similares) son los conjuntos de especies de las localidades...”* (Rodríguez, 2005).

---

<sup>59</sup> Se pueden corregir problemas surgidos de la autocorrelación de datos, la heterocedasticidad en los mismos y encontrar opciones de manejo cuando las variables a analizar son colineales.

<sup>60</sup> El proceso conocido como minería de datos suele traer como consecuencia la generación de problemas en la estimación de los parámetros (Verardi, 2003).

Así, el trabajo usa la diversidad gama como medida a ser explicada en la distribución de especies en un territorio, dado el tamaño de las áreas protegidas en Bolivia, esta medida de diversidad es la utilizada para declarar la existencia de biodiversidad en los países. En el caso de Bolivia, al tener cerca de 18.000 especies de plantas vasculares<sup>61</sup>, está entre los 12 países con mayor biodiversidad de flora del mundo. Comparando, México tiene cerca de 26.000 especies de flora y Brasil cerca de 56.000 especies de flora.<sup>62</sup>

El usar la diversidad de la flora<sup>63</sup> tiene dos razones principales. La primera es que la Flora tiene una relación más estrecha con las características geográficas de un territorio, y dado lo anterior, la flora tiene una menor variabilidad en el tiempo, lo que permite hacer trabajos de corte transversal sin la necesidad adicional de controlar este otro factor, la temporalidad.

Adicionalmente, al pertenecer todo el territorio Boliviano a la región Neártica (Rapoport et al, 1971), es posible obviar la variable que identifique la región biogeográfica a la que pertenece la muestra, en este caso las AP de Bolivia.

Bolivia se encuentra entre los 9° y 23° grados geográficos latitud sur, tiene una precipitación anual que varía entre los 80 a los 5.000 milímetros de precipitación pluvial, niveles de altura que van desde los 80 a los 6.500 m.s.n.m. El tamaño de las AP va desde las 17.000 ha. a 3.500.000 hectáreas. Las áreas protegidas de Bolivia cubren el 14 % del territorio y cubren 16 de las 17 ecoregiones comprendidas en su territorio. (SERNAP, 2001).

Los muestreos de flora de los parques nacionales en Bolivia fueron desarrollados con el apoyo de agencias de cooperación y organismos internacionales de conservación de la naturaleza. Por lo que, las bases de

---

<sup>61</sup> World Resources Institute , 2005; los musgos no están contemplados en esta categoría.

<sup>62</sup> Comparando la superficie de estos países Bolivia tiene una extensión de cerca de un millón de kilómetros cuadrados, México tiene dos millones de kilómetros cuadrados aproximadamente y Brasil más de ocho millones de kilómetros cuadrados.

<sup>63</sup> El número de especies de flora es extractado de las bases de datos del SERNAP, 2001.

datos existentes tienen una representatividad que se basa en años de esfuerzo de la comunidad académica boliviana, los esfuerzos de muestreo y las metodologías aplicadas se ven en Navarro et al, (2004).

El modelo a ser analizado toma las anteriores consideraciones y se expresa de acuerdo a la siguiente función<sup>64</sup>:

$$88. \ln(Sf) = \partial \ln(\text{Área}) + \beta_1(\text{Altura}) + \beta_2(\text{RPB}) + \beta_3(\text{Coordenadas}) + \gamma \ln(\text{precipitación})$$

Donde Sf representa el número de especies de flora existentes en un territorio. Las variables explicativas, usadas en el modelo de predicción de la distribución y riqueza de especies de flora son:

1. La superficie en hectáreas de las AP: Las cuales tienen características geográficas muy disímiles. Dada la no existencia de vecindades entre las AP, por construcción, se descarto la posible existencia de correlación espacial entre las mismas<sup>65</sup>.
2. El rango de alturas sobre el nivel del mar de las AP: Una particularidad que surge al modelar variables geográficas, es el cómo medir la dispersión de las características geográficas y tratar de no perder en el proceso de medición justamente su rasgo más saliente: la dispersión. La heterogeneidad de las características geográficas es uno de los factores más sobresalientes para la existencia de biodiversidad en una región determinada (Silman et al, 2004). Para medir esto, se usa el coeficiente de variación del rango, definido como el índice entre la desviación estándar del rango y la media de los rangos del grupo de estudio como variable explicativa del rango de altura.
3. Representatividad de pisos bioclimáticos RPB (diversidad de hábitats): Es definida por una variable numérica que indica la cantidad de pisos bioclimáticos comprendidos dentro la AP. Se usa la clasificación de Navarro (1997) para Bolivia.

<sup>64</sup> Esta función se obtiene linealizando la siguiente función  $Sf = \text{Área}^{\alpha} e^{\beta_1(\text{RPB})} e^{\beta_2(\text{Coor})} e^{\beta_3(\text{Altura})} \text{precipitación}^{\gamma}$ .

<sup>65</sup> Se desarrollaron pruebas sobre el I de Moran las, cuales no mostraron evidencia de correlación espacial entre las variables, los valores encontrados estaban cerca del valor cero del índice.

**Cuadro 13**  
**Piso Bioclimático**

<b>Piso Bioclimático</b>	<b>Intervalo Altitudinal (m.s.n.m.)</b>
Infra-Termotropical	0 – 2000
Mesotropical	2000 – 3100
Supratropical	3100 – 3900
Orotropical	3900 – 4600

*Fuente: Navarro et al 2004*

4. La media de las coordenadas geográficas – Coordenadas. (latitud sur), expresadas en kilómetros (SERNAP, 2001)
5. La precipitación media anual de las AP, medida en milímetros/ m<sup>2</sup> (SERNAP, 2001): El modelo supone con base en los argumentos teóricos encontrados en la literatura, que las variables altura, latitud y representatividad de pisos bioclimáticos, vienen a caracterizar la variable superficie geográfica. Mientras que las variables superficie y precipitación media anual son variables sin las cuales la existencia de flora en una región sería improbable; ya que, sin superficie no existe unidad de análisis y sin precipitación, la posibilidad de existencia de flora se reduce prácticamente a cero. (Cuadro 13).

Para el proceso de estimación del modelo, inicialmente se usó el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), el cual mostró comportamientos no lineales de las variables (ver anexo 1); por lo que se utilizó, en una segunda etapa una estimación de máxima verosimilitud<sup>66</sup>, que es la más adecuada para este tipo de comportamientos (Cuadro 14).

En los cuadros y en anexos, se puede comparar los parámetros estimados por ambos métodos, estando todos en un rango de entre una y dos desviaciones estándar, por lo que estadísticamente son muy similares. Se usa el método de máxima verosimilitud porque sus propiedades hacen que se tenga un mejor ajuste en modelos predictivos que las estimaciones

<sup>66</sup> Las estimaciones se desarrollaron a través del Módulo de resolución numérica SOLVER de Excel.

realizadas por MCO, esto se puede observar en las gráficas, y en anexos, en las que se ordenan los datos observados de flora con las estimaciones realizadas por el modelo, tomando como punto de referencia las variables observadas.

**Cuadro 14**  
**Estimación modelo de representatividad de pisos bioclimáticos**

<b>Variable Dependiente: Especies de Flora</b>	
<b>Método :</b>	<b>Máxima Verosimilitud (likelihood)</b>
<b>Variable</b>	<b>Coefficiente</b>
Área	0.67814381
Representatividad Pisos Bioclimáticos	2.23833293
Precipitación	0.39774708
Altura	-3.86942695
Coordenadas	-0.00383728

*Fuente: elaboración propia*

Las pruebas de normalidad de los residuos no rechazaron la hipótesis nula. Los resultados encontrados tienen un error estándar de 307 especies, lo cual indica un ajuste razonable, dadas las características de la muestra. También se efectuó una prueba de raíces unitarias a los residuos en la cual se comprueba la no existencia de tendencias en su comportamiento.

Los parámetros encontrados, apoyan los resultados de la literatura consultada<sup>67</sup>, existiendo una relación entre características geográficas y la existencia de mayor o menor biodiversidad de especies en un territorio determinado. Lo novedoso del modelo, es poder analizar estos factores en forma conjunta y observar las sinergias generadas entre dichos factores.

Analizando los parámetros de los factores geográficos utilizados en el modelo, vemos que la representatividad de pisos bioclimáticos y el coeficiente de variación de los rangos de altura de las AP tienen parámetros muy elevados y de signo contrario. Esto refuerza la hipótesis de que

---

<sup>67</sup> Ver sección II de este trabajo.

mientras mayor sea la diversidad de hábitats mayor será el número de especies; pero con la condicionante altura la cual limita la variedad de especies de un territorio. La existencia de especies de flora llega cerca de los 5000 m.s.n.m. (Cuadro 15)

**Cuadro 15**  
**Simulación del modelo de distribución de flora en áreas protegidas en Bolivia**

Área Natural Protegida	Especies flora observadas	Superficie en ha.	Representatividad	Coordenada media	Altura Máx.	Altura Min.	Precipitación media	Especies de flora Estimadas
Manuripi		760,501	1	1309	269	128	2158	10606
Madidi	5000	1,867,810	4	1536	6000	200	2850	4899
Apolobamba	807	466,525	4	1641	6200	800	1100	1473
Pilon Lajas	624	398,451	1	1643	2000	300	2250	256
E. B. del Beni	815	134,118	1	1613	250	210	2200	1168
Cotapata	820	61,257	4	1783	5900	1000	2000	523
Isiboro Secure	402	1,256,598	2	1773	3000	180	2700	800
Noel K. Mercado	2614	1,602,359	1	1575	750	200	848	2573
Sajama	154	112,416	2	1992	6542	4000	335	42
Tunari	.	326,367	2	1897	4400	2200	900	288
Carrasco	614	687,186	3	1917	4700	300	5000	473
Aguarague	.	111,076	1	2365	1900	750	925	110
Amboro	2961	669,419	3	1842	3300	300	2250	2770
San Matias	874	2,886,350	1	1936	1210	108	1469	584
Toro Toro	329	16,687	3	1991	3600	1900	600	407
El Palmar	270	59,972	3	2052	3200	1000	314	310
Kaa-yya del Gran Chaco	880	3,426,545	1	2097	400	200	700	846
Otuquis	104	1,006,620	1	2145	180	80	1130	423
Eduardo Avaroa	102	687,874	2	2471	6000	4200	100	37
Cordillera de Sama	.	105,021	3	2373	4700	1800	550	67
Tariquia	808	247,435	3	2426	3400	900	1950	271

*Fuente: elaboración propia con base en datos del SERNAP, 2001*

Otro factor muy estudiado en la literatura, es la relación entre el número de especies y el tamaño del territorio analizado y la latitud del mismo (Barnosky et al 2000). Esta idea es reforzada en el modelo, existiendo un relación positiva creciente entre las variables territorio y número de especies, y negativa entre latitud y número de especies. En forma separada, los parámetros tenderían a crecer indefinidamente o a reducir el número de especies hasta cero, pero en forma conjunta, presenta los comportamientos no lineales observados en los muestreos realizados. Este comportamiento no lineal se observa en otros estudios para mayor información se puede ver la investigación de Koleff y Gaston, (2001).

Adicionado con el efecto proporcionado por la precipitación pluvial, el modelo tiene comportamientos muy interesantes que muestran picos de biodiversidad en ciertas AP, los cuales, constatan los efectos no lineales que surgen por las sinergias entre los diferentes factores (Gráfico 14). Esto indica que se puede encontrar en las mismas coordenadas geográficas (latitud sur en este caso) diferentes composiciones de diversidad gama, dados los efectos adicionales de los otros factores como la altura, precipitación pluvial, etc.

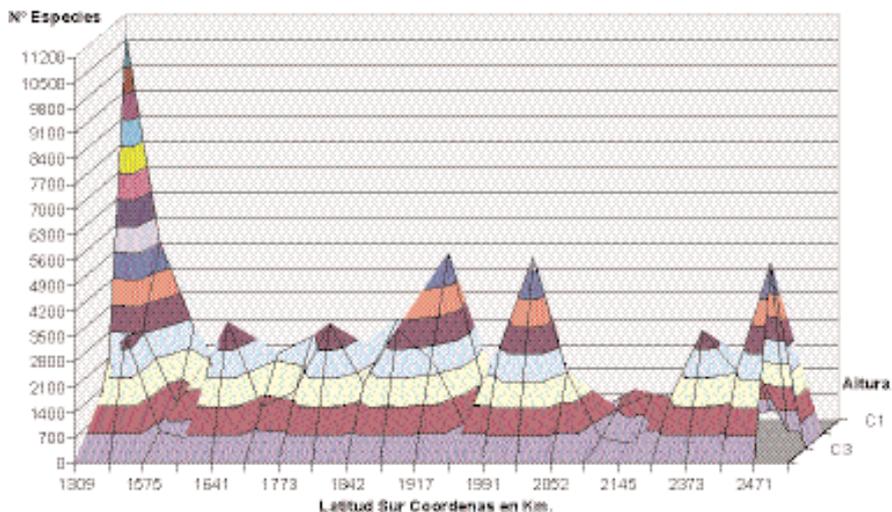
Si se observan los gráficos en el anexo del capítulo y el cuadro 15, se ve que el modelo tiene un poder predictivo elevado, existiendo desajustes en aquellas AP con elevada cantidad de especies endémicas y con pequeños tamaños de territorio. La falta de información sobre las especies endémicas no permitió introducir dentro el modelo una variable que hiciera posible relacionar el número de especies endémicas y las características geográficas. Esto es consistente con los análisis teóricos; ya que las especies endémicas suelen ocupar territorios muy reducidos con características geográficas muy peculiares<sup>68</sup>.

---

<sup>68</sup> Aquí se hace latente el efecto aislamiento visto en primera sección del artículo.

### Gráfico 14

## Simulación del número de especies de flora dada las características geográficas de Bolivia



Fuente: elaboración propia

La existencia de estos nichos ecológicos ricos en endemismos, hacen a las AP de Bolivia muy valiosas para la conservación de la biodiversidad mundial, además de poseer una riqueza de flora muy elevada que aún no ha sido estudiada ni analizada en forma exhaustiva (Navarro et al, 2004).

El presente modelo, puede dar pautas sobre las regiones donde deben realizarse mayores esfuerzos en la investigación botánica<sup>69</sup>, además de prestar información sobre las regiones donde se ha afectado una importante cantidad de especies de plantas vasculares. Esto, no sólo como indicativo de posibles extinciones de especies de flora; sino, de la pérdida de diversidad genética de especies importantes para la estructura de los ecosistemas y la economía de sus regiones.

<sup>69</sup> En especial en aquellas regiones donde se observaron menor cantidad de especies que las muestreadas; ya que esto puede indicar que se debe realizar un mayor esfuerzo de muestreo o que en la región existe un factor limitante que no está incorporado en el modelo.

Dentro del área de la restauración forestal es muy importante saber cuál es el potencial de flora de una región degradada; ya que a partir de este dato se puede determinar un objetivo en la diversidad de flora que se deba recuperar en una región con características particulares.

En el ámbito económico, es importante desarrollar planes de protección de la flora, no sólo para la creación de un mejor sistema de áreas protegidas que tenga una mejor representación de las ecoregiones del territorio boliviano; sino también para tener estrategias claras sobre otras regiones ricas en especies de flora que carecen en este momento de protección legal ante los avances de la actividad humana. “Sin conocimiento no es posible generar leyes; ya que, lo que no se mide no se controla” (anónimo).

Encarar a futuro un sistema de áreas protegidas de alta representatividad de especies de flora, debe iniciarse respondiendo el cuestionamiento que dio origen al presente trabajo de investigación. ¿Cuáles son las condiciones para la existencia de mayor o menor biodiversidad en una región?

El presente modelo, si bien tiene carácter exploratorio en este aspecto, permite responder, en parte la pregunta planteada al encarar en forma conjunta los factores que condicionan la existencia o no de mayor diversidad de flora, posibilitando corroborar muestreos realizados en campo o bien ver el número de especies afectadas por el desarrollo de actividades económicas de alto impacto, como la creación de infraestructura caminera o la exploración minera y petrolera. Además de brindar como información preliminar el número potencial de especies de flora que podrían haber existido en una región degradada, en la cual no existen muestreos de flora preliminares.

A su vez, el modelo permite analizar aspectos teóricos en forma conjunta, ya que, al usar metodologías de análisis de regresión múltiple se puede analizar el efecto de un conjunto de variables en un fenómeno dado. Ello permite ver las sinergias de los diversos factores geográficos en la distribución de la flora en una región determinada. El resultado principal de

este tipo de modelación, es el comprobar el carácter no lineal de la biodiversidad y su relación con las características geográficas de un territorio.

Este carácter no lineal en el comportamiento de la distribución de flora, describe en gran medida, porqué países con características geográficas muy variadas, como Bolivia, albergan un número muy importante de especies. Otra ventaja de desarrollar este tipo de modelaje, es la extrapolación de las predicciones a otros territorios y el mejoramiento continuo del ajuste de los parámetros estimados a partir de la incorporación de nuevas muestras al proceso de estimación.

Cabe recordar, que este modelo sirve para la región sudamericana (Neotropical), ya que la muestra utilizada, sólo contiene información sobre este tipo de territorio en específico, teniendo que controlarse por este factor posibles ampliaciones del modelo a otros continentes.

El modelo, al no tener una base de datos más representativa, cubre sólo el 14 % del territorio boliviano y a 16 de sus 17 ecoregiones, tiene limitaciones las cuales pueden ser subsanadas, ampliando la muestra empleada para el desarrollo de la misma. Esta limitación, no quita la importancia de desarrollar este tipo de modelos, ya que, son un punto de partida para evaluar políticas de protección de Biodiversidad y desarrollar estrategias a futuro.

#### **4.2. Implicaciones de la tasa descuento en proyectos de manejo de recursos naturales.**

El análisis económico, tiende a asumir que una unidad de beneficio o costo es más importante, en el momento presente que en el futuro. Esta disminución de la importancia, asociada a pérdidas y ganancias en el futuro se conoce como tasa de descuento. (Pearce y Turner, 1995).

Esta forma de enfocar el tiempo, contiene un sesgo inherente a dar mayor importancia a las generaciones presentes que a las futuras, por lo que este tipo de análisis, suele tener problemas en el manejo de los temas ambientales, donde el tiempo es parte del funcionamiento del sistema y no un discriminador.

Cuanto mayor sea la tasa de descuento, menor será la importancia asociada al futuro y, por tanto, será menor la probabilidad de que aceptemos la idea de conservar la existencia de capital natural. Este enfoque suele ser reforzado con la idea analizada con anterioridad, en la que el capital natural suele asociarse con un valor de uso igual a cero, por lo tanto, no hay un límite a explotarlo en el momento actual

La idea del descuento se explica por la existencia de las tasas de interés, la cual se puede ejemplificar como: Una unidad monetaria en el año 1, se convertirá en  $(1+r)$  unidades monetarias en el año 2, si el tipo de interés es de  $r$  por ciento. Siguiendo esta lógica, una unidad monetaria del año dos, valdría para nosotros  $(1/(1+r))$  unidades monetarias, por la sencilla razón de que si tuviéramos esta cantidad en el año 1, podríamos invertirla a un  $r$  por ciento el año 1 y obtener un adicional el año 2. Generalizando el procedimiento anterior sabemos que un beneficio -B-futuro tendrá un valor para nosotros en el año uno de  $(B_t / (1+r)^t)$ . (Pearce y Turner, 1995).

