

# Economía Ambiental

## (Notas de Clase)

Juan José Berrio Galeano

23 de agosto de 2024



# Índice general

<b>1. Clase 1</b>	<b>5</b>
1.1. Problemas Ambientales: Perspectiva Económica . . . . .	5
<b>2. Clase 2</b>	<b>7</b>
2.1. Cambio Climático desde la Economía Ambiental . . . . .	7
2.2. Que Hacer . . . . .	9
2.3. Evaluación y Gestión de los Riesgos e Impactos Ambientales y Sociales . . . . .	11
<b>3. Clase 3</b>	<b>17</b>
3.1. El Poder y la Responsabilidad de la Economía Ambiental . . . . .	17
3.2. Servicios Ecosistémicos . . . . .	18
3.3. Impactos, Legislación y Toma de Decisiones . . . . .	23
3.4. Métodos de Valoración: Generalidades . . . . .	24
<b>4. Lecturas</b>	<b>29</b>
4.1. Lectura 3: Servicios Ecosistémicos y su Evolución . . . . .	29
4.2. Lectura 4: Medición de los Valores Económicos de la Naturaleza . . . . .	30
4.3. Lectura 5: Valoración de los Servicios Ecosistémicos . . . . .	30
4.4. Lectura 6: La naturaleza de la econometría . . . . .	32
4.5. Lectura 7: Tesis Profesor Jimenez basado en un Modelo Discreto-Continuo (MDC) . .	33
4.6. Lectura 9: Valoración Económica de los beneficios proporcionados por el parque de las aguas . . . . .	36
4.7. Lectura 11: ¿Ha Mejorado el Análisis de Costos y Beneficios en las Decisiones Am- bientales en Colombia? . . . . .	37
<b>5. EN-ROADS</b>	<b>39</b>
<b>A. Modelado simple de Problemas Ambientales</b>	<b>41</b>
<b>B. Algunos modelos para la Evaluación de Problemas Ambientales</b>	<b>45</b>



# Capítulo 1

## Clase 1

En la era contemporánea, la pregunta fundamental que enfrentamos es: “¿Cómo seguir viviendo y alimentándonos sin destruir lo que nos queda?” Esta cuestión no solo es crucial para la supervivencia y el bienestar de las generaciones presentes, sino que también es vital para asegurar la sostenibilidad y la salud de nuestro planeta para las generaciones futuras. La economía ambiental surge como una disciplina clave para explorar y responder a este desafío, al integrar el análisis económico con la comprensión de los límites y capacidades del entorno natural.

El crecimiento económico y el desarrollo han estado tradicionalmente centrados en la explotación de recursos naturales para satisfacer las necesidades humanas y fomentar el progreso. Sin embargo, este enfoque ha llevado a una serie de problemas ambientales que amenazan la integridad de los ecosistemas y, por ende, nuestra propia calidad de vida. En este contexto, el papel de la economía ambiental es evaluar cómo las actividades humanas afectan al medio ambiente y buscar maneras de reconciliar el desarrollo económico con la conservación de los recursos naturales donde se enfoca en el análisis de las externalidades, la valoración de los recursos naturales, y el diseño de políticas que promuevan un desarrollo sostenible.

### 1.1. Problemas Ambientales: Perspectiva Económica

#### Deforestación

La deforestación se refiere a la conversión de bosques en tierras no forestales, generalmente para actividades como la agricultura, la minería y la urbanización. Este proceso tiene efectos significativos sobre el medio ambiente, incluyendo la pérdida de hábitats, la reducción de la biodiversidad y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Regularmente es impulsada por incentivos económicos, como la demanda de productos agrícolas y madera. Sin embargo, también implica costos económicos importantes, como la pérdida de servicios ecosistémicos (p. ej., control de inundaciones, conservación del suelo) y el impacto negativo en la calidad del aire y el agua. La economía ambiental busca medir estos costos y beneficios para fomentar prácticas sostenibles y políticas de conservación.

#### Sequía y Escasez de Agua

La sequía es una condición prolongada de déficit de precipitación que afecta la disponibilidad de agua. La escasez de agua se refiere a la falta de suficiente agua para satisfacer las necesidades humanas y ecológicas.

Tiene implicaciones económicas significativas, incluyendo la reducción de la producción agrícola, el aumento de los costos de agua y la competencia por este recurso entre diferentes sectores. La gestión eficiente del agua y las políticas de precios son esenciales para abordar estos problemas. La economía ambiental estudia cómo optimizar el uso del agua y gestionar los recursos hídricos de manera sostenible.

## **Consumo de Recursos y Desechos**

El consumo de recursos naturales y la generación de desechos están en constante aumento debido al crecimiento económico y a la expansión de la población. Esto incluye recursos como minerales, combustibles fósiles y alimentos, así como desechos sólidos y líquidos.