Una segunda fuente que permite explicar la tasa de descuento es la productividad del capital. La idea básica, consiste en que si dirigimos recursos a la inversión o formación de capital en lugar del consumo, estos recursos podrán proporcionar un mayor consumo más adelante que si los consumimos ahora. Esta actitud de inversión se realiza si los beneficios a futuro son mayores que los costos de impaciencia en el consumo.

Estos dos conceptos, permiten construir el tipo de preferencias temporales de la sociedad que son las que, en último caso, influyen en el comportamiento y aprovechamiento de los recursos de la sociedad, incluidos los recursos naturales.

Adicionalmente, la sociedad suele enfrentar dos puntos más, que influyen en su comportamiento a través del tiempo. El riesgo y la incertidumbre. Usualmente se plantea que un beneficio o un costo, se valoran menos cuanto mayor sea su incertidumbre. Como la incertidumbre crece con el tiempo, la valoración de beneficios o costos futuros es decreciente y puede llegar a ser cero.

La incertidumbre suele tipificarse de acuerdo a (Edwards, 2000):

1. Incertidumbre sobre la presencia del individuo en una fecha futura (el riesgo de muerte).
2. Incertidumbre acerca de las preferencias del individuo aún cuando su existencia se puede considerar cierta. (las preferencias de las personas cambian de acuerdo a las circunstancias y el tiempo).
3. Disponibilidad cierta del beneficio o la existencia del costo.

La incertidumbre se encuentra en todos los aspectos de la gestión de los recursos naturales, ya que, no se sabe con exactitud la magnitud de los stocks de recursos no renovables y renovables. Se ignora cual será la preferencia de las futuras generaciones por los recursos naturales; se ignora el nivel futuro de precios y costos de los recursos explotados. Estos aspectos nos llevan a considerar que si queremos mantener la dotación de recursos naturales que permitan un desarrollo sustentable, debemos actuar con extrema cautela, ya que, las decisiones que se toman respecto de la explotación de los recursos naturales son irreversibles, más aún, cuando se desconoce la exacta magnitud de las funciones que cumple el medio ambiente. (Jofré, 2001).

Así, la sociedad, al enfrentar este problema sobre las repercusiones futuras de su accionar, debe elegir que tipo de tasa de descuento debe utilizar. Si evaluamos el recurso desde el punto de vista privado, la tasa de descuento corresponderá a la tasa de interés a la cual un agente puede endeudarse o prestar dinero.

En el caso de la evaluación social, la tasa de descuento se puede conceptualizar: (a) como la tasa social de preferencia en el tiempo, es decir, la sociedad prefiere *per se* el consumo presente en vez del consumo futuro y (b) como el costo social de oportunidad, es decir, se toma en cuenta la productividad del capital que se genera por no consumir o no utilizar los recursos en el presente para obtener un consumo mayor en el futuro. Se puede demostrar que cuando existe competencia perfecta ambas definiciones coinciden. (Jofré, 2001).

Desde la perspectiva económica, si los recursos de una economía son asignados eficientemente, la tasa de descuento privada será igual a la tasa de descuento social. La realidad nos muestra que esto no ocurre así; porque la existencia de fallas en el mercado y el hecho que la sociedad y los privados asignan valores distintos a la prima por riesgo<sup>70</sup>, hacen que la tasa de descuento privada sea distinta a la tasa de descuento social.

Podemos agregar que sí los proyectos implican un mayor riesgo de los flujos futuros, la costumbre indica utilizar tasas de descuento más elevadas. No obstante, al actuar de esta forma se está sacrificando el bienestar de las generaciones futuras a favor de un mayor bienestar de la generación presente, lo que conduce a una explotación no sostenible del recurso natural que se está gestionando.

Por esto, autores como Pearce, D. et al. (1990) sugieren tasas de descuento más bajas para proyectos que involucren recursos naturales, e incluso se ha defendido la utilización de una tasa igual a cero.

“...En primer lugar, es algo ilegítimo, ya que no es posible desconocer que las personas descuentan el futuro, es decir, que no hay ninguna razón democrática para que la sociedad no haga lo mismo. En segundo lugar, cualquier disminución en la tasa de descuento aumenta el volumen de inversiones rentables, y en consecuencia el uso del tipo de recursos naturales y de facilidades medioambientales. En tercer lugar, tal solución es impracticable, ya que es imposible encontrar decisiones de inversión o de consumo que no afecten al medio natural...” (Gómez, 1994)

En el caso de los recursos naturales, la elección de la tasa para realizar la actualización de los flujos implica decidir, si los recursos los explotamos hoy o los dejamos para las generaciones futuras. Es decir, si pensamos en

---

<sup>70</sup> Tietenberg, T. (1992: 6) señala que “el costo de oportunidad del capital se puede separar en dos componentes: el costo libre de riesgo y la prima por riesgo. El costo del capital libre de riesgo es la tasa de retorno obtenida cuando existe plena certeza (es decir, no existe riesgo de obtener un resultado mayor o menor). La prima por riesgo es un costo adicional al capital requerido para compensar a los dueños del capital cuando el retorno actual y los esperados pueden diferir”.

la concepción del desarrollo sustentable<sup>71</sup> nos preocupará elegir una tasa de descuento que no restrinja o elimine las posibilidades para todas las generaciones venideras.

En su trabajo introductorio Pearce (1976), desarrolla un esquema cualitativo, que indica los posibles sesgos en el comportamiento del aprovechamiento de los recursos naturales dadas las distorsiones y externalidades existentes dentro una economía, siendo estos: (cuadro 16).

### Cuadro 16

#### Distorsión en el aprovechamiento de los recursos naturales

<i>Tipo de distorsión</i>	<i>Dirección de la desviación del óptimo</i>	
	<i>Subexplotación</i>	<i>Sobreexplotación</i>
Monopolio	X	
Tasa de descuento		X
Ausencia de mercados	X	X
Incertidumbre sobre la exploración	X	
Incertidumbre sobre la explotación		X
Generaciones futuras		X
Contaminación		X

*Fuente: Pearce, 1976.*

<sup>71</sup> Según Godard, 1994 se puede clasificar el concepto de sostenibilidad en tres grandes ramas, siendo estas:

Sostenibilidad muy débil de Solow; En esta concepción, un esquema de crecimiento es sostenible si él permite conservar de manera indefinida la capacidad productiva de las sociedades humanas. Teniendo en cuenta que el capital no se limita a los equipos productivos, sino que él comprende también los activos que contribuyen a generar bienestar en el futuro tales como saber y activos naturales (Solow, 1992). El planteamiento de esta visión es que el capital natural, a excepción de los activos únicos, es sustituible por capital artificial manufacturado.

Sostenibilidad débil: esta concepción no se diferencia mucho de la primera, salvo que tiene en cuenta las restricciones que imponen los límites físicos a la sustitución entre capital natural e artificial. Así, la preocupación por respetar estas restricciones hace que finalmente estemos en el mismo paradigma que en el caso de sostenibilidad muy débil: Conservar las cantidades totales de capital artificial y natural.

Sostenibilidad Fuerte. En este caso la sustitución entre capital natural y artificial se plantea como imposible. Así, toda degradación del capital natural exige entonces su restitución teniendo en cuenta sus especificidades físicas y el hecho que desde el punto de vista ético estamos obligados a transmitir a nuestros descendientes el capital natural intacto (Costanza et al, 1992). De esta manera, en esta visión se presenta un salto conceptual bastante importante con respecto a otras corrientes de desarrollo sostenible: la imposibilidad de sustituir los capitales natural y manufacturado'. (Lopera, 2003)

En este esquema, observamos los posibles efectos que pueden ocasionar la adopción de diferentes tasas de descuento, así como la existencia de incertidumbre en el manejo de la información, que va ligada de hecho a la tasa de descuento empleada en el proceso de toma de decisión, en el desarrollo de las actividades petroleras.<sup>72</sup>

La percepción que se quiere rescatar de esta revisión de antecedentes acerca del manejo de la tasa de descuento, es que la misma está influenciada por diversos factores, los cuales deben ser tomados como restricciones al momento de desarrollar políticas públicas sobre el manejo de los recursos, sean estos renovables o no- renovables. (Lopera, 2003).

En el siguiente capítulo, analizaremos la repercusión del escoger diferentes tasas de descuento en el proceso de optimización de extracción de recursos no renovables, en el caso específico de la economía boliviana.

---

<sup>72</sup> Aquí recordemos que Hotelling propone en 1931 una gestión según la cual la cantidad del recurso puede ser asimilado a un stock de capital bajo tierra. Así, el objetivo del propietario del recurso será maximizar el valor presente neto de su stock. De esta manera, si el propietario extrae rápidamente las reservas de la mina, hará caer el precio a cero. Contrariamente, si extrae las reservas lentamente, el precio se hará mayor y por ende los ingresos serán más importantes. De otro lado, como según el modelo de Hotelling para propietario de las reservas éstas no son otra cosa que un capital bajo tierra, su tasa de producción estará determinada por la tasa de interés del mercado. Así, esta es alta para el propietario de las reservas será más atractivo extraerlas a una tasa alta con fin de obtener capital que pueda colocar en el mercado financiero. De otro lado si la tasa de interés es baja, para el propietario de reservas es más atractivo dejar las reservas bajo tierra hasta que los precios se elevan tal que sea rentable extraer el producto. (Lopera, 2003).

## Anexo Capítulo IV Estimaciones y pruebas estadísticas sección 4.1.3

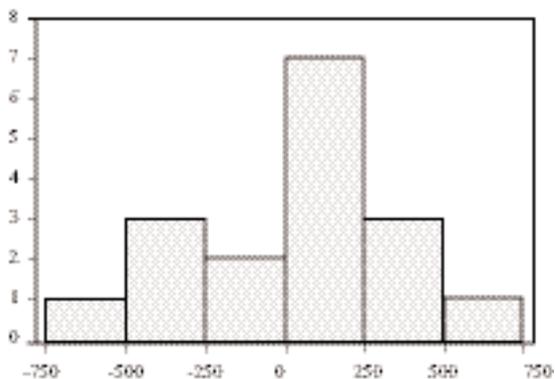
**Cuadro 17**

**Estimación por Mínimos cuadrados ordinarios de número de especies de flora en función a variables geográficas y climáticas**

Variable dependiente: Ln Flora				
Método: MICO				
Variable	Coefficiente	Std. Error	t-estadística	Prob.
Área	0.51287	0.12283	4.17556	0.001
RPB	1.44065	0.41712	3.45382	0.005
Precipitación	0.36556	0.16633	2.19785	0.048
Altura	-2.20087	0.78666	-2.79773	0.016
COOR	-0.00228	0.00065	-3.48885	0.005
R-Cuadrado	0.732801	R-Cuadrado ajustado		0.6437
Estadístico de Durbin-Watson				2.65256

**Cuadro 18**

**Prueba de normalidad de los residuos de la estimación por máxima verosimilitud**



**Cuadro 19**  
**Descriptores de Prueba de Normalidad**

<i>Desviación estándar</i>	307
<i>Media</i>	65
<i>Máximo</i>	537
<i>Mínimo</i>	-666
<i>Jarque- Bera</i>	0.9158
<i>Probabilidad</i>	0.6326

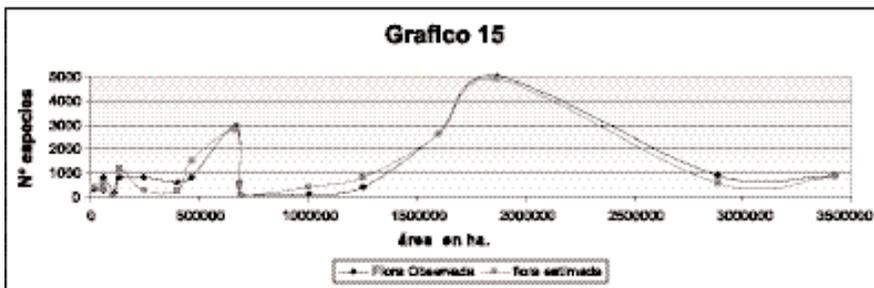
En los cuadros anteriores, se pueden comparar los parámetros estimados por ambos métodos, estando todos en un rango de entre una y dos desviaciones estándar, por lo que estadísticamente son muy similares. Se usa el método de máxima verosimilitud porque sus propiedades hacen que se tenga un mejor ajuste en modelos predictivos que las estimaciones realizadas por MCO, esto se puede observar en las gráficas 15 a la 18, en las que se ordenan los datos observados de flora con las estimaciones realizadas por el modelo, tomando como punto de referencia las variables analizadas. Cuadro 20.

**Cuadro 20**  
**Pruebas de Raíz unitario de los residuos de la estimación 17**

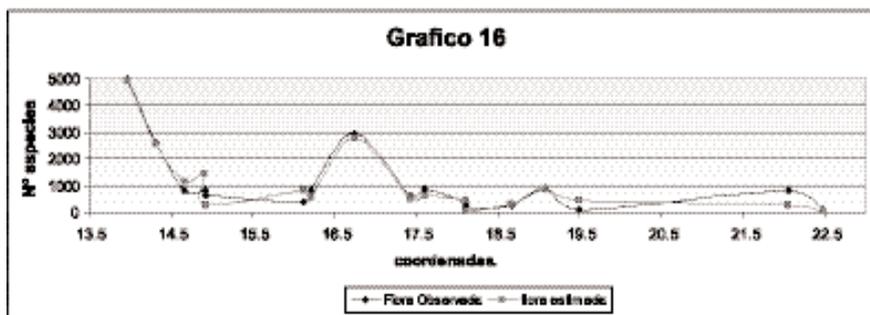
Prueba de raíz unitaria		t-estadística	Prob.*
Prueba Estadística Dickey-Fuller aumentado		-6.797341	0.0001
Valores críticos asintóticos:	1% level	-4.05791	
	5% level	-3.11991	
	10% level	-2.701103	

\*MacKinnon (1996).

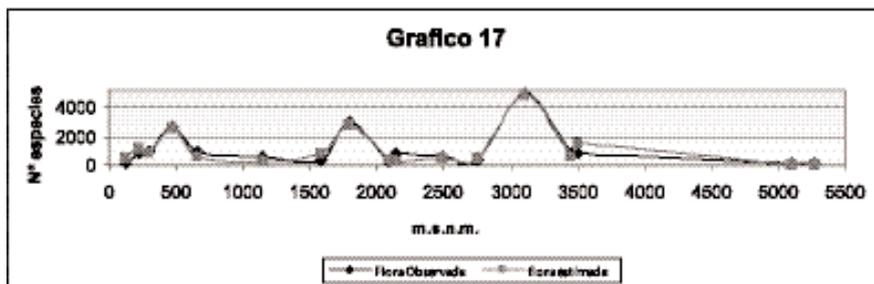
**Simulación de distribución de flora en Bolivia**  
**Espacios vs. tamaño del área protegida**



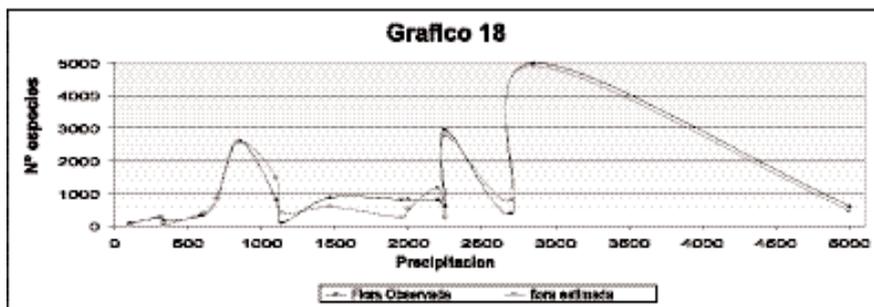
### Espacios vs. latitud



### Espacios vs. nivel del mar



### Espacios vs. precipitación





## **APLICANDO EL MÉTODO DE OPTIMIZACIÓN DINÁMICA PARA LA EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO EN ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN BOLIVIA**

A lo largo del presente texto, se desarrolló una metodología que establece la magnitud del resarcimiento económico, que deben pagar las empresas que realizan actividades extractivas dentro las áreas protegidas, con base en las características biogeográficas más relevantes de las mismas; la disposición a pagar por dichas áreas por parte del Estado (como agente productivo) y de las organizaciones internacionales como representantes de la comunidad internacional.

En el capítulo dos, se estableció un sistema de ecuaciones dinámicas que abstraen el comportamiento general de las empresas extractivas (petroleras y mineras), y su relación ante la incorporación de los daños ambientales en su sistema de costos. Usándose como base de referencias, los modelo desarrollados por Pindyck (1978) y Olivera y Grigoriu (2005).

Mientras que en los capítulos tres y cuatro, se calculó el valor monetario que la sociedad estaría dispuesta a pagar por conservar los hábitats sin daños antropogénicos y las relaciones entre las características biogeográficas y de biodiversidad (cantidad de especies de flora y fauna)

existente en una AP. Adicionalmente, se analizó las principales implicancias de la tasa de descuento y la existencia de incertidumbre en el sistema de ecuaciones. Todo ello para poder determinar los precios sombra de las relaciones encontradas en el sistema de ecuaciones y con ellas, los montos que se deberían establecer como resarcimiento por los daños ocasionados al ambiente.

En este capítulo, se procederá a estimar las ecuaciones específicas del sector hidrocarburos, para evaluar los precios sombra del sistema. Teniendo así, las simulaciones de políticas de resarcimiento de los daños ocasionados por actividades extractivas a las áreas protegidas. Para ello, se analiza la función de comportamiento del proceso de explotación y exploración de la actividad petrolera en Bolivia, así como el comportamiento de la rentabilidad del sector petrolero a nivel mundial; ya que las empresas establecidas en Bolivia deben obtener tasas de rentabilidad similares, evitando que las empresas reubiquen sus capitales en otras regiones del planeta.

### 5.1. Análisis de caso: el valor de las áreas protegidas y la explotación petrolera

La estructura de costos del sector petrolero puede abstraerse al analizar el sistema de ecuaciones del hamiltoniano visto en la sección 2.4. de la presente investigación. Ecuación número 51.

$$51. \quad \hat{H} = \left\{ \phi * P(t)q(t) - \left( a + bX^k(t) + zM + (w/(R(D, X, q, t)q(t))) + gq(t) \right) \right. \\ \left. + \lambda_1 X_1(FL, t) + X^u(t)C^u(FL, t) \right. \\ \left. + \lambda_4(\alpha X^d - \beta D) + \lambda_2(\alpha X^d - \beta D - q(t)) + \lambda_3(kX^{k-1} * G^g) \right\}$$

En ella, puede observarse que los precios del sector petrolero ( $P_{(t)}$ ), así como el monto de los impuesto o regalías, denotados como  $\phi$ , y la cantidad de petróleo extraído ( $q_{(t)}$ ) son determinantes para observar el comportamiento del sector. De estas variables, las empresas sólo tienen control de la cantidad de petróleo extraído; ya que, los precios son establecidos a través del sistema de bolsa, dominada por la existencia de un cartel de productores de petróleo a nivel mundial y el monto de los

impuestos está establecido en forma exógena, de acuerdo a la legislación del país propietario del recurso, en este caso Bolivia.

Los costos del sector pueden dividirse en tres grandes rubros: la exploración, la explotación y el daño ambiental. Del último rubro, se procedió a calcular, su función de comportamiento y sus respectivas restricciones en las secciones anteriores, quedando por calcular las funciones de exploración y explotación del sistema, así como el comportamiento del sector hidrocarburos a nivel local y mundial.

### **5.1.1. Los precios del petróleo y la rentabilidad petrolera**

Uno de los sectores de mayor incidencia en la economía mundial, es el sector hidrocarburos; porque, influye en forma directa en todas las actividades productivas de la economía mundial, dado que el petróleo y sus derivados son los insumos para la generación de energía. (WRI, 2005).

El comportamiento del sector está condicionado por los niveles de consumo y reservas internacionales de petróleo. Ante nuevos descubrimientos de petróleo, se prevén caídas en el precio del barril de petróleo, estando el comportamiento predicho por la curva de Hubbert, la cual muestra una relación logística entre la disponibilidad de un bien, nuevos descubrimientos y su nivel de precios ante una demanda creciente. (Oseguera, 2005; Probost, 2002).

El sector hidrocarburos, sufre de muchas distorsiones en su comportamiento, desde aumentos repentinos de la demanda por la rigurosidad de olas de calor o frío en el hemisferio norte del planeta, hasta la existencia de un cartel de países productores de petróleo, la OPEP (Shields, 2005; Sánchez et al, 1989); así como grandes bloques de consumo y producción que influyen en su precio y cantidad de producción<sup>73</sup>.

Además de existir un elemento que da mayor volatilidad al comportamiento de sus precios, los principales países productores de este

---

<sup>73</sup> Esto se puede evidenciar al ver las relaciones comerciales existentes entre la Unión Europea y Rusia, con respecto a la provisión de gas natural para los sistemas de calefacción de esta región y la relación entre la OPEP y los principales mercados de consumo en Asia y Europa.

insumo se encuentran en una de las regiones con mayor cantidad de enfrentamientos bélicos del planeta; por lo que cualquier brote de violencia genera expectativas de alzas en los precios que repercuten en todo el mercado de petróleo. (Ortega, 2000).

Una de las características adicionales del sector es la existencia de grandes países productores que poseen el control de la producción dentro su territorio<sup>74</sup> y empresas que compiten por campos petrolíferos en otras regiones en un esquema de mercado. (Stevens, 2001).

En el caso de Bolivia, dada su actual legislación, conviven ambos esquemas; si bien existe una empresa estatal que controla muchos aspectos de la cadena productiva de petróleo, también existen grandes empresas que realizan labores de exploración y explotación de hidrocarburos en el país, de hecho existen más de veinte empresas con contratos relacionados en alguna actividad de la cadena productiva del sector dentro el país. (Villegas, 2006, Olivera y Grigoriu, 2005).

El análisis empírico que se realiza en el trabajo de investigación, se enfoca en dos de estas empresas que guardan una relación más directa con la empresa estatal Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos -YPFB-, siendo estas: la empresa Andina y Chaco, ambas socias directas de YPFB vía el esquema de capitalización del sector que daba el control del 51% del capital a socios estratégicos. Luego de una reestructuración del sector que sigue en proceso, dicha relación paso a ser del 49% del capital para el socio estratégico.

Dicha reestructuración, también cambió los montos de impuesto, vía regalías, del 18% a un 50% del precio del barril de petróleo puesto en boca de pozo a partir del año 2006.

Las empresas Andina y Chaco si bien son socias del Estado boliviano, tienen un comportamiento de empresas privadas que tratan de maximizar su utilidad y por ello, suelen tener visiones diferentes al Estado boliviano. Respecto a, tasas de descuento, cantidades de producción, manejo de

---

<sup>74</sup> Aquí podemos citar a Arabia Saudita, México, Venezuela entre otros.

reservas, niveles de exploración y sobre todo al manejo del ambiente donde se desarrolla la actividad extractiva.

Esta conducta se ve influenciada por el comportamiento general del sector petrolero a nivel mundial, es decir, las actividades realizadas dentro el territorio del Estado Boliviano deben tener tasas de retorno similares a las realizadas a nivel mundial, obviamente, salvando diferencias respecto a costos y características locales. De otra forma, a las empresas les conviene invertir sus capitales en otras regiones petroleras. (Manzo et al, 2005).

Se infiere a partir de información de bolsa, el comportamiento de la tasa de rentabilidad del sector hidrocarburos a nivel mundial que, influye directamente sobre la estructura de costos y producción de las empresas privadas en Bolivia. Se supone una función logística descrita en la ecuación siguiente. (Manzo et al, 2005):

$$89. \quad \Delta(t) = \frac{Ae^{\delta t}}{C + e^{\delta t}}$$

La misma indica que la tasa de utilidad tiende a crecer en el tiempo, dada su estructura de costos y posibilidades de sustitución con otro tipo de insumos energéticos alternativos, esta tasa tiene un límite.

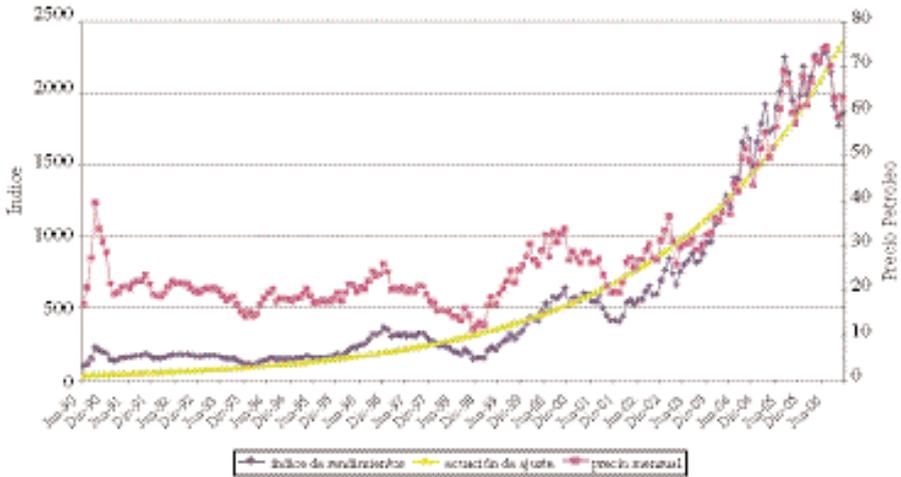
Para la estimación de esta función de comportamiento, se usaron datos de la rentabilidad mensual reportada del sector en Bolsa (Stevens, 2001; Bloomberg, 2005), de las empresas Lehmann, Goldman Sachs y Merrill Lynch desde el año 1990 a diciembre del 2006. Para ello se realizó una aproximación mediante una función de máxima verosimilitud, la cual dio como resultado la siguiente ecuación de comportamiento:

$$90. \quad \Delta(t) = \frac{7816803e^{0.021t}}{203056 + e^{0.021t}}$$

Esta ecuación, muestra que la rentabilidad del sector va en crecimiento, sin vislumbrarse aún, un techo en la función, es decir, el sector tiene posibilidades de mayores tasas de retorno; pero las mismas implican

que otro tipo de fuentes de energía alternativas sean rentables, por lo que se espera que se apliquen restricciones de carácter político y de negociación de mercado para equilibrar el precio en un rango de tasas algo menor al actual. Ver Gráfico 19. Dicha ecuación se usará para estimar los precios sombra de las empresas socias del Estado Boliviano.

**Gráfico 19**  
**Comportamiento del sector petrolero a nivel mundial**



**5.1.2 La función de costos de exploración del sector petrolero en Bolivia.**

La función de costos de exploración fue considerada de acuerdo a la siguiente función de comportamiento:

$$91. \quad C_q = a + bX^h(t)$$

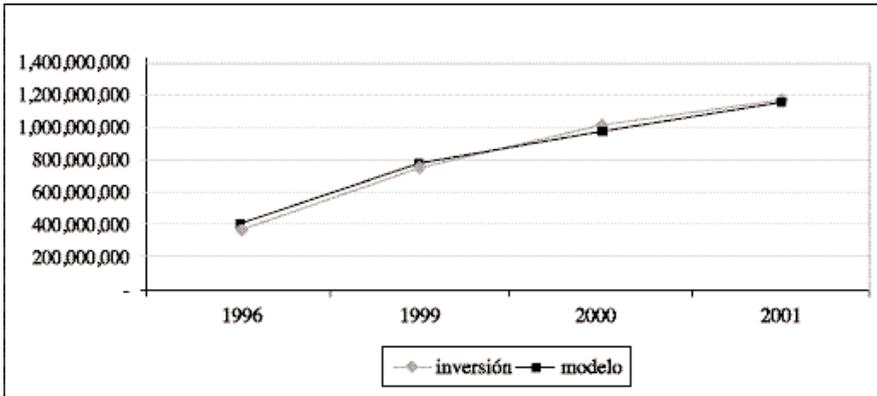
$$a > 0 \quad b > 0 \quad h > 0 \quad h \leq 1$$

Lo cual muestra que una unidad adicional de exploración es cada vez más barata, por la existencia de aprendizaje en el proceso de exploración.

Analizando la estructura de costos del sector entre los años 1998 y 2001 en Bolivia, observamos que la función de comportamiento se cumple

para los datos del sector, Grafico 20. Dando como resultado, una estructura en la cual prevalece una relación de costos más barata a lo largo del tiempo, mostrando un proceso de aprendizaje, la cual se puede observar en los reportes del sector hidrocarburos de las empresas capitalizadas en Bolivia.

**Gráfico 20**  
**Modelo del costo de exploración sector hidrocarburos en Bolivia**



$$92. \quad C_{\varphi} = 3 + 69.44X^{0.95}(t)$$

El ajuste del modelo se realizó a través de un proceso de máxima verosimilitud, teniendo un error de estimación menor al 10%.

### 5.1.3. La función de costos de explotación del sector petrolero en Bolivia.

El costo de extracción en cualquier momento del tiempo, varía inversamente con el nivel de reservas conocidas.

$$93. \quad C_{xt} = \left\{ \left( w / (R_{(D,X,q,t)}) * q_{(t)} \right) \right\}$$

Esto implica que, cuando las reservas tienden a cero, se hace restrictiva la producción; ya que el costo tendería a infinito, quedando sin aprovechar una parte del yacimiento. Se debe destacar, que esta especificación supone

un costo medio de producción que no varía según el nivel de extracción, el cual es marcado por  $w$  y varía según la empresa que es analizada<sup>75</sup>. (Edwards, 2003, Varian, 1990)

El factor fijo  $w$ , fue calculado con base en un proceso de estimación de máxima verosimilitud, teniendo un error de estimación menor al 10%. La estimación es consistente con los informes de sector hidrocarburos, realizado por la comisión de revisión del proceso de capitalización en Bolivia. (cuadro 21)

Cabe destacar que la estructura de costos de ambas empresas, tiene un peso muy fuerte en cuanto a costos administrativos, dichos costos pueden indicar un pago excesivo de royalties por el uso de tecnología o el posible incremento en los salarios de altos funcionarios y/o el incremento en la contratación de servicios de otras empresas, lo cual distorsiona el verdadero costo de producción del petróleo en dichas empresas.

**Cuadro 21**  
**Producción de petróleo en empresas capitalizadas en Bolivia**

Empresa	Año	Cantidad Producida (barriles de petróleo)	Reserva (barriles de petróleo)	W
Andina	1998	3,826,295	73,816,295	<b>63,995,782</b>
	1999	3,239,010	69,990,000	
	2000	3,244,485	65,360,285	
	2001	3,125,495	62,115,800	
	2002	3,116,735	57,534,200	
	2003	2,803,565	53,412,959	
Chaco	1998	4,161,730	46,251,730	<b>53,733,932</b>
	1999	3,160,535	42,090,000	
	2000	2,727,645	43,031,145	
	2001	3,353,985	40,303,500	
	2002	3,636,130	47,042,938	
	2003	3,264,925	43,778,013	

*Fuente: Informes del sector Hidrocarburos 1998-2003, elaboración propia*

<sup>75</sup> En este caso son dos empresas en las cuales se basa el análisis, siendo estas las empresas Chaco y Andina.

## 5.2. Los precios sombra del sector hidrocarburos en Bolivia

La estimación de los precios sombra del sistema de ecuaciones planteado, permitirá establecer el comportamiento de las tres variables de co-estado del sistema  $l_{(1,2, y 3)}$  que representan:

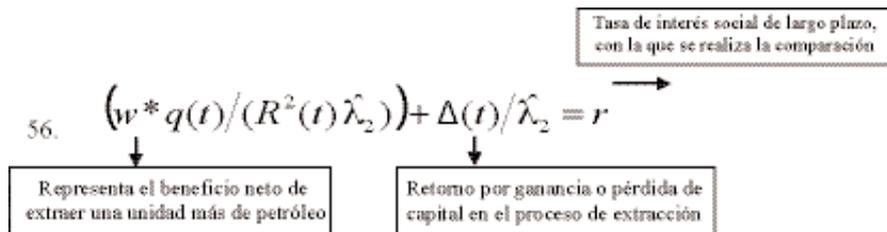
- Precios sombra del impacto sobre los beneficios futuros por descubrir una unidad más de petróleo;
- Beneficios futuros de tener una unidad menos de petróleo por ser extraída en el presente;
- Así como la cantidad que la empresa podría pagar por afectar una unidad de superficie mediante el proceso de exploración y/o explotación, respectivamente

Las estimaciones son aproximaciones y muestran el comportamiento del sector con base en la información existente y los supuestos especificados en cada uno de los casos, sirviendo en una primera instancia, como indicadores del posible comportamiento de estas empresas ante cambios en el sistema de costo de las mismas.

### 5.2.1. El precio sombra de tener una unidad menos de petróleo

Por razones de cálculo, se procedió a estimar en una primera etapa, el precio sombra por tener una unidad menos de petróleo; ya que, la valuación de la misma se hace sin la interrelación con los otros precios sombra de acuerdo a las ecuaciones 52 y 56 de la sección 2.4.

$$52. \quad d\hat{H}/dq(t) = \phi * P(t) - \left\{ (w/R(t) + (w * q(t) * R_2/R^2(t) + g) - \hat{\lambda}_2 \right\} = 0$$



Entonces, se procedió a sustituir los precios de petróleo de referencia en Bolivia; la tasa de regalías del país, dieciocho por ciento desde el año 1998 al 2005; el precio promedio de transporte por barril de petróleo, el cual es una tasa fija de 41 centavos de dólar por barril; así como la cantidad extraída de petróleo; la cantidad de reservas y el establecimiento de la tasa de precio fijo de extracción. Calculando así el precio sombra por la extracción de una unidad adicional de petróleo, la cual, tiene un precio promedio entre los años 1998 -2003 de más de dieciocho dólares americanos. Ver Cuadro 22.

**Cuadro 22**  
**Comportamiento del sector petrolero a nivel mundial**

<b>Año</b>	<b>Precio promedio barril de petróleo en dólares</b>	<b>Índice de retorno del Sector</b>
<b>1998</b>	14.58	209
<b>1999</b>	19.64	255
<b>2000</b>	29.74	508
<b>2001</b>	25.24	535
<b>2002</b>	26.56	567
<b>2003</b>	30.84	818
<b>2004</b>	41.60	1355
<b>2005</b>	57.28	1918
<b>2006</b>	67.50	2097

*Fuente: Informe de Bloomberg, elaboración propia*

Con la ecuación 56 de la sección 2.4, se calculó el beneficio por extraer una unidad adicional de petróleo, la tasa de retorno por ganancia de capital y la tasa de descuento de las empresas entre los años 1998 y 2003, como se ve en el Cuadro 23. El beneficio marginal promedio entre estos años por extraer una unidad adicional de petróleo es de 4 centavos de dólar por cada barril de petróleo; dando una tasa de retorno por ganancia de capital promedio de casi veinticinco por ciento; lo que da una tasa de descuento en promedio para estos años, muy similar a la tasa de retorno de capital.

**Cuadro 23**  
**Comportamiento de las tasas de descuento y retorno de capital del sector petrolero en Bolivia**

EMPRESA	AÑOS	PRECIO SOMBRA $\lambda_2$	BENEFICIO POR EXTRAER UNA UNIDAD ADICIONAL	RETORNO POR GANANCIA DE CAPITAL	TASA DE DESCUENTO
ANDINA	1998	10.72	0.0042	0.20	0.191
	1999	14.82	0.0029	0.17	0.170
	2000	23.04	0.0021	0.22	0.218
	2001	19.30	0.0027	0.28	0.274
	2002	20.31	0.0030	0.28	0.276
	2003	23.74	0.0026	0.34	0.342
CHACO	1998	10.75	0.0073	0.19	0.187
	1999	14.51	0.0066	0.18	0.169
	2000	22.81	0.0035	0.22	0.219
	2001	19.06	0.0058	0.28	0.275
	2002	20.31	0.0043	0.28	0.275
	2003	23.74	0.0039	0.34	0.341
<b>Promedio</b>		<b>18.59</b>	<b>0.004</b>	<b>0.249</b>	<b>0.245</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Con este esquema de costos, se realizó una simulación entre los años 2004 y 2006, en los cuales hubo un comportamiento favorable en los precios del petróleo, dados por la guerra en el golfo pérsico, los cuales duplicaron el precio del petróleo de referencia, elevando tanto los precios sombra como los demás indicadores de utilidad por la extracción de una unidad adicional de petróleo; a pesar de que en el último año se incrementó la tasa de regalías de 18 a 50 por ciento ante los cambios estructurales acaecidos en Bolivia. Ver Cuadro 24.

**Cuadro 24**  
**Simulación de las tasas de descuento y retorno de capital del sector petrolero en Bolivia entre los años 2004 - 2006**

SIMULACION PROMEDIO	AÑOS	PRECIO SOMBRA $\lambda_2$	BENEFICIO POR EXTRAER UNA UNIDAD ADICIONAL	RETORNO POR GANANCIA DE CAPITAL	TASA DE DESCUENTO
	2004	32.38	0.0022	0.42	0.416
	2005	45.12	0.0018	0.43	0.423
	2006	31.93	0.0024	0.66	0.654

Fuente: Elaboración Propia

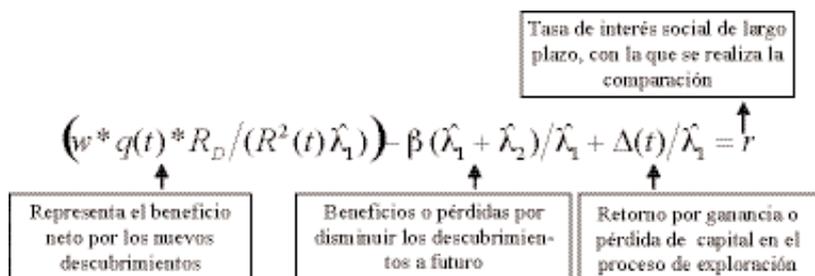
El incremento en los precios, eleva a tasas por encima del sesenta por ciento el retorno al capital de dichas empresas, elevando la tasa de descuento en igual medida, dejando en una mala disposición a la conservación del ambiente; puesto que con incrementos de la tasa de descuento, se pone en mayor riesgo la conservación del ambiente ante una posible sobreexplotación del recurso (Pearce, 1976; Lopera, 2003).