El consumo excesivo de recursos puede llevar al agotamiento de estos recursos y a problemas ambientales como la contaminación y la degradación del suelo. La gestión de desechos también presenta desafíos económicos, ya que requiere inversión en infraestructura y tecnologías para el reciclaje y la disposición segura. La economía ambiental analiza la relación entre consumo, producción y desechos para promover la eficiencia y la reducción de impactos ambientales.

## **Contaminación del Aire**

La contaminación del aire resulta de la emisión de contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión, que pueden provenir de fuentes industriales, vehículos y otras actividades humanas.

La contaminación del aire tiene efectos adversos sobre la salud pública, la productividad laboral y el medio ambiente. Los costos asociados incluyen gastos en atención médica, pérdida de productividad y daños a los ecosistemas. La economía ambiental estudia cómo implementar regulaciones y políticas para reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire de manera costo-efectiva.

## **Cambio Climático**

El cambio climático se refiere a las alteraciones en los patrones climáticos globales, principalmente debido al aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera. Esto provoca fenómenos como el aumento de la temperatura global, cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos extremos.

El cambio climático tiene implicaciones económicas amplias, incluyendo el aumento de los costos de adaptación y mitigación, daños a la infraestructura, y efectos negativos sobre la agricultura y los recursos naturales. La economía ambiental investiga las estrategias de mitigación y adaptación para minimizar los costos y maximizar los beneficios de las políticas climáticas.

## **Pérdida de Biodiversidad**

La pérdida de biodiversidad se refiere a la disminución de la variedad de especies animales y vegetales en un ecosistema. Esto puede ser causado por la destrucción de hábitats, la contaminación, la sobre-explotación de recursos y el cambio climático.

Afecta la provisión de servicios ecosistémicos esenciales, como la polinización, el control de plagas y la regulación del clima. Los costos económicos asociados incluyen la pérdida de recursos genéticos y la disminución de la resiliencia de los ecosistemas. La economía ambiental busca cuantificar estos impactos y desarrollar estrategias para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

# Capítulo 2

## Clase 2

### 2.1. Cambio Climático desde la Economía Ambiental

El **cambio climático** es uno de los problemas ambientales más importantes que enfrentamos. Se refiere a las alteraciones a largo plazo en los patrones climáticos globales, atribuidas en gran medida a las actividades humanas que han aumentado la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Estas alteraciones incluyen el aumento de la temperatura global, el derretimiento de glaciares, la elevación del nivel del mar y la mayor frecuencia de fenómenos climáticos extremos.

Desde la *economía ambiental*, el cambio climático es visto como una externalidad negativa a gran escala, donde los costos del daño ambiental no son asumidos por quienes lo generan, sino por la sociedad en su conjunto y por las futuras generaciones. La economía ambiental busca cuantificar estos costos y desarrollar políticas que puedan internalizarlos, promoviendo así un uso más eficiente y sostenible de los recursos naturales.

La *mitigación* del cambio climático implica reducir las emisiones de GEI, mientras que la *adaptación* se centra en ajustar los sistemas económicos y sociales para hacer frente a los impactos inevitables. En este contexto, la economía ambiental juega un papel crucial al diseñar y evaluar políticas como impuestos al carbono, mercados de permisos de emisión y subsidios a las energías renovables, que buscan reducir las emisiones de GEI y promover un desarrollo sostenible que equilibre el crecimiento económico con la conservación del medio ambiente.

### Degradación del Ozono vs Efecto Invernadero

La **degradación del ozono** se refiere al adelgazamiento de la capa de ozono en la estratósfera debido a sustancias como los *Clorofluorocarbonos (CFCs)*, compuestos químicos que contienen cloro, flúor y carbono. Estos compuestos, utilizados en refrigerantes y aerosoles, liberan átomos de cloro que destruyen las moléculas de ozono. La pérdida de ozono aumenta la radiación ultravioleta (UV) que llega a la Tierra, causando problemas de salud y daños a los ecosistemas.

El **efecto invernadero**, por otro lado, es un proceso natural que mantiene la Tierra caliente. Sin embargo, la emisión excesiva de gases de efecto invernadero (GEI) por actividades humanas ha intensificado este efecto, resultando en el calentamiento global y cambios climáticos.

#### Diferencias Clave:

- **Causa:** La degradación del ozono es causada por CFCs, mientras que el efecto invernadero se intensifica por GEI como el CO<sub>2</sub>.
- **Impacto:** La degradación del ozono aumenta la exposición a radiación UV, y el efecto invernadero contribuye al calentamiento global.
- **Ubicación:** La degradación del ozono ocurre en la estratósfera, mientras que el efecto invernadero se produce en la troposfera.

El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra (IPCC, 2012). Esto genera cambios persistentes en el valor medio de las propiedades del clima y/o en la variabilidad, incluyendo:

- Incremento en la temperatura promedio.
- Cambios en la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos extremos.

## Cambio Fundamental del Sistema Financiero

Larry Fink, director ejecutivo de BlackRock, el mayor fondo de administración de activos del mundo indicó: “Estamos al borde de un cambio fundamental del sistema financiero”. Esta afirmación destaca varias tendencias emergentes que están influyendo en el sistema financiero global.