**5.2.2. El precio sombra por el descubrimiento de una unidad adicional de petróleo**

Con base en el cálculo del precio sombra por la extracción de una unidad adicional de petróleo y sustituyendo en la ecuación 54 de la sección 2.4, se procedió a estimar el precio sombra por descubrir una unidad más de petróleo.

53. 
$$d\hat{H}/dD(t) = (w * q(t) * R_D / R^2(t)) - \beta (\hat{\lambda}_2) + \Delta(t) = +(r + \beta)(\hat{\lambda}_1)$$

Despejando r:



En la valuación del precio sombra, surge un coeficiente que requiere un especial interés, Beta ( $\beta$ ), que representa la reducción de probabilidades de encontrar nuevos pozos petroleros a medida que se hacen nuevos descubrimientos; ya que, este factor condiciona en forma directa el beneficio o pérdida que pueda tener una empresa al momento de realizar el proceso exploratorio.

Dadas la condiciones geológicas de Bolivia y el historial en procesos exploratorios previos, la reducción de probabilidades de encontrar un nuevo pozo es del 52 por ciento, siendo una de las regiones petroleras con mayor probabilidad de éxito del planeta (Informe de hidrocarburos, 2003). A pesar de esta condición y a la alta cotización de precios del petróleo entre 1998 a 2003, los precios sombra de los nuevos descubrimientos son negativos. Una de las razones de ello, es que el proceso exploratorio es muy costoso y con altas probabilidades de ser negativo, llevando a una subexploración del territorio. (Pearce, 1976; Lopera, 2003). Cuadro 25.

**Cuadro 25**  
**Comportamiento del sector petrolero ante nuevos descubrimiento de hidrocarburos**

EMPRESA	AÑOS	Precio Sombra Nuevos descubrimientos $\lambda_1$	Beneficio neto por nuevos descubrimientos	Perdidas por disminuir descubrimientos futuros	Retorno por ganancia de capital	Tasa de descuento Variable
<b>ANDINA</b>	1998	- 4.580	0.005	- 0.644	- 0.457	0.191
	1999	- 7.049	0.003	- 0.529	- 0.362	0.170
	2000	- 8.602	0.003	- 0.806	- 0.590	0.218
	2001	- 5.224	0.005	- 1.294	- 1.024	0.274
	2002	- 5.443	0.005	- 1.311	- 1.041	0.276
	2003	- 3.942	0.008	- 2.410	- 2.076	0.342
<b>CHACO</b>	1998	- 4.653	0.008	- 0.629	- 0.450	0.187
	1999	- 6.861	0.007	- 0.535	- 0.372	0.169
	2000	- 8.447	0.004	- 0.816	- 0.601	0.219
	2001	- 5.103	0.010	- 1.313	- 1.048	0.275
	2002	- 5.470	0.008	- 1.303	- 1.036	0.275
	2003	- 3.964	0.011	- 2.394	- 2.064	0.341
<b>Promedio</b>		<b>- 5.78</b>	<b>0.005</b>	<b>- 1.17</b>	<b>- 0.93</b>	<b>0.24</b>

Fuente: Elaboración Propia

Existe un beneficio neto positivo por nuevos descubrimientos de 5 centavos en promedio en los años de análisis; a pesar de lo cual, hay pérdidas por disminuir descubrimientos futuros, dados los escenarios de incrementos del precio de petróleo en el mediano plazo, así como una pérdida en capital al desarrollar actividades de exploración, todo lo cual está acorde al comportamiento del sector en Bolivia. El sector ha dedicado sus esfuerzos en consolidar los pozos existentes y con ellos las reservas probadas por cada empresa, en vez de arriesgar a desarrollar proyectos nuevos de perforación. (Informe de hidrocarburos, 2003).

Para enmarcar mejor el análisis, se desarrollaron dos escenarios de comportamiento de la exploración, considerando una tasa de descuento variable, la cual, establece las prioridades de las empresas ante el escenario de precios y regalías actuales; y otra con una tasa de referencia fija, usando para ello, la tasa de descuento de largo plazo de la inversión estatal en Bolivia, la cual es del trece por ciento. Si analizamos ambos contextos vemos que no existe una diferencia sustancial entre ambos escenarios. Cuadro 26

Cuadro 26

## Comportamiento del sector petrolero usando una tasa de descuento fija

EMPRESA	AÑOS	Precio sombra nuevos descubrimientos $\lambda_1$	Beneficio neto por nuevos descubrimientos	Perdidas por disminuir descubrimientos futuros	Retorno por ganancia de capital	Tasa de descuento fija
ANDINA	1998	- 5.039	0.004	- 0.541	- 0.416	0.130
	1999	- 7.506	0.003	- 0.468	- 0.340	0.130
	2000	- 9.847	0.002	- 0.643	- 0.516	0.130
	2001	- 6.461	0.004	- 0.954	- 0.828	0.130
	2002	- 6.745	0.004	- 0.966	- 0.840	0.130
	2003	- 5.313	0.006	- 1.665	- 1.540	0.130
CHACO	1998	- 5.091	0.007	- 0.534	- 0.411	0.130
	1999	- 7.305	0.006	- 0.473	- 0.350	0.130
	2000	- 9.683	0.004	- 0.651	- 0.524	0.130
	2001	- 6.315	0.008	- 0.969	- 0.847	0.130
	2002	- 6.766	0.006	- 0.961	- 0.837	0.130
	2003	- 5.335	0.008	- 1.656	- 1.534	0.130
<b>Promedio</b>		<b>- 6.78</b>	<b>0.01</b>	<b>- 0.87</b>	<b>- 0.75</b>	<b>0.130</b>

Fuente: elaboración propia

Desarrollando un proceso de simulación para ambas empresas entre los años 2004 -2006, observamos que el comportamiento se repite, salvo el año 2006 en el cual, el proceso de exploración da beneficios netos negativos; ya que, ante un incremento en la cantidad de reservas el precio en forma general tendría una tendencia a la baja en su precio. No obstante de tener tasas de retorno al capital positivas, debido al aumento en las probabilidades de obtener buenos resultados ante la subida de los precios. Cuadro 27.

**Cuadro 27**  
**Simulación del comportamiento del sector petrolero usando una tasa de descuento fija 2004 - 2006**

Simulación	Año	Beneficio neto por nuevos descubrimientos $\lambda_1$	Perdidas por disminuir descubrimientos futuros	Retorno por ganancia de capital	Tasa de descuento Fija
Tasa Fija	2004	0.010	-4.183	-4.064	0.130
	2005	0.009	-4.769	-4.649	0.130
	2006	-0.004	2.147	2.281	0.130
Tasa Variable	2004	0.015	-6.370	-5.969	0.416
	2005	0.014	-7.294	-6.884	0.423
	2006	-0.008	3.580	4.242	0.654

Fuente: Elaboración Propia

**5.2.3. El precio sombra por afectar una unidad de superficie mediante el proceso de exploración y/o explotación, dada su cobertura vegetal**

El precio sombra por afectar una unidad adicional de superficie, depende en su estimación de tener valorados los precios sombra de exploración y explotación del sistema, según la ecuación 53 de la sección 2.4.

$$52. \quad \frac{d\hat{H}}{dX(t)} = -(hbX^{b-1}(t)) - (w * q(t) * R_x / R^2(t)) - \tau_1 - \mu X^{\mu-1}(t) C^0(t) + (\hat{\lambda}_1 + \hat{\lambda}_2)(d\alpha X^{d-1}) + \hat{\lambda}_3((1-k)kX^{(k-1)-1} * G^0) = 0$$

Adicionalmente, se debe calcular el valor de la relación de los esfuerzos de exploración y la cantidad de descubrimientos, para tener todos

los coeficientes que permitan calcular el precio sombra. Para tener este valor se supondrán las siguientes relaciones:

$$94. \quad D'(t) = F(x, D); \quad f_x > 0; \quad f_D < 0; \quad D(0) = D_0$$

Esta relación indica que, mientras mayor sea el esfuerzo de exploración, mayores serán los descubrimientos, y mientras más se haya descubierto, más difícil es descubrir nuevas reservas. Para simplificar, se supondrá:

$$95. \quad D'(t) = F(x, D) = \alpha X^d(t) - \beta D \quad \alpha > 0 \quad d \geq 1 \quad \beta > 0$$

Donde Alfa ( $\alpha$ ) es un parámetro de comportamiento que representa la relación existente entre los esfuerzos de exploración en  $t$  y el hallazgo de nuevos pozos petroleros, elevado a un exponente ( $d$ ) mayor-igual que uno, representando la acumulación de conocimiento y el aprendizaje en el proceso de exploración y prospección. Beta ( $\beta$ ) representa la reducción de probabilidades de encontrar nuevos pozos petroleros a medida que se hacen nuevos descubrimientos.

Utilizando información sobre nuevos descubrimientos y los esfuerzos de exploración realizados entre los años 1997 al 2003, se estimaron las relaciones faltantes.

$$96. \quad D'(t) = F(x, D) = 209.8X^{1.04}(t) - 0.52D$$

El ajuste del modelo, se realizó a través de un proceso de máxima verosimilitud, teniendo un error de estimación menor al 10%.

A partir de esta estimación y utilizando los valores y los coeficientes de todo el sistema de ecuaciones, se procedió a valorar el precio sombra por afectar una unidad adicional de superficie. Con esta estimación y los valores de los costos por afectar una unidad de hectárea de AP, según la disposición a pagar de los organismos internacionales (vía precios Hedónicos) y el aporte de servicios ambientales mediante funciones de producción, es posible estimar el valor de compensación total que el sector hidrocarburos, debe realizar por afectar una unidad de superficie dentro de un área protegida. Ver cuadro 28.

Al agregar estos valores, se obtiene que el valor de compensación por una unidad de superficie afectada por el proceso de exploración y explotación de petróleo, está entre los ochenta a los mil cien dólares dependiendo del tamaño del parque, la población circundante, el número de hábitats, la importancia de su diversidad entendida como flora y fauna dentro el área, etc.

Estos valores, indican la compensación que se debe realizar por afectar hábitats con altos valores de biodiversidad por el periodo de un año, sin embargo, este valor no toma en cuenta la tasa de descuento que la sociedad brinda a la conservación de ambiente. Simulando diferentes tasas de descuento puede observarse en el cuadro 26 y en el Grafico 24 que, según la tasa de elección de la sociedad varía el monto de la compensación.

**Cuadro 28**  
**Valor económico de las áreas protegidas en Bolivia**

<b>Nombre Del Área Protegida</b>	<b>Servicio Ambiental</b>	<b>Precio Hedónico</b>	<b>Precio Sombra por Afectar una Unidad de Superficie</b>	<b>Precio Sombra por Afectar una Unidad de Superficie en Áreas de Interés Petrolero</b>
<b>Aguarague</b>	8.21	74	1.51	1.51
<b>Cordillera de Sama</b>	8.21	82	2.40	
<b>Toro Toro</b>	8.21	91	0.08	
<b>El Palmar</b>	8.21	103	1.06	
<b>E. Avaroa</b>	8.21	104	322.93	
<b>Sajama</b>	8.21	108	13.04	
<b>Otuquis</b>	8.21	159	60.83	60.83
<b>Cotapata</b>	8.21	172	2.78	
<b>Apolobamba</b>	8.21	230	55.10	
<b>Carrasco</b>	8.21	247	258.07	258.07
<b>Noel Kempff</b>	8.21	252	603.30	
<b>E. B. Beni</b>	8.21	252	5.78	
<b>Pilon Lajas</b>	8.21	272	162.26	162.26
<b>Tariquia</b>	8.21	273	83.25	83.25
<b>Manuripi</b>	8.21	288	222.53	
<b>Isiboro Secure</b>	8.21	321	284.63	284.63
<b>San Matias</b>	8.21	340	774.73	774.73

<b>Gran Chaco</b>	8.21	348	770.70	770.70
<b>Tunari</b>	8.21	374	33.77	
<b>Amboro</b>	8.21	376	321.18	321.18
<b>Madidi</b>	8.21	469	209.89	209.89
<b>Promedio</b>			<b>199.52</b>	<b>292.71</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

Si utilizamos tasas de descuento muy elevadas, como las registradas en el proceso de maximización de las empresas, entre 25 y 60 por ciento según el precio del petróleo, vemos que el valor de una unidad de superficie varía entre los dos mil y los setecientos dólares en promedio. Mientras que, si se utiliza la tasa de descuento propuesta por la visión ecologista de la sociedad, una tasa de 3 por ciento, el valor de una unidad de superficie se halla cerca de los catorce mil dólares americanos en promedio.

Dicha disparidad de valores hace ver que, según el punto de vista, existen diferentes percepciones de valor de un mismo objeto, adicionalmente vemos que si el proceso de exploración y explotación estuviera en las manos de un administrador centralizado como el Estado boliviano vía una empresa estatal, se debería tomar como tasa de referencia la tasa de descuento de largo plazo de la economía en su conjunto, la cual es de trece por ciento, tasa con la cual se valora una hectárea de superficie afectada en tres mil quinientos dólares en promedio.

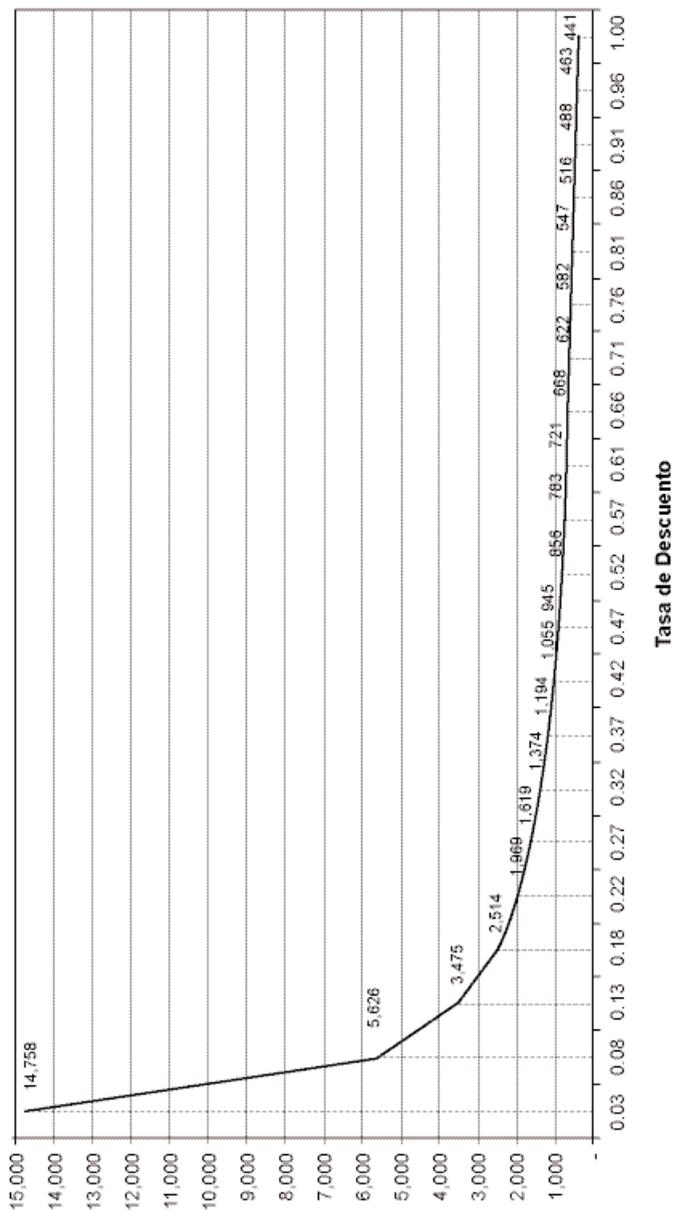
Si bien los valores de compensación varían según el punto de vista, se muestra que, es posible incorporar los costos ambientales dentro el proceso de maximización de las empresas sin afectar los resultados de las mismas. Así que señalar, cual es el valor de compensación de esta actividad al afectar un AP depende de la tasa de descuento que quiera asumir la sociedad. Sin importar cual sea esta, se obtiene un valor positivo que debe ser asumido por el sector que realice este daño ambiental. Cuadro 29.

**Cuadro 29**  
**Comportamiento del valor económico de las áreas protegidas en Bolivia ante cambios en la tasa de descuento**

Nombre del Parque	Compensación total por ha. servicio Ambiental	Precio Hedónico	Precio Sombra	Tasa de Descuento															
				0.03	0.08	0.13	0.18	0.22	0.27	0.32	0.37	0.42	0.47	0.52	0.61	0.66	0.71	0.81	
Gran Chaco	1126.9	8.21	348	770.7	37,564	14,319	8,846	6,399	5,013	4,120	3,498	3,038	2,686	2,406	2,180	1,834	1,699	1,583	1,393
San Matías	1122.9	8.21	340	774.7	37,432	14,269	8,814	6,377	4,995	4,106	3,485	3,028	2,676	2,398	2,172	1,828	1,693	1,578	1,388
Noel Kempff	863.5	8.21	252	603.3	28,784	10,972	6,778	4,904	3,841	3,157	2,680	2,328	2,058	1,844	1,670	1,405	1,302	1,213	1,067
Amboro	705.4	8.21	376	321.2	23,513	8,963	5,537	4,006	3,138	2,579	2,189	1,902	1,681	1,506	1,364	1,148	1,064	991	872
Madidi	687.1	8.21	469	209.9	22,904	8,731	5,393	3,902	3,057	2,512	2,133	1,853	1,638	1,467	1,329	1,118	1,036	965	849
Isiboro Secure	613.8	8.21	321	284.6	20,462	7,800	4,818	3,486	2,731	2,244	1,905	1,655	1,463	1,311	1,187	999	926	862	759
Manuripi	518.7	8.21	288	222.5	17,291	6,591	4,072	2,946	2,308	1,897	1,610	1,399	1,236	1,108	1,003	844	782	729	641
Carrasco	513.3	8.21	247	258.1	17,110	6,522	4,029	2,915	2,283	1,877	1,593	1,384	1,223	1,096	993	835	774	721	634
Pilon Lajas	442.5	8.21	272	162.3	14,749	5,622	3,473	2,513	1,968	1,618	1,373	1,193	1,055	945	856	720	667	622	547
E. Avaroa	435.1	8.21	104	322.9	14,505	5,529	3,416	2,471	1,936	1,591	1,351	1,173	1,037	929	842	708	656	611	538
Tunari	416.0	8.21	374	33.8	13,866	5,286	3,265	2,362	1,850	1,521	1,291	1,122	991	888	805	677	627	584	514
Tariquia	364.5	8.21	273	83.2	12,149	4,631	2,861	2,070	1,621	1,333	1,131	983	869	778	705	593	550	512	450
Apolobamba	293.3	8.21	230	55.1	9,777	3,727	2,302	1,666	1,305	1,072	910	791	699	626	567	477	442	412	362
E.B. Beni	266.0	8.21	252	5.8	8,866	3,380	2,088	1,510	1,183	973	826	717	634	568	514	433	401	374	329
Otuquis	228.0	8.21	159	60.8	7,602	2,898	1,790	1,295	1,014	834	708	615	543	487	441	371	344	320	282
Cotapata	183.0	8.21	172	2.8	6,100	2,325	1,436	1,039	814	669	568	493	436	391	354	298	276	257	226
Sajama	129.3	8.21	108	13.0	4,308	1,642	1,015	734	575	473	401	348	308	276	250	210	195	182	160
El Palmar	112.3	8.21	103	1.1	3,743	1,427	881	638	499	411	348	303	268	240	217	183	169	158	139
Toro Toro	99.3	8.21	91	0.1	3,310	1,262	779	564	442	363	308	268	237	212	192	162	150	140	123
Sama	92.6	8.21	82	2.4	3,087	1,177	727	526	412	339	287	250	221	198	179	151	140	130	114
Aguarague	83.7	8.21	74	1.5	2,791	1,064	657	475	372	306	260	226	200	179	162	136	126	118	103
<b>Promedio</b>					<b>14,758</b>	<b>5,626</b>	<b>3,475</b>	<b>2,514</b>	<b>1,969</b>	<b>1,619</b>	<b>1,374</b>	<b>1,194</b>	<b>1,055</b>	<b>945</b>	<b>856</b>	<b>783</b>	<b>721</b>	<b>668</b>	<b>622</b>

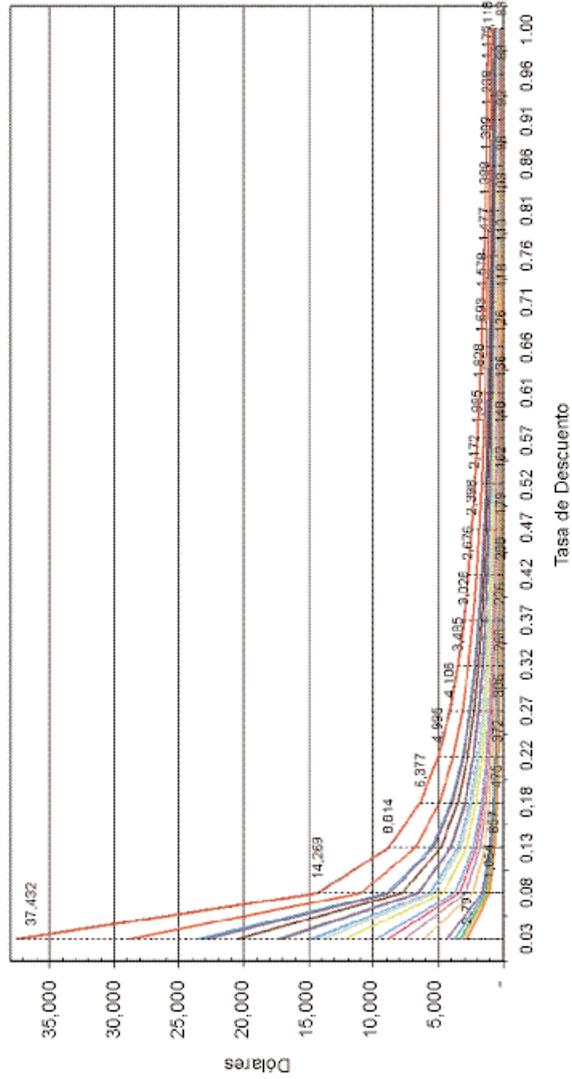
Fuente: *Elaboración Propia*

**Gráfico 21**  
**Valor de compensación por afectar una unidad de superficie con alto valor de conservación**  
**Valor Promedio por Hectarea**



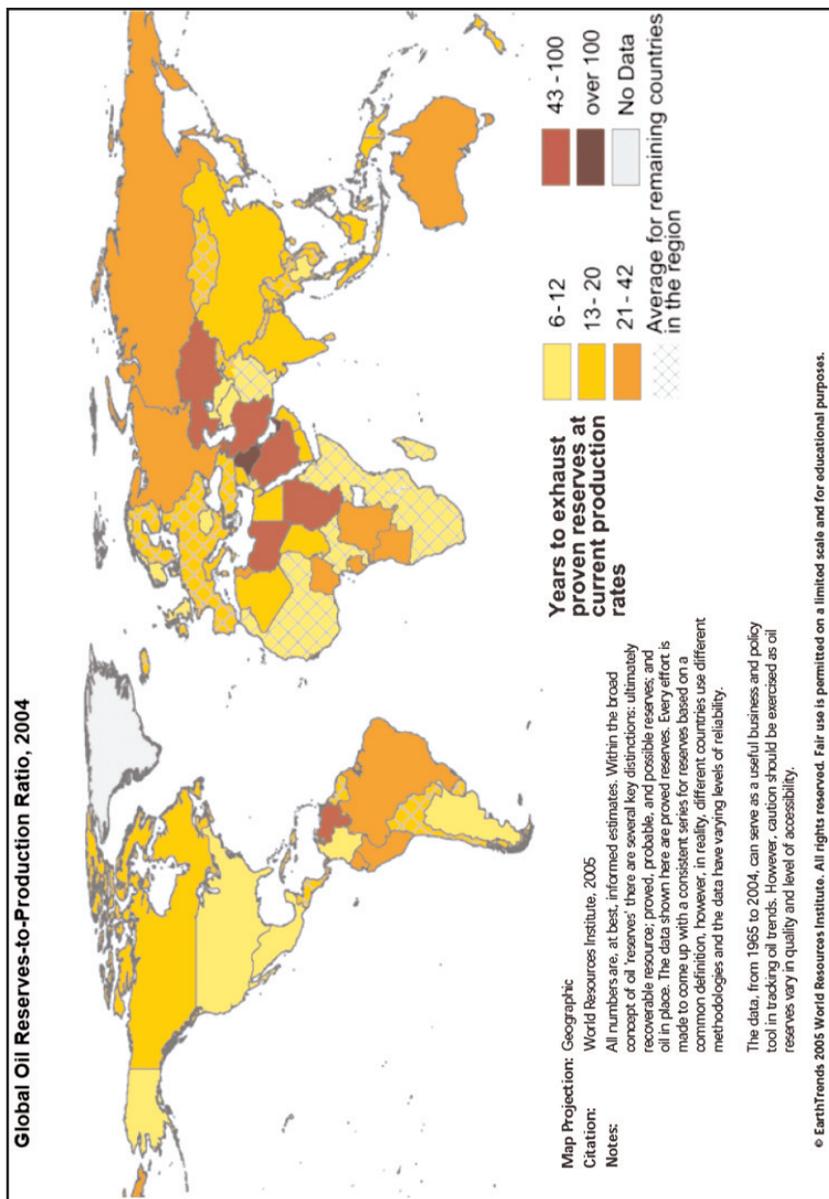
Fuente: Elaboración Propia

**Gráfico 22**  
**Valor de Compensación Total por Hectarea**  
**Según Área Protegida**



Fuente: Elaboración Propia

## Gráfico 23 Índice de reservas Mundiales de Petróleo



### 5.3. Simulando el comportamiento del sistema

En el capítulo dos definimos las ecuaciones 66 y 67 para poder inferir la estabilidad de todo el sistema en función a la simulación del comportamiento de dichas ecuaciones con los datos empíricos obtenidos en las secciones anteriores del capítulo cinco.

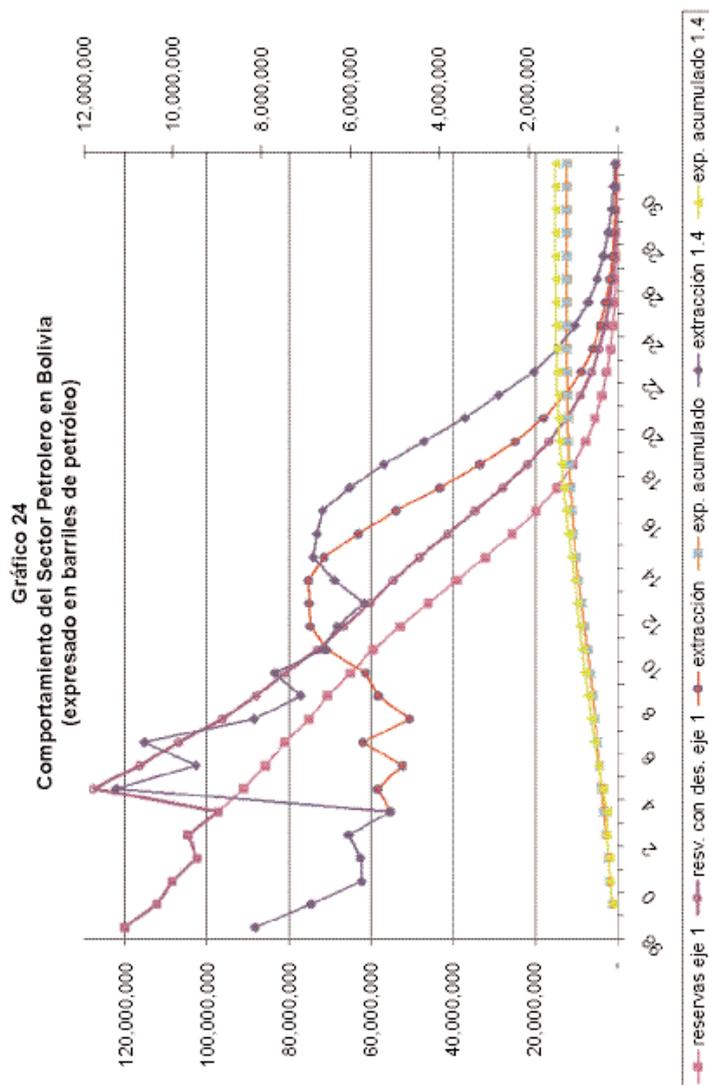
Así se procedió a simular las ecuaciones 66 y 67 del sistema:

$$64. \quad q(t) = \frac{(-\phi * P(t) + w/R(t) + g + \Delta t/r) * R^2(t)}{w * (1 + 1/r)}$$

$$65. \quad X(t) = \frac{R^2(t) + \beta D}{\alpha} + \left[ \frac{(-\phi * P(t) + w/R(t) + g + \Delta t/r) * R^2(t)}{w * (1 + 1/r) * \alpha} \right]$$

Para ello, se realizaron los siguientes supuestos: se pone un incremento gradual en los precios del petróleo y por lo tanto en las tasa de retorno de todo el sistema petrolero; se supone que los impuestos en Bolivia respecto a la extracción de petróleo y cobros por exploración petrolera permanecerán estables en el largo plazo; se realizan dos ejercicios por separado y se los presenta en forma conjunta en el primera, en el primero, se supone que las reservas de petróleo no crecen en Bolivia y por lo tanto no hay futuros descubrimientos, en el segundo, se supone un crecimiento del cuarenta por ciento de las reservas de petróleo y se ve los efectos en todo el sistema.

La simulación muestra la estabilidad del sistema de ecuaciones, tanto bajo el primer escenario de estabilidad en las reservas de petróleo y futuros descubrimientos, así como ante un crecimiento repentino de las reservas en un cuarenta por ciento, ver cuadro 26 y gráfico 20. De este comportamiento, podemos inferir la no existencia de comportamientos erráticos como se menciona en el capítulo, quedando como parte de investigaciones futuras el desarrollo de la demostración forma de la estabilidad del sistema y el desarrollo de los diagramas de fase correspondientes al mismo.



Cuadro 30  
Proyección de las reservas de Petróleo

años	Extracción	Reservas	Exploración	Exp. acumulado	Extracción con des.	resv. con des.	exploración con des.	exp acumulad.con des.
98	8136364	1200693025	70891		8136364	1200693025	70891	
99	6884836	112080000	44969	115860	6684836	112060000	44969	115860
0	5745913	108391430	55982	171842	5745913	108391430	55982	171842
1	5772905	102419300	18486	190338	5772905	102419300	18496	190338
2	6038239	104577138	58606	248843	6038239	104577138	58906	249843
3	5088069	97190972	128826	379769	5098069	97190972	128826	379769
4	5389314	91113833	48707	428476	5389314	91113833	48809	428476
5	4829087	85724219	50278	478752	478752	85724219	50278	478752
6	5718884	80895133	48550	528303	528303	80895133	48636	528303
7	4676715	75176238	47919	576222	576222	75176238	47919	576222
8	5378791	70499523	52603	628825	628825	70499523	52603	628825
9	5858406	65127232	58102	698827	698827	65127232	58102	698827
10	6530339	59463326	63997	750924	750924	59463326	63997	750924
11	6898148	52932987	65894	816818	816818	52932987	65894	816818
12	6928437	46098839	66130	882948	882948	46098839	66130	882948
13	6945624	39109403	64567	947515	947515	39109403	64567	947515
14	6800462	32162779	59254	1006769	1006769	32162779	59254	1006769
15	5931080	25662317	51529	1068298	1068298	25662317	51529	1068298
16	4979656	19731227	42779	1101077	1101077	19731227	42779	1101077
17	3995459	14751571	33788	1134845	1134845	14751571	33788	1134845
18	3093033	10759112	25674	1160519	1160519	10759112	25674	1160519
19	2287213	7867079	18964	1178683	1178683	7867079	18964	1178683
20	1650443	5369766	13553	1192936	1192936	5369766	13553	1192936
21	1163001	3709334	9492	1202429	1202429	3709334	9492	1202429
22	808519	2526323	6502	1208031	1208031	2526323	6502	1208031
23	555046	1717803	4454	1213985	1213985	1717803	4454	1213985
24	378637	1162157	3030	1218415	1218415	1162157	3030	1218415
25	256777	783330	2050	1218468	1218468	783330	2050	1218468

Fuente: elaboración propia

En el grafico 24, se puede observar tanto los comportamientos de las reservas de petróleo, la cantidad de petróleo extraída por año y la exploración realizada en forma acumulada por año. Además de corroborar el detrimento en la producción de petróleo durante el año 2005 y 2006, dado por el aumento de los impuestos directos al petróleo y la incertidumbre existente en Bolivia. La producción en su conjunto tendería a subir su producción aprovechando las actuales condiciones de precios favorables y la acogida de Bolivia a dar mayor certidumbre a la permanencia de las empresas extractoras dentro del país.

Respecto a las reservas de petróleo, se observa un decrecimiento paulatino, el cual indica un agotamiento de las reservas de petróleo dentro de aproximadamente 20 años al actual ritmo de explotación. Esta aproximación esta de acorde a los estudios realizados por el World resources institute – WRI, visto en el grafico 23. Aun ante un crecimiento del cuarenta por ciento de las actuales reservas de petróleo, las mismas extenderían la fecha de agotamiento a lo sumo 4 años; ya que las empresas extractoras tendría los incentivos de explorar mayor cantidad de reservas y exportarlas ante el incremento de los precios del petróleo.

Respecto a la cantidad de superficie explorada se observa un incremento en los procesos de prospección petrolera, ante tres factores: el incremento de los precios del petróleo, la mayor certidumbre y la posibilidad del casi cincuenta por ciento de futuros hallazgos dado el historial de proceso exploratorios en Bolivia. Esperando que dicho proceso tenga un detrimento dentro los próximos quince años, a no ser el descubrimiento de nuevos yacimientos de petróleo con reservas importantes.



boliviano. (Villegas, 2006; Olivera y Grigoriu, 2005). Este proceso pretende desarrollar, vía concepto de regalías y procesos de compensación económicos por daños ambientales (Ley de Hidrocarburos, 2005).

El modelo visto en la investigación contribuye justamente en este último punto, al brindar información sobre los montos posibles a ser estipulados, como compensación económica ante posibles daños a áreas protegidas o zonas prístinas que brindan servicios ambientales. La estimación de estos montos de compensación y la determinación de las tasas de descuento, puede parecer trivial; pero de ellas depende el futuro de la conservación de hábitats muy ricos en biodiversidad, muchos de los cuales son endémicos en sus respectivas zonas y son el legado de nuestra generación a futuro.

Una implicación sectorial del modelo, es la evidencia empírica de la falta de incentivos del Estado boliviano al proceso exploratorio de reservas de hidrocarburos en el país<sup>76</sup> (Los Tiempos, 2006). Si vemos el gráfico 21 podemos evidenciar que en promedio, bajo la actual demanda local e internacional de hidrocarburos, Bolivia tiene reservas para 20 años a lo sumo. Esto debería preocupar a los planificadores estatales dado que Bolivia podría convertirse en el mediano plazo en un importador neto de energéticos.<sup>77</sup> (Villegas, 2006; WRI, 2005).

Una forma de incentivar este proceso de exploración, puede verse en la firma de contratos de responsabilidad compartida de dicho proceso, lo cual, si bien es un avance, resulta insuficiente si no se modifica la tasa de reducción de probabilidades de hallar nuevos campos de extracción de petróleo. (Vice Ministerio de Energía, 2002).

Así, surge la disyuntiva entre la conservación del ambiente y la cantidad de energéticos que se requieren a futuro, los campos aún no explorados se encuentran dentro las AP; pero sí implantamos los sistemas

---

<sup>76</sup> Ver nota de prensa en anexos.

<sup>77</sup> Importar energéticos implica el pago de divisas por parte de la sociedad por el abastecimiento de este insumo, así como la dependencia de los vaivenes de los precios internacionales y la inestabilidad de los precios internos por dicho efecto.

de compensación con base en los valores hallados en el estudio, los procesos de exploración no serán rentables en la mayoría de los casos. Para hacerlos rentables, se requiere imponer mediante proceso de comando y control el uso de tecnologías no invasivas para los procesos de exploración en general, además del control de los procesos de explotación como tales.

Los actuales procesos de exploración y explotación, suelen implicar la creación de sistemas de caminos secundarios, que suelen abaratar los sistemas de costos de las empresas a expensas del ambiente (Fabara, 2005; Sierra, 2006). La simple normatividad para limitar la creación de estos caminos, el uso de helicópteros para el desarrollo y despeje de las pruebas sísmicas, en vez de la creación de brechas en el bosque, pueden paliar en gran medida los daños que el sector genera dentro las AP y las áreas circundantes. Los costos de estas nuevas tecnologías implican el desarrollo de incentivos imaginativos por parte del Estado, permitiendo así, desarrollar nuevos descubrimientos de áreas de explotación petrolera sin afectar las características de las áreas protegidas. Fotografía 1.