- **Riesgos Financieros del Cambio Climático:** El cambio climático introduce riesgos significativos para los activos financieros. Los eventos climáticos extremos, como huracanes y sequías, pueden causar daños a infraestructuras y propiedades, afectando negativamente los activos asegurados y las inversiones en sectores vulnerables.
- **Transición hacia la Sostenibilidad:** La creciente presión para que las empresas y los inversores adopten prácticas más sostenibles y responsables está transformando el panorama financiero. Los inversores están cada vez más enfocados en la sostenibilidad y en cómo las empresas están gestionando sus riesgos ambientales, llevando a un cambio hacia inversiones en tecnologías limpias, energías renovables y prácticas empresariales sostenibles.
- **Políticas Regulatorias y Normativas:** Los gobiernos y las organizaciones internacionales están implementando regulaciones y políticas que exigen a las empresas y a los inversores considerar el riesgo climático en sus decisiones. Estas políticas están cambiando las reglas del juego para las inversiones y pueden llevar a una revaluación de muchos activos financieros.
- **Cambio en las Preferencias de los Inversores:** Los inversores, especialmente las generaciones más jóvenes, están demandando una mayor responsabilidad social y ambiental de las empresas. Este cambio en las preferencias está influyendo en cómo se asigna el capital y en las estrategias de inversión.
- **Integración de Factores Ambientales en la Valoración de Activos:** La integración de factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en la valoración de activos financieros está ganando importancia. Los riesgos y oportunidades relacionados con el cambio climático se están incorporando cada vez más en los modelos de valoración y en las decisiones de inversión.

El cambio climático no solo es un desafío ambiental, sino que también está redefiniendo la forma en que funciona el sistema financiero global. Los inversores, las empresas y los reguladores están adaptándose a estas nuevas realidades, lo que está llevando a una transformación significativa en cómo se gestionan y valoran los activos financieros.

## El Cisne Verde y el Cambio Climático

Según el Bank for International Settlements (BIS), un **Cisne Verde** es una crisis financiera provocada por el cambio climático. Este concepto se refiere a eventos inesperados y de gran impacto en el sistema financiero, similares al Cisne Negro” pero centrados en el cambio climático.

**Causas:**



- **Riesgos Físicos:** Fenómenos climáticos extremos que causan daños a infraestructuras y activos financieros.
- **Transición a una Economía Baja en Carbono:** Reestructuración económica y riesgos para industrias dependientes de combustibles fósiles.
- **Regulaciones Climáticas:** Políticas que afectan la rentabilidad y valoración de activos financieros.

#### Impactos:

- **Pérdida de Valor de Activos:** Reducción en el valor de activos expuestos a riesgos climáticos.
- **Aumento de la Volatilidad:** Mayor incertidumbre y volatilidad en los mercados financieros.
- **Costos Económicos:** Costos asociados con adaptación, mitigación y gestión de daños.

## Relación entre cambio climático, biodiversidad y buena calidad de vida

El cambio climático puede dañar la biodiversidad al alterar los hábitats y las interacciones entre especies, lo que a su vez puede reducir la capacidad de los ecosistemas para ofrecer servicios esenciales. Esto impacta negativamente la calidad de vida al afectar la disponibilidad de recursos naturales y aumentar los riesgos para la salud y la seguridad alimentaria. Para mantener una buena calidad de vida, es fundamental abordar el cambio climático y conservar la biodiversidad, promoviendo un entorno más sostenible y resiliente.

## 2.2. Que Hacer

Para enfrentar los desafíos del cambio climático y mejorar la calidad de vida es crucial tomar medidas integradas alineadas con los objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

1. **Fin de la Pobreza:** Erradicar la pobreza en todas sus formas y en todos los lugares.
2. **Hambre Cero:** Acabar con el hambre, lograr la seguridad alimentaria, mejorar la nutrición y promover la agricultura sostenible.
3. **Salud y Bienestar:** Asegurar una vida saludable y promover el bienestar para todos en todas las edades.
4. **Educación de Calidad:** Asegurar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida.
5. **Igualdad de Género:** Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
6. **Agua Limpia y Saneamiento:** Asegurar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
7. **Energía Asequible y No Contaminante:** Asegurar el acceso a una energía asequible, confiable, sostenible y moderna para todos.
8. **Trabajo Decente y Crecimiento Económico:** Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.