### Fotografía 1



*Fuente: Fundación Amigos de la Naturaleza*

---

<sup>77</sup> En la fotografía se observa un campo petrolero en producción, rodeado de áreas de cultivo y caminos secundarios que permiten la entrada a las áreas a pequeños productores a las áreas circundantes a los campos petroleros.

### 5.3.1. Aplicación de los montos de compensación

Uno de los objetivos principales de la investigación, es establecer una metodología para reglamentar los montos de compensación que se deben imponer a las empresas del sector hidrocarburos por afectar áreas protegidas. La metodología determinó los montos de compensación; pero no así la forma en la cual debe ser aplicado, dicho proceso debe ser determinado mediante un análisis político, en el cual deben intervenir diversos sectores del Estado y del sector privado para discutir el eslabonamiento de la metodología con las leyes vigentes. Cuadro 31.

**Cuadro 31**  
**Aplicación de los montos de compensación por daños ambientales en áreas protegidas en Bolivia**  
Expresado en Dólares

NOMBRE Área Protegida	Superficie en ha.	Área afectada por infraestructura. (ha)		Valor de Existencia ha.	Valor de uso indirecto	Precio Sombra del para el Sector Hidrocarburos	Valor de Compensación Total de las APs	Valor Anual Reducido por Infraestructura	Valor Presente Neto; años 100; tasa 3%	Valor reconocido
Carrasco	687,186	6,144	área petrolera	273	8	258	539	3,310,646	-\$107,751,200	\$0
San Matías	2,886,350	210	gasoducto	340	8	775	1123	235,926	\$7,678,670	sin datos
Gran Chaco	3,426,545	600	gasoducto	374	8	771	1153	691,534	-\$22,507,290	\$3,000,000
Tariquia	247,435	3,400	represa	252	8		260	885,269	-\$28,812,758	\$500,000

*Fuente: Elaboración Propia*

Para efectos explicativos, ejemplificamos una posible aplicación de estos montos de compensación a un conjunto de áreas protegidas que

fueron afectadas por actividades de alto impacto que cambiaron grandes áreas de superficie, en el cuadro, se aplicó una tasa de descuento del 3 por ciento y una duración de cien años a los montos establecidos por la metodología, esto nos da montos de compensación bastante superiores a los establecidos por las negociaciones previas realizadas por el Estado Boliviano ante dichos proyectos de afectación. La mayor parte de las negociaciones fueron realizadas políticamente y la influencia de factores técnicos no repercutió en sus resultados.

Como se observa, la metodología cumple con su objetivo de brindar un punto de partida que permita a los tomadores de decisión tener una visión adicional para poder fijar montos iniciales de compensación, corrigiendo así los sesgos y asimetrías de información que tienen las empresas, respecto al Estado.

#### **5.4. Una generalización del método**

El modelo desarrollado en la investigación; si bien, fue diseñado para abstraer el proceso de optimización que realiza un empresa petrolera con base en sus proceso de exploración y explotación, puede ampliarse para modelar otro tipo de actividades que conlleven un cambio en el uso del suelo y que por razones de orden político o de desarrollo económico, tengan que afectar áreas protegidas. Un ejemplo de esto, es el desarrollo de infraestructura de carreteras, represas para sistemas hidroeléctricos y de riego, gasoductos, etc.

El modelo tiene como cualidad, la replicabilidad del proceso, siempre y cuando se cuente con la información requerida por el mismo. Gran parte de la información requerida debe ser recabada del sector que realiza el proceso de cambio de uso del suelo. Esto trae consigo los problemas generales que se tuvieron durante la realización de la investigación, información asimétrica por parte de las empresas, uso de reportes de bolsa y de organismos regulatorios estatales, lo que afecta directamente el tipo y la calidad de información a ser procesada, por lo que se debe tener cuidado en el manejo de la misma.

La investigación, por otro lado, brinda información referente al valor que da la sociedad a la conservación de AP, esta puede ser replicada como método o como información puntual, dependiendo de los tiempos y las características de cada caso. En forma general uno de los principales resultados de la investigación, es tener esta información sobre la valoración de los parques en función a sus características y contribuciones a la sociedad.

El método puede ampliarse a otros ámbitos geográficos y economías, cuidando de respetar las peculiaridades de cada una de ellas. Una de las desventajas del mismo, es el manejo estadístico de la información, la cual requiere destrezas y de un grupo multidisciplinario para desarrollarla.

La literatura de impuestos frente a normas, tiende a concentrarse en la determinación de los impuestos y normas óptimos desde el punto de vista económico y social (Panayotou, 1994; Svendsen, 1998; Tietenberg, 1990; OECD, 1997). Esta visión deja de lado que un impuesto, es el instrumento para la consecución de una norma en particular.<sup>79</sup> Así, se propone complementar las normas existentes para la conservación y protección de la AP, con la fijación de un impuesto que incorpore los costos ambientales provocados a las áreas protegidas por la industria petrolera y la gran minería. En otras palabras, se quiere poner un costo al insumo gratuito, servicios ambientales, provistos por el área protegida, que en este momento carece de precio y por lo tanto pareciera que carece de valor. (Gilpin, 2003).

La norma tiene como desventaja inicial, que no provoca el efecto de generar un costo; pero si de fijar un estándar técnico, que en el mejor de los casos cumple con los niveles de producción y contaminación óptimos desde el punto de vista social. (Sánchez, 2002).

Una de las ventajas de un impuesto sobre la fijación de una norma, es la facilidad en su aplicación, en especial si tomamos en cuenta que los países en vías de desarrollo suelen contar con normas ambientales muy exigentes; pero por su debilidad institucional las normas y las instituciones

---

<sup>79</sup> Una discusión más amplia sobre impuestos y normas en la economía ambiental se ve en Pearce (1976)

se ven rebasadas por la práctica empresarial, sobre todo en el caso de la extracción de petróleo, donde mucha de la normatividad no pasa de poner un estándar técnico que se traduce en el uso de una tecnología o en el llenado de formularios, además de requerir de costosas revisiones técnicas para supervisar el cumplimiento de esta normatividad. Un impuesto sobre la producción, se cobra por la cantidad producida facilitando su aplicación y control. (Sánchez, 2002; Koldstad, 2001).

Así, el usar un impuesto sobre la extracción de petróleo y el uso del espacio dentro un área protegida puede complementar el objetivo de las normas ambientales sobre este tema “el permitir la explotación del recurso pero respetando el ambiente”, convirtiéndose el impuesto, en un instrumento más de la norma.



## CONCLUSIONES:

---

Los conflictos existentes entre el uso y conservación de nuestro entorno, han llevado a la creación de áreas protegidas, que restringen las actividades productivas que se puedan llevar a cabo. La creación de dichas áreas, conllevan un costo a la sociedad por restringir el acceso a estos recursos. Usualmente, la sociedad está dispuesta a sobrellevar dichos costos. Los servicios provistos por las áreas protegidas son muy importantes para conservar las capacidades productivas de todo el entorno donde vive la sociedad. Adicionalmente, la conservación tiene una dimensión íntertemporal, puesto que garantiza la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras. Las áreas protegidas suelen tener características muy peculiares que son valoradas por la sociedad, al conservar hábitats únicos y de gran valor para el equilibrio ecológico.

Los conflictos referentes a la conservación y/o uso de las áreas protegidas están siempre latentes; ya que, la sociedad o partes de ella ve que los costos por mantener dichas áreas sin la generación de bienes para la misma son extremadamente altos. Estos conflictos de interés grupales no suelen influir en gran medida en la conservación del carácter legal de estas áreas, salvo algunas excepciones. Una de ellas, es la generación de recursos no renovables para la sociedad, minerales y energéticos.

La actual dependencia económica de los recursos energéticos para la generación de riqueza y productos para la sociedad, pueden modificar los sistemas de protección legal de las áreas protegidas y hacerlas vulnerables al desarrollo de actividades extractivas dentro su territorio, con el daño ambiental intrínseco que conlleva.

La sociedad, está en todo su derecho de modificar el uso que le da a su territorio, siempre y cuando tome en cuenta los costos y beneficios que le traerá dicho cambio. Usualmente, el proceso de cambio de actividad de un área, está inmerso en una negociación política muy profunda, la cual

carece de la información pertinente para tomar decisiones con base en datos concretos. Esto carga de subjetividad, al proceso de modificación del uso de suelo.

El texto ha desarrollado hasta el momento, una metodología de valoración económica que brinda información adicional a los tomadores de decisión, sobre las modificaciones al uso del suelo en áreas protegidas. Enmarcándose en un estudio de caso para la economía boliviana.

Para ello, se empleó como marco analítico, un sistema de optimización dinámico que abstrae el proceso de decisión de una empresa inserta en la explotación de un recurso no renovable cualquiera. Introduciendo luego, al proceso de optimización los costos ambientales generados y las características de la actividad energética utilizada como marco de análisis.

Las principales conclusiones y recomendaciones a las que se llegan después de realizar el análisis de este caso de estudio, enmarcado en la metodología de valoración propuesta en el estudio, son las siguientes:

- Se confirma la hipótesis planteada al inicio de la investigación, con referencia a las diferencias de valoración de un área protegida respecto a otra, dadas las diferentes características locales y a la óptica del agente al que se le atribuye el pago. Así como al tamaño de la economía en la que se aplica el método de valoración.
- Se establece la existencia de un valor mínimo del territorio, dado por los servicios ambientales que provee su cobertura vegetal, es decir, todos los hábitats contribuyen al equilibrio del sistema ecológico y por ende al proceso productivo de la sociedad.
- La metodología propuesta para la valoración del ambiente mediante la consideración de las características biogeográficas del entorno, da como resultados, montos comparables con otras metodologías más específicas. Dicho monto, es la contribución principal de la metodología como resarcimiento por el daño producido al entorno. Si bien la propuesta metodológica, requiere información específica de cada área de estudio, la posibilidad de extrapolar la información, hace

que esta sea replicable y flexible en su proceso de estimación. Se requiere su aplicación en otros estudios de caso para ver la versatilidad y adaptabilidad del método.

- En el desarrollo del método, se vio la posibilidad de aplicación a otras actividades de alto impacto ambiental, como la creación de infraestructura caminera, sistemas de represas, gasoductos, etc. Encontrándose que la metodología se puede adaptar a cada uno de estos casos de estudio, siendo el cálculo del costo ambiental una función de las principales características del factor que permite adaptar en forma muy versátil el método a diferentes procesos productivos.
- Con respecto al proceso de optimización de las empresas, al incluir los costos ambientales, observamos que los indicadores de acciones futuras en el proceso de exploración y explotación petrolera no son modificados de manera sustancial; ya que, en el actual sistema de resarcimiento económico por los daños producidos se sigue utilizando tecnologías y procesos altamente impactantes en el entorno de producción de la empresa. La optimización privada no suele coincidir con la optimización social.
- Si se quiere modificar el accionar de las empresas, a favor de procesos productivos menos dañinos, es necesario adoptar tasas de descuento menores en los procesos de evaluación estatal. Ello subiría los montos a ser pagados por el resarcimiento económico, incentivando a las empresas a modificar sus procesos productivos y adoptar tecnologías menos agresivas con el medio. Las empresas tienen un margen de utilidad dada su situación actual, que les hace posible esta adopción tecnológica menos agresiva, sin la pérdida de competitividad en los mercados locales y regionales de hidrocarburos, que en estos momentos tienen una sobre demanda de energéticos procedentes de la República de Bolivia en especial, destinada a los mercados de exportación de la región sur del continente sudamericano
- Dentro el proceso de comportamiento de las empresas analizadas, se observó que dadas las condiciones tecnológicas y legales, resulta poco

atractivo (económicamente hablando), el desarrollo de nuevos campos de exploración dentro del territorio boliviano, lo que conlleva a una disminución a futuro de las reservas del país y un posible cambio de status de un país exportador a un país importador de hidrocarburos. Esto se concluye con base en los procesos de simulación realizados, en los cuales, un cambio en la incertidumbre del proceso de exploración, repercute en indicadores positivos para la realización de esfuerzos de exploración. Por lo que se sugiere la adopción de sistemas de inversión que disminuyan la incertidumbre a las empresas que desarrollen este tipo de actividades.

- Dentro la misma lógica de autoabastecimiento de energéticos dentro el país, es importante canalizar mayores esfuerzos en el manejo de las reservas a futuro de los principales campos de explotación en actual funcionamiento, así como en la generación de fuentes de energías renovables, como se vió en la última sección del trabajo de investigación, un mal manejo de las reservas de energéticos pone en una situación muy desfavorable a la economía en su conjunto por la pérdida de divisas, dada por la necesidad de la importación de derivados de petróleo en el futuro.
- El actual sistema de legislación boliviano de áreas protegidas y del sector petrolero, tienen muchos puntos en común para la protección del ambiente; pero aún así, existen puntos de conflicto sobre los tipos de actividades permitidas dentro un área protegida, así como por los montos de resarcimiento económico que se deben pagar por desarrollar daños en el ambiente de estas áreas. Es necesario desarrollar una mayor coordinación entre los sistemas legales de estas dos actividades de interés estatal, que son la conservación del ambiente y la producción energética. Desarrollando los reglamentos específicos sobre la metodología de estimación del resarcimiento económico por afectar áreas protegidas en el desarrollo de actividades del sector petrolero. Este trabajo es una contribución para el desarrollo de estos reglamentos, al dar una opción más de valoración para estimar dichos montos. Por lo que se espera que la presente investigación sea un punto de partida de estas y otras investigación a ser desarrolladas a futuro.

## APÉNDICE GENERAL:

Baja Producción Petrolera, pero Crecen Regalías

*Los Tiempos, 20 de diciembre 2006. Redacción central*

Entre enero y diciembre de 2006, Cochabamba registró una baja en la producción de hidrocarburos, excepto de Gas Licuado de Petróleo (GLP), pero aún así logró una mayor cantidad de ingresos por regalías gracias a la vigencia plena de la nueva Ley de Hidrocarburos.

De acuerdo a estadísticas de la Unidad de Hidrocarburos de la Prefectura del departamento, a pesar de la reducción, la producción se mantuvo estacionaria en comparación a los mismos meses de 2005 y siguiendo una constante de los últimos años.

Entre las razones para este decrecimiento se encuentra que el desarrollo de inversiones para exploración y explotación está prácticamente paralizado y los actuales campos cochabambinos trabajan al tope e incluso con menos pozos que los programados.

La producción de petróleo alcanzó en 2006 a 5,03 millones de barriles, 77.400 barriles menos que en similar periodo de 2005, que totalizó 5,11 millones de barriles.

La producción de Gas Natural (GN) sumó este año 61,22 millares de pies cúbicos (MPC), es decir sufrió una leve disminución de un poco más de 979 miles de pies cúbicos con relación al año anterior que fue de 62,20 MPC.

Respecto a la producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP), el informe de la Unidad de Hidrocarburos da cuenta que fue satisfactoria considerando que este año alcanzó 191.525 toneladas métricas (TM), frente a 171.082 TM del año pasado, con un incremento de 37.100 TM.

El supervisor prefectural de campo, Jhonny Quintela, explicó que el incremento de GLP se debe a la puesta en funcionamiento de la planta criogénica de Kanata que opera la empresa petrolera Chaco desde marzo pasado.

### **Regalías**

La Prefectura de Cochabamba recibirá por concepto de regalías petroleras en 2006 unos 29,66 millones de dólares, 210 mil dólares más que la gestión 2005, cuando percibió 29,45 millones.

Con datos de la producción actual de hidrocarburos y precios ascendentes en el mercado internacional, la Unidad de Hidrocarburos de la Prefectura estima que el próximo año, el departamento recibirá por regalías la suma de 35,96 millones de dólares, según el siguiente detalle: 17,89 millones por petróleo, 15,83 por gas natural y 2,24 por GLP.

En el departamento de Cochabamba la producción de hidrocarburos está concentrada en los bloques Mamoré y Chimoré, que están ubicados en el trópico.

En el primer bloque, Repsol explota alrededor de 60 pozos de líquidos, gas natural y GLP en los campos Surubí, Paloma, Paloma Bloque Bajo y Surubí Noreste.

En el segundo bloque, la empresa Chaco tiene en desarrollo 15 pozos en los campos Kanata, Kanata Norte, Kanata Foot Wall, Bulo Bulu, Carrasco y Carrasco Foot Wall.

### **Una reducción constante**

El técnico prefectural, Jhonny Quintela, explicó que en los últimos años ha habido una baja constante en la producción petrolera en Cochabamba, registrada en un promedio del 3 por ciento que, sin embargo, no ha repercutido en las regalías destinadas al departamento.

Quintela advirtió que Cochabamba está cada vez más rezagada en su industria petrolera con un elemento en contra que puede acelerar la

interrupción de la producción: la falta de acciones de exploración para certificar nuevas reservas.

“Hay otro factor importante, que es que hace unos cuatro a cinco años no se hace labores de exploración en nuestro departamento para aumentar nuestras reservas y ese es otro factor porque estaríamos limitados a los 1,2 trillones de pies cúbicos de gas que tenemos certificados. Limitados a esa producción y a esas reservas”, indicó recientemente el funcionario.

Añadió que como no existen perforaciones, no hay intervenciones, ni siquiera para mantenimiento, tampoco una política de exploración, entonces el resultado será un baja más fuerte en la producción en poco tiempo.



## BIBLIOGRAFÍA

- Alba E. de y Reyes M., (1998), “Valoración Económica de los Recursos Biológicos del País”. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad México.
- Anderson, R.P; Lew, D. & Peterson, A.T., (2003), “Evaluating Predictive Models of Species Distributions- Criteria For Selecting Optimal Models”, *Ecological Modeling* 162, 211-232.
- Angulo Carrera A. y Valdez Muciño I., (2004), “Valoración Económica de La Captura de CO<sup>2</sup> en el Parque Nacional Desierto de Los Leones”. CONAFOR.
- Arellano, L. & Halffter, G., (2003), “Gamma Diversity- Derived From and A Determinant of Alpha Diversity and Beta Diversity. And Analysis of Three Tropical Landscapes”, *Acta Zoológica Mexicana* 90, 27-76.
- Ariñez Roca V., (2002), “La industria petrolera da jugosas ganancias en Bolivia”. La Prensa, La Paz
- Arita, H. & Rodríguez, P., (1999), ““Aplicaciones de La Ecología Geográfica y La Macroecología”“, *Circular Guanabios*.  
<http://www.Guanabios.Org/Circular/1-10/1-10-36.Html> 10, 36.
- Arrow K. J., (1951), “Social Choice And Individual Values”, Wiley, New Cork,
- Azqueta D. y Ferreiro A., (1994), “Análisis Económico y Gestión de Los Recursos Naturales”, Alianza Editorial.Madrid.
- Azqueta D., (1994), “Valoración Económica de La Calidad Ambiental” Editorial: Mc Graw-Hill. Madrid,
- Banco Mundial., (2005), World Development Indicador. Washington
- Bann C., (1997), “An Economic Analysis of Alternative Mangrove Management Strategies In Koh Kong Province”, *Cambodia. International Development Research Centre*.
- Barnosky, A.; Hadly, E.; Maurer, B. & Christie, M., (2000), “Temperate Terrestrial Vertebrate Faunas In North And South America- Interplay of Ecology, Evolution, And Geography With Biodiversity”, *Conservation Biology* 15, 658-674.

- Barton, D.N., (1999), “The Quick, The Cheap, And The Dirty. Benefit Transfer Approaches To The Non-Market Valuation of Coastal Water Quality In Costa Rica”, Ph.D. Thesis. No. 1999-34, Agricultural University of Norway.
- Barzev R., (2002), “Guía Metodológica de Valoración Económica de Bienes, Servicios E Impactos Ambientales” Corredor Biológico Mesoamericano, Serie Técnica 2002.
- Baumol W.; Oates W., (1988), “The Theory of Environmental Policy”. Cambridge Ma. Cambridge University Press.
- Bengt Kristöm And Pere Riera, (1997), “El Método de La Valoración Contingente. Aplicaciones Al Medio Rural Español” *Revista Española de Economía Agraria*. Núm. 179, Primer Trimestre 1997.
- Bennett, K. Press, C.U., Ed., (1997), “Evolution and Ecology”. New York.
- Bloomberg (2005) <http://www.bloomberg.com/>
- Bramson, M.; Cox, J.T. & Durrett, R., (1996), “Spatial Models for Species Area Curves”, *The Annals of Probability* 24, 1727-1751.
- Bringas M. A., (2005), “La Producción y La Productividad Total de Los Factores en La Agricultura Española”, 1752-1935. Universidad de Cantabria.
- Brown Jr.; K. S., Collins N.M. & Thomas J.A (Eds.), (1991), “Conservation of Neotropical Environments: Insects as Indicators the Conservation of Insects and Their Habitats”. Academic Press, London.
- Brown, J. of Chicago Press, U., Ed., (1995)., *Macroecology*, Chicago, Illinois.
- Brundtland, G.H., (1988), “Our Common Future”, Oxford, Oxford University Press., (Trad. en Castellano, Nuestro Futuro Común, Madrid, Alianza Ed., 1988)
- Bueno, A. & Llorente Bousquets, J., (2005), “La Obra Biogeográfica de Alfred Russel Wallace”. *Parte II- El Modelo Extensionista y la Inflexión al Permanentísimo*, México D.F., Pp. 19-44.
- Cabrera F Guillermo, (1978), “Utilización de Modelos Matemáticos en Sistemas de Aguas Subterráneas”. *Cuadernos de Ingeniería*. Abril 1978
- Cámara de Empresas en Hidrocarburos Bolivia (2002), Base de Datos 2002
- Candaudap Luis Eduardo., (2003), “Repercusiones de La Calidad Ambiental en El Crecimiento Económico. Formulación y Obtención de Un Índice de

- Calidad Ambiental y Sus Efectos en La Función de Producción para El Caso de México.” Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Cardells, F., (1997), ¿Cuanto Valen Los Montes Valencianos (I)? *Montes* 48, 45-51.
- Carey, P.D., (1996), “A Cellular Automaton for Predicting The Distribution of Species In A Changed Climate.” *Global Ecology and Biogeography Letters* 5, 217-226.
- Cassel, E. and Mendelsohn R., (1985), “The Choice of Functional Forms for Hedonic Price Equations: Comment”, *Journal of Urban Economics*, 18, 135–142.
- Chiang, Alpha C., (1992), “Elements of dynamic optimization”, McGraw-Hill, Singapur..
- Choong-Ki Lee; Sang-Yoel Han, (2002), “Estimating the Use and Preservation Values of National Parks” Tourism Resources Using A Contingent Valuation Method. *Tourism Management*. Volume 23, Issue 5, October, 2002
- CONABIO Llorente Bousquets, J. & Morrone, J., Ed., (2005), Regionalización Biogeográfica en Iberoamérica y Tópicos Afines, México D.F.
- Congreso Nacional de Medio Ambiente, M.E., (2002), “Congreso Nacional de Medio Ambiente, Madrid - España, 2002”.
- Conrad C. y Clark C., (1987), *Natural Resource Economics: Notes and Problems*. Cambridge University Press.
- Daly, H.E., (1990), “Toward Some Operational Principles of Sustainable Development” *Ecological Economics*, Vol. 2, N. 1, Pp.1-6.
- Darwin C. Hall Jane V. Hall Steven N. Murray., (2002), “Contingent Valuation of Marine Protected Areas: Southern California Rocky Intertidal Ecosystems” *Natural Resource Modeling*, Volume 15, Number 3, Fall, 2002
- Darwin, C.Press, H.U., Ed., (1964), “On the Origin of Species”, Cambridge, Massachusetts. Reprinted.
- Dasgupta, Partha. 1996. “The Economics of the Environment”. *Beijer Discussion Paper Series No. 80*.
- Declaration on Environment and Development., (1992), The United Nations Conference On Environment and Development, Rio de Janeiro From 3 To 14 June.

- Dixon, J.A. y Fallon, L.A., (1988), “El Concepto de Sustentabilidad: Sus Orígenes, Alcance y Utilidad en La Formulación de Políticas” (Vidal, J., (Comp.), *Desarrollo y Medio Ambiente*, Santiago de Chile, CIEPLAN, (La Versión Original en Inglés *Apareció en Society and Natural Resources*, Vol. 2, 1989)
- Dixon, John. (1996) “Economic Analysis of Environmental Impacts”.
- Edwards G. Gonzalo, (2003), *Introducción Al Análisis de Sistemas Dinámicos*, Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Ehrlich, P.R., (1988), “The Limits to Substitution: Meta Resource Depletion and New Economic-Ecological Paradigm” *Ecological Economics*, Vol. 1, N. 1 P.10.
- Environmental Valuation Reference Inventory (EVRI), Base de Datos 2005
- Escóbar Llanos J., (2005), “Economía de la regulación: el caso de la legislación ambiental en Bolivia”, Draft Version.
- Espey, M. and Owusu-Edusei K., (2001), “Neighborhood Parks and Residential Property Values in Greenville, South Carolina.” *Journal of Agricultural and Applied Economics* 33(3): 487-492.
- Espinosa C. y Arqueros M., (2003), “El Valor de La Biodiversidad en Chile Aspectos Económicos, Ambientales y Legales”. Fundación Terram.
- Espinoza, D.; Morrone, J.; Llorente Bousquets, J. & Flores, O. Edición de Ciencias – UNAM, L. P., Ed., (2005), “Introducción Al Análisis de Patrones en Biogeografía Histórica”, México.
- Estevez Y., (1997), “Petróleo” Publicación Internet Wwww. Lafacum.Com
- Fabara Rojas J., (2005), *Oil companies in National Parks: a case study of the Yasuní National Park, Amazonian Ecuador*. School of Arts and Sciences of the University of Missouri-St Louis. Saint Louis, Missouri
- Faber, Stephen and Constanza., (1994), “The Economic Value of Wetlands Systems”. *Journal of Environmental Management*, 24: 41-51
- Felipe J. y McCombie J.S.L., (2005), “La Función de Producción Agregada en Retrospectiva”. *Investigación Económica*. Julio – Septiembre, Pp. 43-88. Vol. 64.
- Felizola, J. A. & Bini, L. M., (2003), “Spatial Autocorrelation and Red Herrings In Geographical Ecology”, *Global Ecology and Biogeography* 14, 177-1985.

- Fernández M. y Birhuet E., (2002), Resultados de la reestructuración energética en Bolivia, (LC/L 1728-P), N° de venta S.02.II.G, abril.
- Fischer, A., (1960)., "Latitudinal Variations In Organic Diversity", *Evolution* 14, 64-81.
- Frank, W.; Martin, D.; Claire, A.; Stefan, B.; Volker, G.; and reas, H.; Charles, P.; Hugh, P.; Jason, S.; and ers, S.; Jana, V. & Christian, W., (2005), „Potential, Pitfalls, and Prospects, In Forthcoming In Conservation Biology". *Ecological-Economic Modeling For Biodiversity Management*-
- Freeman, A. M. III, (1993), "The Measurement of Environmental and Resource Values, Resources For The Future", Washington, DC.
- Garrod G. and Kenneth G. W., (1992), "Valuing Goods Characteristics: An Application of the Hedonic Price Method to Environmental Attributes". *Journal of Environmental Management* 34: 59-76.
- Gentry, A. H. & Dodson, C. H., (1987), "Diversity and Biogeography of Neotropical Vascular Epiphytes". *Annals of The Missouri Botanical Garden* 74, 205-233.
- Geohegan J., (2002), "The Value of Open Spaces in Residential Land Use". *Land Use Policy* 19: 91-98.
- Gilpin A., (2003), "Economía Ambiental. Un análisis critico", Alfaomega.
- Global Environment Facility., (1992).Bolivia. Biodiversity Conservation. Project Document. March
- Gómez, C. M., (1994), "Desarrollo Sostenible y Gestión Eficiente de Los Recursos Naturales", Capítulo 4: 73-100, en Azqueta, Diego y Ferreiro, Antonio (Editores), Análisis Económico y Gestión de Recursos Naturales, Alianza Editorial, S.A. Madrid, España.
- González, L., (1999), "La Variación Espacial en La Abundancia de Especies", *Circular Guanabios* [Http://www.Guanabios.Org/Circular/1-10/1-10-34.Html](http://www.Guanabios.Org/Circular/1-10/1-10-34.Html). 10, 34.
- Gould F. and Lazear T., (1994)., "Teoría Microeconómica". Fondo de Cultura Económica. México.
- Granville, J. D. Herviré de Guyane & de Recherche Pour Le Développement, I., Ed., (2003), Flora of the Guianas, Cayenne.

- Grasso M. and Schaeffer-Novelli Y., (1999), “Economic Valuation of Mangrove Ecosystems” Columbia University Press.
- Greene, W. H., (1999), “Análisis Económico”, Hall, P Ed. Madrid.
- Gregersen, H., Arnold, J., Lundgren, A., and Contreras-Hermosilla, A. (1992). Valuing Forests: Context, Issues and Guidelines. Forestry Paper No 127. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Griliches, Z., (1961), “Hedonic Price Indexes For Automobiles: An Econometric Analysis of Quality Change,” *In The Price Statistics of The Federal Government, General Series No. 73, (New York: National Bureau of Economic Research)*, Pp. 137-196.
- Guimarães, R.P., (1994), “El Desarrollo Sustentable: ¿Propuesta Alternativa O Retórica Neoliberal?”. *Revista EURE*, Vol. XX, N. 61.
- Guisan, A. & Thuiller, W., (2005), “Predicting Species Distribution- Offering More than Simple Habitat Models”, *Ecology Letters* 8, 993-1009.
- Halvorsen, R. and H.O. Pollakowski (1981), “Choice of Functional Form for Hedonic Price Equations”, *Journal of Urban Economics*, 10 , 37–49
- Hufschmidt, Maynard M., David E. James, Anton, D. Meister, Blair T. Bower, and John D. Dixon. (1983). “*Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide*”. Baltimore: The Johns Hopkins University Press
- Hulbert, S., (1971)., “The Non-Concept of Species Diversity- A Critique and Alternative Parameters”, *Ecology* 52, 577-586.
- Humbolt, A.V. & Bonpland, A. Siglo XXI., Ed., (1997), “Ensayo Sobre La Geografía de Las Plantas”, México D. F.
- Huston, M. Press, C.U., Ed., (1994), Biological Diversity, Cambridge, United Kingdom.
- Informe de hidrocarburos (2003), ver Vice Ministerio de Energía e Hidrocarburos, Base de Datos 2006
- Instituto Nacional de Estadística INE- Bolivia, Base de Datos 2002
- International Institute For Environment Development – IIED Base de Datos 2005

- Israngkura Adis, (1995), "Entrance Fee System For National Parks In Tailandia". Thailand Development Research Institute.,
- Iverson, L. & Prasad, A., (1998), "Predicting Abundance of 80 Tree Species Following Climate Change In The Eastern United States", *Ecological Monographs* 68, 465-485.
- Izquierdo E., Rodriguez F. y Sanchez M. J., (2002), "Impuestos Pigouvianos Vs. Suplementos Ambientales. Análisis Teorico y Simulacion para El Sector Electrico Español". Universidad de Salamanca
- Jackson R. B., Jobba'Gy Esteban G., Roni Avissar, Somnath Baidya Roy, Damian J. Barrett, Charles W. Cook, Kathleen A. Farley, David C. Le Maitre, Bruce A. Mccarl, Brian C. Murray., (2005), Trading Water for Carbon with Biological Carbon Sequestration. *Science*, December 23. Pp. 1944-1947. Vol. 310.
- Jofré González J. F., (2001), "Conceptos Introductorios de La Economía de Los Recursos Naturales", Santiago de Chile
- Knowlera Duncan J., Brice W. Macgregora, Michael J. Bradfordb and Randall M. Petermana, (2003), "Valuing Freshwater Salmon Habitat On The West Coast of Canada" *Journal Environ Manage.*
- Koleff, P. & Gaston, K.J., (2001), "Latitudinal Gradients In Diversity- Real Patterns and Random Models", *Ecography* 24, 341-351.
- Kolstad C., (2000), "Environmental Economics". Oxford University Press.
- Krutilla, J.V., (1967), "Conservation Reconsidered". *American Economic Review* 57, 777-786.
- Lancaster K.J., (1966), "A new approach to consumer society", *Journal of Political Economy*, 74, 132-157.
- Landell-Mills N. and Porras I. T., (2002), „Silver Bullet Or Fools' Gold?“ International Institute for Environmental Development, London.
- Leal J., (2000), "Técnicas de Valorización Económica de Impactos Ambientales. Aplicabilidad y Disponibilidad de Información. El Caso Del Sector Minero". CIPMA, Comisión Nacional Del Medio Ambiente (CONAMA), Santiago
- Ledo C., (2005), Pobreza, Vulnerabilidad y Exclusión Social en Bolivia. Centro de Planificación y Gestión. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba.

- Ley de Hidrocarburos – Bolivia (2005),  
[http://www.cedib.org/adjuntos/2464\\_20091104%20Proyecto%20de%20Ley%20Hidrocarburos.pdf](http://www.cedib.org/adjuntos/2464_20091104%20Proyecto%20de%20Ley%20Hidrocarburos.pdf)
- Lindsey, J. Oxford, Ed., (1994), “Models For Repeated Mesurements”, *Oxford Statistical Science Series* 10.
- Liston-Heyes Catherine, (1999), “Recreational Benefits From The Dart Moor National Park” *Journal of Environmental Management*.
- Lobo, J. M. & Hortal, J., (2003), “Modelos Predictivos Un Atajo Para Describir La Distribución de La Diversidad Biológica”, *Ecosistemas*,  
<Http://ww.Aeet.Org/Ecosistemas/031/Investigacion3>
- Lobo, J., (2000), “¿Es Posible Predecir La Distribución Geográfica de Las Especies Basándonos en Variables Ambientales?”. *Ecosistemas*.  
<Http://Entomologia.Rediris.Es/Pribes/Lobo/Subproyecto3.Htm>
- Lockwood M., Loomis J. and Delacy T., (1993), “A Contingent Valuation Survey and Benefit -Cost Analysis of Forest Preservation in East Gippsland, Australia”. *Journal of Environmental Management*
- Lomborg Bjorn, (2004), “The Skeptical Environmentalist: Measuring The Real State of The World” *Paperback* - October 28.
- Lopera Sergio Hernando, (2003), “Es Posible Implementar Un Modelo de Producción Petróleo Que Permita Lograr Una Política Energética Sostenible?” Ponencia Presentada Al Coloquio Energía, Desarrollo e Instituciones en América Latina México noviembre 4 – 7 2003.
- Los Tiempos (2006), [http://www.lostiempos.com/oh/actualidad/actualidad/20090315/archivo-digital-de-la-democracia-boliviana\\_189\\_377.html](http://www.lostiempos.com/oh/actualidad/actualidad/20090315/archivo-digital-de-la-democracia-boliviana_189_377.html)
- Lutzenhiser, Margot and Noelwah R. Netusil., (2001), “The Effect of Open Spaces on a Home’s Sale Price.” *Contemporary Economic Policy* 17: 291-298.
- M”Mwereria, G.K., (1996), “Technology, Sustainable Development and Imbalance: A Southern Perspective” (International Conference on Technology, Sustainable Developmente and Imbalance, Tarrasa, Spain.),
- MacArthur, R. H. & Macarthur, J., (1961), “On Bird Species Diversity”, *Ecology* 42, 594-598.
- McArthur, R.H. & Wilson, E. Press, P.U., Ed., (1967), “The Theory of Island Biogeography”, Princeton, New Jersey.

- Madrid, Sergio, (2006), Estudio de Casos. Consejo Civil Mexicano de Silvicultura Sustentable, México., (Inédito)
- Mahan, Brent L., Stephen Polasky, and Richard M. Adams. 2000. Valuing Urban Wetlands: A Property Price Approach. *Land Economics* 76: 100-13.
- Mahfuzuddin A., Chiew Kieok Chong and Balasubramanian H., (1997), “Economic Valuation and Policy Priorities For Sustainable Management of Coral Reefs” ICRAM SIDA Economic Valuation And Policy Priorities For Sustainable Management of Coral Reefs,
- Malthus, T.R., (1827), “Definitions In Political Economy. Preceded By An Inquiry Into The Rules Wich Ought To Guide Political Economits In The Deviation From The Rules In Their Writings” (Londres (Ref. 1988)
- Manzo R., Jones E. y Carmona R., (2005), “Un nuevo Episodio en el mercado Petrolero Internacional”. *Energía a Debate*. Vol. II, N° 8, pp. 22:23. México.
- Maurer, B., (2000), “Macroecology and Consilience”, *Global Ecology and Biogeography* 9, 275-280.
- May, Peter H., (1999), “Natural Resource Valuation and Policy In Brazil: Methods and Cases”, Nova York, Columbia University Press, Series Methods and Cases In Conservation Science.
- Mayrand Karel and Paquin Marc, (2004), “Pago por Servicios Ambientales: Estudio y Evaluación de Esquemas Vigentes”, Comisión Para La Cooperación Ambiental  
www.cec.org/pubs\_docs/documents/index.cfm?varlan=espanol&id=1697
- McLeod D. M., Bastian Chris T., Germino Matthew J., Reiners William A., and Blasko Benedict J., (1999), “The Contribution of Environmental Amenities to Agricultural Land Values: Hedonic Modeling Using Geographic Information Systems Data”. Western Agricultural Economic Association Annual Meeting.
- Mcneely, J. A.; K. Miller; W. V. Reid; R. A. Mittermeier; T. B. Werner., (1990), *Conserving The World’s Biological Diversity*, UICN, Gland, Switzerland; WRI, CI, WWF-US, and The World Bank, Washington, D.C.
- McShane E J, (1989), “The Calculus of Variations from the beginning through Optimal Control Theory, SIAM“ *Journal on Control and Optimization* 27 (5), 916-939.