9. **Industria, Innovación e Infraestructura:** Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
10. **Reducción de las Desigualdades:** Reducir la desigualdad en y entre los países.
11. **Ciudades y Comunidades Sostenibles:** Hacer que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
12. **Producción y Consumo Responsables:** Asegurar modalidades de consumo y producción sostenibles.
13. **Acción por el Clima:** Mejorar la educación, la concienciación y la capacidad humana e institucional sobre la mitigación del cambio climático, su impacto y la adaptación.
14. **Vida Submarina:** Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos.
15. **Vida de Ecosistemas Terrestres:** Gestionar de manera sostenible los bosques, combatir la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y frenar la pérdida de biodiversidad.
16. **Paz, Justicia e Instituciones Sólidas:** Promover sociedades justas, pacíficas e inclusivas con acceso a la justicia para todos y la construcción de instituciones eficaces, responsables e inclusivas.
17. **Alianzas para los Objetivos:** Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

### Propuesta de Acción: Teoría de la Vanidad

Una estrategia innovadora para abordar el cambio climático podría ser la "Teoría de la Vanidad". Esta teoría sugiere que reducir la vanidad y las prácticas de consumo ostentoso puede contribuir significativamente a la sostenibilidad ambiental. Al fomentar un enfoque más humilde y consciente en el consumo y el uso de recursos, se pueden disminuir los impactos negativos sobre el medio ambiente y promover una mayor equidad social. Esta perspectiva puede influir en políticas y prácticas empresariales y personales para lograr un equilibrio más sostenible entre el desarrollo económico y la protección ambiental.

## Riesgos del Cambio Climático

El cambio climático presenta una variedad de riesgos que impactan significativamente en la economía ambiental. Estos riesgos se pueden clasificar en diferentes categorías y se evalúan utilizando diversas metodologías para comprender mejor su impacto y preparar respuestas adecuadas.

### Clasificación de Riesgos del Cambio Climático

#### ■ Riesgos Físicos:

- **Agudos:** Incluyen eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas, lluvias intensas, sequías e inundaciones. Estos eventos pueden causar daños directos a infraestructuras y operaciones, interrumpiendo las actividades y afectando la cadena de suministro.

- **Crónicos:** Refieren a tendencias a largo plazo como el incremento de temperaturas, cambios en los patrones de precipitaciones, aumento del nivel del mar y estrés hídrico. Estos cambios pueden deteriorar gradualmente los activos y la infraestructura, afectando la disponibilidad de recursos y la operatividad de las empresas.

■ **Riesgos de Transición:**

- **Regulatorios:** Incluyen nuevas políticas y mecanismos de precio al carbono, como impuestos o esquemas de comercio de emisiones, que pueden aumentar los costos operacionales y requerir adaptación tecnológica.
- **De Mercado:** Implican cambios en las preferencias de los consumidores hacia productos sostenibles, incertidumbre en los mercados de energía, y aumento en el costo de materias primas y financiamiento.
- **Tecnológicos:** Incluyen riesgos asociados con la transición a tecnologías más limpias, como la sustitución de activos y la inversión en nuevas tecnologías que pueden no tener éxito.
- **Reputacionales:** Abarcan el impacto de la estigmatización del sector y la retroalimentación negativa de los grupos de interés.

**Metodologías de Evaluación de Riesgos** Para cuantificar y monetizar los riesgos del cambio climático, se utilizan diversas metodologías:

- **Valor en Riesgo (VaR):** Estima las pérdidas máximas posibles bajo diferentes escenarios climáticos, ayudando a medir la exposición financiera a los riesgos asociados con el cambio climático.
- **Mapas de Riesgos Climáticos:** Visualizan y cuantifican los impactos de eventos extremos y tendencias crónicas sobre los activos y la operación, facilitando la planificación y gestión de riesgos.
- **Escenarios Estocásticos:** Modelos que simulan diferentes futuros posibles basados en incertidumbres y variables climáticas, proporcionando una gama de posibles impactos y ayudando a preparar respuestas adaptativas.

**Impacto en la Decisión de Inversión** Los riesgos del cambio climático y los mecanismos de precio al carbono afectan la competitividad y rentabilidad de las empresas:

- **Costos de Emisiones de Carbono:** Los precios al carbono pueden influir en los costos operacionales y, por lo tanto, en el valor de la compañía. Las empresas deben evaluar cómo estos costos impactarán su rentabilidad y adaptarse a las regulaciones para mitigar riesgos.
- **Adaptación y Mitigación:** Las empresas con metas de reducción de emisiones pueden reducir su exposición a riesgos financieros y mejorar su sostenibilidad a largo plazo. Implementar estrategias de descarbonización puede proteger el valor y la competitividad en un entorno regulatorio en evolución.

## 2.3. Evaluación y Gestión de los Riesgos e Impactos Ambientales y Sociales

La evaluación y gestión de los riesgos e impactos ambientales y sociales es crucial para las empresas expuestas a riesgos climáticos. La exposición a estos riesgos puede afectar significativamente los

términos del financiamiento bancario, como tasas de interés más altas, mayores requisitos de garantía y condiciones contractuales más estrictas.

## Oportunidades en el Cambio Climático

Adaptarse al cambio climático no solo previene riesgos, sino que también puede generar beneficios y reducir los costos de financiamiento. Las estrategias empresariales individuales son esenciales para enfrentar estos desafíos. Empresas con una exposición significativa a riesgos climáticos suelen recurrir a deuda a largo plazo, lo que requiere una gestión efectiva del riesgo.

## Evaluación de Riesgos Ambientales y Sociales

Es fundamental implementar medidas de priorización, medición, seguimiento y evolución de los riesgos. Los impactos pueden ser prevenibles, mitigables o compensables, y el uso eficiente de los recursos naturales debe ser una prioridad.

## Firm Climate Risk, Risk Management, and Bank Loan Financing

El estudio de Henry He Huang, Joseph, Kerstein, Chong Wang y Feng (Harry) Wu, 2022, examina cómo los riesgos climáticos impactan las condiciones de financiamiento bancario para las empresas, y cómo la gestión de estos riesgos puede influir en los términos y condiciones de los préstamos que reciben de los bancos.

## Enfrentar el Cambio Climático: Marco Institucional en Colombia

Colombia ha desarrollado un robusto marco institucional para abordar el cambio climático, el cual incluye una serie de leyes, políticas y estrategias que buscan mitigar los efectos del cambio climático y promover la sostenibilidad a largo plazo. A continuación, se presenta un resumen de los principales instrumentos y compromisos:

- **Ley de Aprobación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC):** Esta ley formaliza el compromiso de Colombia con los acuerdos internacionales sobre cambio climático, estableciendo las bases para la participación en iniciativas globales.
- **Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC):** Este documento detalla las metas de reducción de emisiones y las acciones que Colombia se compromete a tomar para contribuir a la lucha contra el cambio climático, en el marco del Acuerdo de París.
- **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC):** Establecido para coordinar y planificar las acciones necesarias para adaptarse a los impactos del cambio climático, el PNACC es fundamental para preparar al país frente a los desafíos climáticos futuros.
- **CONPES 3918 - Estrategia para los ODS en Colombia:** Esta estrategia alinea las políticas nacionales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), integrando el cambio climático como una prioridad en la agenda de desarrollo.
- **CONPES 3934 - Política Nacional de Crecimiento Verde:** Define el enfoque de crecimiento verde del país, promoviendo un desarrollo económico sostenible que minimice el impacto ambiental y maximice el bienestar social.

- **Compromisos OCDE:** Colombia se ha comprometido con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) a seguir prácticas que impulsen el desarrollo sostenible y promuevan la transparencia en la gobernabilidad.
- **Actualización de la NDC:** Incluye la revisión y actualización periódica de las metas de reducción de emisiones y las estrategias para cumplir con los compromisos internacionales.
- **Estrategia 2050 - Descarbonización y Adaptación:** Este plan a largo plazo establece las metas para alcanzar la neutralidad de carbono y adaptar la economía y sociedad a los efectos del cambio climático para el año 2050.
- **Política Nacional de Cambio Climático (PNCC):** Implementada en 1994, y actualizada en 2016, establece el marco general para la gestión del cambio climático en el país, definiendo las políticas y estrategias necesarias para abordar este desafío.
- **Ley No. 2169 de 2021 - Ley de Acción Climática:** Introduce medidas adicionales para enfrentar el cambio climático, con un enfoque en la acción coordinada y la implementación de estrategias integrales.
- **Estrategia Nacional de Economía Circular:** Promueve la eficiencia en el uso de recursos y la reducción de residuos, fomentando un modelo económico que apoya la sostenibilidad ambiental.

## Integración de Servicios Ecosistémicos en la Evaluación de Impacto

Integrar los servicios ecosistémicos en la evaluación de impacto ambiental (EIA) significa considerar los beneficios que los ecosistemas proporcionan a las personas, como la purificación del agua y la polinización. Este enfoque busca reconocer el valor de estos servicios, evaluar cómo las actividades afectan estos servicios y fomentar prácticas sostenibles.

## Impacto del Cambio Climático y Pérdida de Capital Natural en Empresas

El cambio climático y la pérdida de biodiversidad tienen impactos profundos en las empresas, afectando tanto los aspectos físicos como los de transición. Estos impactos se transmiten a través de diferentes canales microeconómicos y macroeconómicos, generando riesgos y oportunidades que las empresas deben gestionar de manera integral.

### Impactos Físicos y de Transición

- **Impactos Físicos:** Incluyen efectos directos como aumentos en temperaturas, cambios en patrones de precipitación, inundaciones y sequías. Estos eventos pueden dañar infraestructuras, interrumpir operaciones y afectar la cadena de suministro.
- **Impactos de Transición:** Relacionados con la adaptación a nuevas regulaciones, cambios en las preferencias del consumidor y avances tecnológicos hacia prácticas más sostenibles.

### Canales Microeconómicos

- **Ubicación:** Las empresas ubicadas en regiones vulnerables a riesgos climáticos pueden enfrentar mayores costos y interrupciones.
- **Actividad Económica:** Sectores intensivos en recursos naturales y emisiones son más vulnerables.

- **Dependencia de Recursos Naturales:** Empresas que dependen de recursos naturales pueden enfrentar riesgos debido a la escasez y la degradación de estos recursos.