- Meadows, D.H. y D.L., (1992), "Beyond The Limits". El País & Aguilar, Madrid.
- Menkhaus S. and Douglas J. L., (1996), "International Ecotourism and The Valuation of Tropical Rainforests In Costa Rica" *Journal of Environmental Management*.
- Mill J.S., (1848), "Principles of Political Economy" (Nuestra Referencia Corresponde A La Traducción Del F.C.E., México, Realizada Sobre La 7. Edición Inglesa de 1871 Corregida Por El Autor, Pp. 641-642.), 1990
- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación., (2000), El Proceso de Participación en el Diseño y Formulación de la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Bolivia.
- Miranda M., (2003), "The Social Impacts of Payments For Environmental Services In Costa Rica. A Quantitative Field Survey and Analysis of The Virilla Watershed". International Institute For Environmental Development. UK.
- Mitchell, N., (1991), "The Derivation of Climate Surfaces For New Zealand, and Their Application To The Bioclimatic Analysis of The Distribution of Kauri (*Agathis Australis*)", *Journal of The Royal Society of New Zealand* 21, 13-24.
- Mittermeier, R. A., (1988), "Primate Diversity and The Tropical Forest. Case Studies From Brazil and Madagascar and The Importance of Mega Biodiversity Countries". Edward O. Wilson (Ed.), Biodiversity. National Academy Press Washington, D.C.
- Mollard A.; Rambolinaza M. and Vollet D., (2004), Market structure and environmental amenities in hedonic pricing of rural cottages. *Working paper gael*; 2004-27 <http://www.grenoble.inra.fr/docs/pub/a2004/gael2004-26.pdf>
- Montero J. P., (2002), "Trading Quasi-Emission Permits", Universidad Católica de Chile, *Documento de Trabajo 201*, Santiago de Chile.
- Moran D. and Moraes S., (1999), "Contingent Valuation In Brazil: An Estimation of Pollution Damage In The Pantanal". Columbia University Press,
- Morrone, J., (2004), "Panbiogeografía, Componentes Bióticos y Zonas de Transición", Technical Report, Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Muñoz Piña C., Guevara A., Torres J. M. and Braña J., (2005), "Paying For The Hydrological Services of Mexico's Forests: Analysis, Negotiations and Results". INE, Mexico.
- Myers, N., (1988), "Threatened Biotas: "Hotspots" In Tropical Forests" *Environmentalist* 8:1-20. .
- Myers, N., (1990), "The Biodiversity Challenge: Expanded Hot-Spot Analysis" *Environmentalist* 10:243-256.
- Nandini H., Sudhir S., Ashish D. and T. R. Muraleedharan, (1997), "Willingness-To-Pay for Borivli National Park: Evidence From A Contingent Valuation" *Ecological Economics*, Vol. 21, Issue 2,
- Naredo, J.M., (1987), "La Economía en Evolución. Historia y Perspectivas de Las Categorías Básicas del Pensamiento Económico" (Madrid, Siglo XXI.),
- Navarro, G.; Ferreira, W.; Antezana, C.; Arrázola, S. & Vargas, R. de La Naturaleza, F.A., Ed., (2004), "Bio-Corredor Amboró Madidi- Zonificación Ecológica", Santa Cruz, Bolivia.
- Nogués, D., (2003), "El Estudio de La Distribución Espacial de La Biodiversidad- Conceptos y Métodos", *Cuadernos de Investigación Geográfica* 29, 67-82.
- Norgaard, R.B., (1994), "Development Betrayed. The End of Progress and A Coevolutionary Revisioning of The Future". Londres y Nueva York, Routledge, P. 22.
- Norgaard, R.B., (1996), "Globalization and Unsustainability". International Conference On Technology, Sustainable Development and Imbalance, Tarrasa, Spain.
- Norton, B.B., (1992), "Sustainability, Human Welfare and Ecosystem Health". *Ecological Economics*, Vol. 14, N. 2, Pp. 113-127.
- Nrc. National Research Council. Conserving Biodiversity., (1992), A Research Agenda For Development Agencies National Academy Press Washington, D.C. USA..
- O'Riordan, T., (1988), "The Politics of Sustainability" (En Sustainable Management: Principle and Practice, Turner, R.K., (Ed), Londres y Boulder, Belhaven Press y Westview Press.),
- Ovando G., (1998), "La Maximización Del Bienestar", Madrid

- Odenbaugh, J., (2004), "Mathematical Models in Ecology", Phd Thesis, Department of Philosophy Lewis and Clark College.
- OECD and UNDP (1997) "*Sustainable Development Strategies*" - A resource book, Earthscan Publications Ltd, London.
- OILWATCH, (2003), "Congreso Mundial de Parques Organizado Por La UICN en Durban África Del Sur", Resumen.
- Olivera Villarroel S. M. y Grigoriu F. P, (2005), "Un Modelo de Optimización Dinámica de Explotación de Petróleo para La Economía Boliviana", *Búsqueda*, UMSS-IEESE, Año 15, Vol. 26, Pp.:75-96
- Olivera Villarroel S. M., (2005), "El Valor Económico de las Áreas Naturales Protegidas", *Economía Informa*, Vol. 333, UNAM, México. Pp.: 72-86
- Olivera Villarroel. S. M. y Hernández M. R., (2007), "Servicios Ambientales: Entre La Conservación y El Uso de Los Recursos. Recomendaciones de Política Pública". *Latin American Journal of Economic Development*
- Olivera Villarroel. S. M., (2007), "La Disposición A Pagar Por El Cambio en El Uso Del Suelo: Demanda de Servicios Ambientales Desde La Percepción de Una Administración Centralizada". *INE*, México.
- Oñate Ocaña, L.; Llorente, J. & Meave, J. A., (2005), Ideas Para Un Índice de Amplitud *Biogeográfica*, México D. F., Pp. 189-202.
- Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO., (2005), Situación de Los Bosques del Mundo. Italia.
- Organización de Las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO., (2005), FAO Statistical Databases. Italia.
- Ortega J. A., (2000), "Modelo Empírico del Precio del Petróleo", Universidad Autónoma de Madrid.
- Oseguera Peña G., (2005), "El Fin del Petróleo y el Comienzo de las energías Renovables." *Energía a Debate*. Vol. II, N° 11, pp. 34:38. México.
- Pagiola S, Bishop J. and Landell-Mills N., (2003), "La Venta de Servicios Ambientales Forestales". *Instituto Nacional de Ecología*. México.
- Palmquist, R., (1991), "Hedonic methods", In: Braden J. and C. Kolstadt (Eds.), *Measuring the Demand for Environmental Quality*, Elsevier, North Holland.

- Panayotou, T. (1997), “*Demystifying the environmental Kuznets curve: turning a black box into a policy tool*”, *Environment and Development Economics*, 2, 465-484.
- Pearce D. W. and Corin G. T., (2001), “The Value of Forest Ecosystems” A Report To The Secretariat Convention On Biological Diversity February.
- Pearce D. W., (1993), “Economic Values and The Natural World” The MIT Press
- Pearce, D. W. and Turner K. R., (1995), “Economía de Los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente”, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Pearce, D. W. *Económica*, F. D. C., Ed., (1976), “Economía Ambiental”, México.
- Pearce, D. W. *Económica*, F. D. C., Ed., (1985), “Economía Ambiental”, México.
- Pianka, E. R. Publishers, H.C., Ed., (1994), “Evolutionary Ecology”, New York.
- Pindyck R. S., (1978): “The Optimal Exploration and Production of Nonrenewable Resources”, *Journal of Political Economy*, Vol. 86, 5. Pp. 841-857,
- Pino, J. D.; Zamora, R. & Oliet, J. A., (2004), “Empleo de Diferentes Índices de Biodiversidad en Los Modelos Basados en Técnicas de Decisión Multicriterio”, Technical Report, Departamento de Ingeniería Forestal. Universidad de Córdoba. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes..
- Pontryagin (1988), *Notices of the American Mathematical Society* 35, 1002.
- Presidencia de La República de Bolivia “Ley de Hidrocarburos –Ley 1689 Del 30 de Abril de 1996” *Gaceta Oficial*
- Presidencia de La República de Bolivia “Ley de Hidrocarburos –Ley 3085 Del 17 de Mayo de 2005” *Gaceta Oficial*
- Presidencia de La República de Bolivia, (2003), “Las Capitalizadas en Cifras. Informe Del Sector Hidrocarburos” *Cuaderno 4*, La Paz, Bolivia.
- Priya S. and Kramer R. A., (1996), “Tropical Forest Protection: An Empirical Analysis of The Costs Borne By Local People” *Journal of Environmental Economics and Management*.
- Probst O., (2002), *El fin del petróleo barato y las opciones energéticas del futuro*. Centro de Estudios de Energía. Instituto Tecnológico de Monterrey
- PROMANGLE., (2001), “Valoración Económica de Los Manglares Golfo de Fonseca Honduras”. AFE – COHDEFOR, OIMT

- Rapoport, E. H.; Capparelli, M. V. & Rabinovich, J., (1971), “La Irregularidad, Un Nuevo Parámetro Para Describir La Distribución Espacial de Organismos”, *Acta Científica Venezuela* 22, 26-27.
- Reveret, J.; Peltier, P.; Chabot, A. y Bibault, J. (1990). “*La mesure économique de benefices est dormnages environnernaux*”. Groupe de la Recherche et D’Analyse.
- Rodríguez, P., (2005),”Megadiversidad, Diversidad Beta y Conservación de Los Mamíferos de México” *Prodiversitas* <http://www.Prodiversitas.Bioetica.Org/Nota63-2.Htm>”.
- Romel R. S. and Herminia A. F., (2002), “Valuasía: Benefits Transfer For Southeast”Asia- Department of Economics, University of The Philippines Los Baños
- Romero C., (1997), “Economía de Los Recursos Ambientales y Naturales” 2ª Edición. Alianza Económica Editorial
- Rosa H., Kandel S. and Dimas L., (2003), “Compensation For Environmental Services and Rural Communities. Lessons From The Americas and Key Issues For Strengthening Community Strategies”. PRISMA, San Salvador.
- Rosen, S., (1974), “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation In Pure Competition,” *Journal of Political Economy* Vol. 82: 34-55.
- Rosenberger, R. S. and Loomis, J. B., (2000), “Benefit Transfer of Outdoor Recreation Use Values: A Technical Document Supporting The Forest Service Strategic Plan”. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
- Rosenzweig, M. Press, C.U., Ed., (1995), *Species Diversity In Space and Time*, Cambridge..
- Sachs, I., (1995), “Entrevista en Science”, *Nature Societé*. Vol. 2, N. 3, 1994.),
- Sachs, W., (1992), “The Development Dictionary. A Guide to Knowledge As Power” (Londres y New Jersey, Zed Books, P.1.),
- Sáez Rojas A., “Tompkins, El Imparable Domingo”, Enfoques, El Mercurio 18 de Julio de 2004
- Sánchez J. y Zárata A., (1989), “Las materias primas. Fuentes de energía”, El mundo en que vivimos, Madrid.

- Sánchez L. M., (2002), "Regulación Económica, Teoría y Práctica". Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile
- Sanjines Esteban., (2005), "La Aplicación del Proceso de Reforma Agraria en Bolivia". *Agro Nuevo*. Número 7. Julio. Pp. 39-56.
- Santiago R., Doménech F. y Cardells I. R., (1999), "Valoración AHP de Los Ecosistemas Naturales de La Comunidad Valenciana" *Revista Valencia de Estudios Economicos* Numero 27 · Segundo Trimestre de 1999
- Scott J.; Davis F.; Csuti B.; R. Noss; Butterfield, B.; Groves, C.; and erson, H.; Caicco, S.; D"Erchia, F.; Edwards, T.; Ulliman, J. & Wright, R., (1993), "Gap Analysis- A Geographic Approach To Protection of Biological Diversity", *Wildlife Monographs* 123, 1-41.
- Sención Irazábal G. J., (2002), "Valoración Económica de Un Ecosistema Bosque Sub-Tropical Estudio de Caso: San Miguel La Palotada, Petén, Guatemala "Red Académica Uruguaya DECON
- Servicio Nacional de Áreas Protegidas y Plural, Ed., (2001), "Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Bolivia", Servicio Nacional de Áreas Protegidas.
- Sierra, R., (2000), Dynamics and patterns of deforestation in the western Amazon: the Napo deforestation front, 1986-1996. *Applied Geography* 20:1-16.
- Silman, M.; Consiglio, T.; Jorgenson, P.; Bradford, J. & Webb, C., (2004), "Turnover In and ean Tree Diversity With Elevation and Latitude". [www.coexploration.Org/ABC2004](http://www.coexploration.Org/ABC2004)
- Sisk, T. D.; A. E. Launer; K. R. Switky; P. R. Ehrlich., (1994), "Identifying Extinction Threats", *Bioscience* 44: 592-604.
- Slocombe, S. D (1993), "Implementing Ecosystem-Based Management" *Bioscience* 43: 612-622.
- Smulders, Sjak., (2000), "Econometric Growth and Enviromental Quality", en Elgar,Edward, Principles of Enviromental Economics, Henk Folmer, and Landis Gabel Editores
- Solow R. M., (1956), "The Production Function and The Theory of Capital". *Review of Economic Studies*, Vol. 23.
- Solow R. M., (1962), "Substitution and Fixed Proportions In The Theory of Capital", *R.Ec. Stud.*,

- Solow R. M., (1997), “Georgescu-Roegen Versus Solow/Stiglitz. Reply”, *Ecological Economics*, N° 22, Pp. 267-268.
- Solow, R. M., (1991), “Sustainability: An Economist’s Perspective” Dorfman, R. y Dorfman, N.S., (Eds.), *Economics of The Environment*, 3. Ed., Nueva York.
- Solow, R. M., (1992), “An Almost Practical Step Towards Sustainability”. Conferencia Pronunciada Con Motivo del 40 Aniversario de Resources For The Future, 8-10-1991.
- Sterner T., (2003), “Policy Instruments for Environmental and Natural Resource Management”. Resources For The Future Press, Washington, D.C.
- Stevens P., (2001), “Energy Economics: A Survey,” Part 1, *Journal of Energy Literature*. Vol VI No 2 December 2000. Pp.3-31.
- Stevens P., (2001), Energy Economics: A Survey, Part 2, *Journal of Energy Literature*, Vol VII No 1 June 2001. Pp.3-42
- Stiglitz, J.E. (1976). “*The efficiency wage hypothesis, surplus labor, and the distribution of income in LDCs*”. Oxford Economic Papers, New Series 28: 185-207.
- Sundaresan Suresh M, (1984), “Equilibrium Valuation of Natural Resources” *Journal of Business*, Vol. 57, No. 4, pp. 493-5 18.
- Suthawan Sathirathai (1998), “Economic Valuation of Mangroves and The Roles of Local Communities In The Conservation of Natural Resources”. International development Research Centre,
- Svendsen, G.T. (1998): *Public Choice and Environmental Regulation: Tradable Permit Systems in United States and CO2 Taxation in Europe. New Horizons in Environmental Economics*, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Tietenberg, Tom (1992), Environmental and Natural Resource Economics, Tercera Edición, Capítulo 3: 44-71, Harper Collins Publishers.
- Tietenberg, Tom. (1998) Environmental Economics and Policy. Addison–Wesley.
- Tyrvaïnen, Liisa and Antti Miettinen., (2000), “Property Prices and Urban Forest Amenities.” *Journal of Environmental Economics and Management* 39: 205-23.
- Unidad de Análisis de Política Economía -Udape Bolivia-, Base de Datos, 2002.
- Uribe, J., (2005), “La Macroecología y El Estudio de Ecología de Comunidades”.

- Utria, R. D., (1986), “La Incorporación de La Dimensión Ambiental en La Planificación del desarrollo. Memorias del XV Congreso Interamericano de Planificación: El Medio Ambiente en La Planificación del desarrollo Bogotá”, Noviembre de 1985. Pp: 111-182.
- Van Beukering Pieter, Herman S.J. Cesar A, Marco A. Janssen., (2003), “Economic Valuation of the Leuser National Park on Sumatra, Indonesia”. *Journal Ecological Economics*.
- Vasquez, F., (1997), “Valoración Contingente y Estimación Económica de Los Beneficios Recreacionales de La Playa de Dichato (Tome-Chile).” *Revista Economía y Administración* (48), 75-88.
- Vergara Aqueveque Carlos; René Reyes Gallardo., (1993), “Diagnóstico y Propuesta de Incorporación del Sitio Prioritario “Cordillera Pelada” Al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado” Universidad Católica de Temuco, Chile,
- Vice Ministerio de Energía e Hidrocarburos, (2002), “Plan de Acción Ambiental Para El Sector Hidrocarburos de Bolivia” – PAASH
- Vice Ministerio de Energía e Hidrocarburos, Base de Datos 2002
- Vice Ministerio de Energía e Hidrocarburos, Base de Datos 2006
- Villegas Quiroga Carlos, (2006), “Explotación de Los Recursos Hidrocarburíferos en Bolivia. Problemas y Perspectivas”, FOBOMADE - Foro Boliviano Sobre Medio Ambiente y desarrollo. *Geopolítica* Pp.: 133-140.
- Vogel, J. H., (1995), “A Market Alternative To The Valuation of Biodiversity: The Example of Ecuador”. *Association of Systematics Collection Newsletter* October: 66-70.
- Vogel, Joseph H., (1994), “Genes For Sale: Privatization As A Conservation Policy”. Nueva york: Oxford University Press.
- Vogel, Joseph H: ED., (2000), “El Cártel de Biodiversidad: Transformación de Los Conocimientos Tradicionales en Secretos Comerciales”. Quito, Ecuador: Proyecto SUBIR, CARE Internacional
- Vuilleumier, F. & Simberloff., D., (1980), “Ecology Versus History As determinants of Patchy and Insular Distributions In High and ean Birds”, *Evolutionary Biology* 12-235-379 12, 235-379.

- Waser, L.T.; Kuechler, M.; Schwarz, M.; Stofer, S.; Scheidegger, C.; Ivits, E. & Koch, B., (2004), "Prediction of Biodiversity - Correlation of Remote Sensing Data With Lichen Field Samples" "Commission TS SS 1 EOS For Sustainable development".
- Webb, S., (1991), "Ecogeography and The Great American Interchange", *Paleobiology* 17, 266-280.
- Williamson, M.; Gaston, K.J. & Lonsdale, W.M., (2001), "The Species-Area Relationship Does Not Have an Asymptote!", *Journal of Biogeography* 28, 827-830.
- Willis, K.G. & Garrod, G.D., (1993), "Valuing Landscape: A Contingent Valuation Approach". *Journal of Environmental Management*.
- Wilson, E.O., (1988), The Current State of Biological Diversity, Washington D.C., Chapter I, Pp. 3-18.
- World Resources Institute (2005), "Base de Datos Actualizada al Año 2005. www.wri.org", Technical Report, World Resources Institute.



La presente edición se terminó  
de imprimir el mes de marzo de 2011  
en Talleres Gráficos “KIPUS”  
c. Hamiraya 127 • Telf./Fax.: 591-4 - 4582716 / 4237448