### Canales Macroeconómicos

- **Crecimiento y Productividad:** Los cambios en el entorno natural pueden afectar el crecimiento económico y la productividad de las empresas.
- **Precios:** Las fluctuaciones en los precios de materias primas y otros recursos pueden afectar la rentabilidad.
- **Bancos y Liquidez:** Los cambios en los ingresos, pasivos, gastos y capital pueden afectar la liquidez y la capacidad de acceso a financiamiento.

### Riesgos Financieros y Otros Riesgos Emergentes

- **Riesgos Financieros:** Incluyen riesgos de crédito, liquidez y organizacionales. Las empresas pueden enfrentar una mayor morosidad en sus carteras de créditos, una desvalorización de garantías y cambios en el valor de sus activos.
- **Otros Riesgos Emergentes:** Pueden incluir riesgos relacionados con la responsabilidad civil, como compensaciones por daños y sanciones legales.

### Impacto en el Cliente y el Entorno

- **Temas Sociales:** Incluyen el impacto en los recursos humanos, la cadena de suministro, las comunidades y el patrimonio cultural.
- **Temas Ambientales:** Abarcan el uso de recursos, la gestión de residuos, las emisiones y los impactos en los ecosistemas.
- **Riesgos de Crédito y de Mercado:** Aumento en la morosidad, desvalorización de garantías y cambios en los precios de activos y materias primas.
- **Riesgo Legal y Reputacional:** Implica sanciones, multas y el impacto en la marca debido a la falta de cumplimiento y restricciones.
- **Riesgo Operacional:** Puede incluir impactos en la cadena de suministro y la suspensión de operaciones debido a eventos climáticos extremos.

## Marco Prudencial para la Gestión de Riesgos

La gestión de riesgos en las instituciones financieras se enfrenta a desafíos significativos debido a la incertidumbre temporal y la no linealidad de los riesgos climáticos. Un marco prudencial sólido es esencial para evaluar, gestionar y mitigar estos riesgos. A continuación, se presenta una visión general del marco prudencial y los enfoques relevantes:

### Marco Microprudencial

- **Evaluación de la Exposición de las Firmas:** Las instituciones deben evaluar su exposición a riesgos climáticos y financieros mediante modelos que consideren la incertidumbre y la no linealidad. Sin embargo, es importante reconocer las limitaciones de estos modelos debido a la naturaleza compleja y dinámica de los riesgos.

- **Comités de Gestión:** Los comités especializados, como el Comité de Riesgos, el Comité de Sostenibilidad y otros, juegan un papel crucial en la gestión de riesgos. Estos comités deben promover la disciplina del mercado y garantizar una gestión adecuada de los riesgos.
- **Promoción de la Disciplina del Mercado:** Se busca mejorar la transparencia y la responsabilidad en la gestión de riesgos para fortalecer la estabilidad financiera y fomentar prácticas responsables.

### Marco Macroeprudencial

- **Gestión de Riesgos:** Incluye riesgos comerciales, crediticios y operacionales. Las instituciones deben implementar análisis de estrés para evaluar la resiliencia ante riesgos de transición y otros riesgos financieros.
- **Mejora de la Resiliencia:** El objetivo es fortalecer la capacidad de las instituciones para resistir y adaptarse a cambios en el entorno económico y climático, minimizando el impacto de los riesgos.
- **Segmentación con Alcance ARAS:** Se enfoca en clientes, proveedores, inversiones y otras áreas para reducir la exposición a riesgos y gestionar los impactos de manera efectiva.

### Identificación, Medición y Gestión de Impactos

- **Identificación:** Identificar los riesgos y sus posibles impactos es el primer paso en el proceso de gestión de riesgos.
- **Medición:** Utilizar herramientas y modelos adecuados para medir la magnitud de los riesgos y su impacto en las operaciones y la estabilidad financiera.
- **Gestión:** Implementar estrategias para gestionar y mitigar los riesgos identificados, asegurando que las instituciones financieras estén preparadas para enfrentar desafíos futuros.





# Capítulo 3

## Clase 3

### 3.1. El Poder y la Responsabilidad de la Economía Ambiental

La economía es una herramienta sumamente poderosa que proporciona una visión coherente del mundo y directrices para la mejora de la sociedad. Su capacidad para modelar comportamientos, analizar datos y predecir consecuencias la convierte en un recurso invaluable para entender y abordar problemas complejos, incluyendo aquellos relacionados con el medio ambiente. No obstante, este poder conlleva una gran responsabilidad, ya que los modelos económicos y sus recomendaciones pueden tener impactos significativos en la realidad.

#### Economía como Herramienta para el Bienestar Social

La economía, en su esencia, busca mejorar el bienestar social a través de la asignación eficiente de recursos. Esto incluye la optimización de procesos productivos y la maximización del bienestar de los individuos. En el contexto ambiental, esto se traduce en diseñar políticas y estrategias que no solo promuevan el desarrollo económico, sino que también preserven y protejan el entorno natural. La economía ambiental emerge como una rama que aplica estos principios al análisis de la degradación ambiental y a la formulación de políticas que equilibren el crecimiento económico con la sostenibilidad ecológica.

#### La Complejidad de Modelar el Mundo Real

Aunque la economía proporciona valiosas herramientas analíticas, es crucial reconocer que vivimos en un mundo complejo donde no existe un único modelo económico que pueda capturar toda la realidad. Los modelos económicos, incluyendo los aplicados a problemas ambientales, son simplificaciones que buscan representar aspectos específicos de la realidad. Sin embargo, estos modelos deben ser tratados con precaución, ya que sus conclusiones pueden depender en gran medida de las suposiciones subyacentes y las limitaciones inherentes a los modelos.

#### El Riesgo de la Simplificación Excesiva

El riesgo principal de la economía es la simplificación excesiva de problemas complejos. Al modelar el comportamiento económico y sus interacciones con el medio ambiente, los economistas deben considerar una amplia gama de factores, incluyendo aspectos sociales, políticos y ambientales. La economía neoclásica, aunque influyente, ha sido criticada por su tendencia a ignorar o subestimar las externalidades ambientales y los impactos ecológicos del crecimiento económico. Esta simplificación

puede llevar a políticas que prioricen el desarrollo económico a corto plazo sobre la conservación ambiental a largo plazo.

## Responsabilidad en la Aplicación de Modelos Económicos

La responsabilidad de los economistas radica en utilizar modelos económicos de manera ética y consciente, reconociendo sus limitaciones y buscando integrar una perspectiva multidisciplinaria. La economía ambiental no debe ser vista como una disciplina aislada, sino como un campo que debe colaborar con otras ciencias para abordar los desafíos ambientales de manera integral. La aplicación de la economía al análisis de problemas ambientales debe ser guiada por principios de equidad, sostenibilidad y responsabilidad social, asegurando que las políticas diseñadas beneficien tanto a las generaciones presentes como futuras.

La economía ambiental, al igual que la economía en general, enfrenta el desafío de balancear el desarrollo económico con la preservación del entorno natural, reconociendo sus limitaciones y buscando soluciones integradas y sostenibles.

## 3.2. Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son los beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas en funcionamiento. Estos servicios comprenden una amplia gama de funciones ecológicas y procesos naturales que, directa o indirectamente, contribuyen al bienestar humano. La comprensión de estos servicios es fundamental para la gestión sostenible de los recursos naturales y la formulación de políticas que promuevan tanto el desarrollo económico como la conservación ambiental.

### Clasificación de Servicios Ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos se pueden clasificar en cuatro grandes categorías:

- **Servicios de Soporte:** Estos servicios son fundamentales para la producción de otros servicios ecosistémicos. Incluyen procesos como la formación del suelo, el ciclo de nutrientes y la fotosíntesis. Son esenciales para el mantenimiento de la estructura y la función de los ecosistemas, aunque a menudo no son visibles para las personas.
- **Servicios de Regulación:** Se refieren a la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ambientales y climáticos. Incluyen la regulación del clima, la purificación del aire y el agua, el control de plagas y la protección contra desastres naturales como inundaciones y tormentas. Estos servicios ayudan a mantener un equilibrio en el medio ambiente que beneficia a las sociedades humanas.
- **Servicios Culturales:** Estos servicios abarcan los beneficios intangibles que las personas obtienen de los ecosistemas, como la recreación, la belleza paisajística y los valores culturales y espirituales. Los servicios culturales enriquecen la calidad de vida y proporcionan experiencias estéticas y recreativas que tienen un valor significativo para el bienestar humano.
- **Servicios de Provisión:** Son los productos tangibles que se obtienen directamente de los ecosistemas, como alimentos, agua, madera y medicamentos. Estos servicios son esenciales para la supervivencia y el desarrollo económico de las sociedades, ya que proporcionan recursos que se utilizan en la vida diaria y en la producción económica.

## Modelo de Flujo de Servicios Ecosistémicos

El *Modelo de Flujo de Servicios Ecosistémicos* es una herramienta que ilustra la relación entre los procesos ecológicos, los servicios que estos procesos proporcionan, los beneficios resultantes y el valor económico asociado. Este modelo muestra cómo los componentes biológicos y ecológicos de un ecosistema, como un hábitat forestal o la productividad primaria neta, se transforman en servicios ecosistémicos. Estos servicios generan beneficios que impactan en el bienestar humano y se traducen en valores económicos que pueden ser evaluados y gestionados.

El modelo facilita la comprensión de cómo los procesos naturales se convierten en servicios tangibles y cómo estos servicios afectan la calidad de vida y la economía. Es una representación útil para identificar los puntos críticos en los que las intervenciones pueden mejorar la gestión de los recursos y maximizar el impacto positivo en el bienestar humano.

## Interacción entre Tipos de Capital

La interacción entre los diferentes tipos de capital—capital construido, social, humano y natural—es fundamental para comprender cómo los servicios ecosistémicos contribuyen al bienestar humano. Cada tipo de capital desempeña un papel único y complementario en la creación de valor para las sociedades.

- **Capital Construido:** Se refiere a las infraestructuras y tecnologías creadas por los seres humanos, como edificios, carreteras y sistemas de transporte. Este capital facilita el acceso a los servicios ecosistémicos al mejorar la conectividad y la eficiencia en el uso de los recursos. Sin embargo, el capital construido también puede tener impactos negativos en el medio ambiente, como la degradación de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad.
- **Capital Social:** Incluye las redes, relaciones y normas sociales que facilitan la cooperación y la cohesión dentro de una comunidad. Un fuerte capital social puede mejorar la gestión de los recursos naturales y la protección de los servicios ecosistémicos al promover la participación comunitaria y el cumplimiento de normas ambientales. Además, el capital social puede influir en la capacidad de las sociedades para adaptarse a cambios y desafíos ambientales.
- **Capital Humano:** Comprende las habilidades, conocimientos y capacidades de los individuos. El capital humano es crucial para la toma de decisiones informadas y la implementación de prácticas sostenibles que maximizan los beneficios de los servicios ecosistémicos. La educación y la capacitación pueden mejorar la capacidad de las personas para gestionar y conservar los recursos naturales de manera efectiva.
- **Capital Natural:** Incluye los recursos naturales y los ecosistemas que proporcionan los servicios ecosistémicos. Este tipo de capital es la base sobre la cual los otros tipos de capital se desarrollan y operan. El capital natural no solo ofrece recursos tangibles como agua, madera y alimentos, sino que también proporciona funciones vitales como la regulación del clima y la purificación del aire.

La interrelación entre estos tipos de capital implica que los servicios ecosistémicos no fluyen directamente hacia los beneficios humanos, sino que están integrados en un sistema complejo donde cada tipo de capital influye en los demás. Por ejemplo, la infraestructura (capital construido) puede facilitar el acceso a servicios ecosistémicos, pero al mismo tiempo, su construcción y mantenimiento pueden afectar negativamente el capital natural. De manera similar, el conocimiento y las habilidades (capital humano) pueden mejorar la gestión de los recursos naturales, mientras que las relaciones y la cooperación (capital social) pueden fomentar prácticas sostenibles.

Para abordar de manera efectiva los servicios ecosistémicos, es esencial adoptar una perspectiva amplia y transdisciplinaria que considere la interacción entre estos diferentes tipos de capital. Esto implica reconocer cómo las decisiones relacionadas con el capital construido y humano afectan al capital natural y viceversa, y buscar soluciones integradas que maximicen el bienestar humano mientras se preservan los ecosistemas y sus funciones.

## Modelo de Crecimiento y Acumulación de Capital con expectativas ecosistemas

Dos enfoques neoclásico y poskeynesiano se proponen para ofrecer una visión integral de cómo los diferentes tipos de capital—incluyendo el capital natural y los servicios ecosistémicos—afectan la producción y el bienestar económico.

## Propuesta de Modelo Neoclásico con Componentes Ambientales

Amplíemos la idea clásica de producción (función de Cobb-Douglas) para incorporar los impactos del capital natural y los servicios ecosistémicos.

### Función de Producción

En el modelo estándar neoclásico, la función de producción es:

$$Y(t) = A(t) \cdot K(t)^\alpha \cdot L(t)^{1-\alpha}$$

Podríamos modificar esta función para incluir el **capital natural**  $N(t)$ , que podría representar la calidad del ecosistema, los recursos naturales o los servicios que ofrece la naturaleza (como la captura de carbono, biodiversidad, etc.). Una opción sería:

$$Y(t) = A(t) \cdot K(t)^\alpha \cdot L(t)^\beta \cdot N(t)^\gamma$$

Donde:

- $K(t)$  es el capital físico (infraestructura, maquinaria, etc.).
- $L(t)$  es el trabajo (empleo).
- $N(t)$  es el capital natural (ecosistemas, biodiversidad, recursos).
- $A(t)$  es el progreso tecnológico.
- $\alpha, \beta, \gamma$  son las elasticidades de cada factor.

### Acumulación de Capital

El capital físico y el capital natural se acumulan de diferentes maneras. El capital físico sigue el crecimiento típico del modelo de Solow:

$$\frac{dK(t)}{dt} = s \cdot Y(t) - \delta_K \cdot K(t)$$

Donde  $s$  es la tasa de ahorro, y  $\delta_K$  es la tasa de depreciación del capital físico.

Para el **capital natural**, se podría suponer un comportamiento similar pero con una tasa de regeneración del capital natural y degradación causada por el uso económico:

$$\frac{dN(t)}{dt} = r_N \cdot N(t) - d_N \cdot Y(t)$$

Donde:

- $r_N$  es la tasa de regeneración del capital natural.
- $d_N$  es la tasa de degradación ambiental debida a la producción económica.

Esto refleja que un aumento en la producción económica puede deteriorar el capital natural si no se gestiona de manera sostenible.

### Emisiones

Una parte fundamental de este modelo es considerar las **emisiones** y su impacto en el ambiente. Podríamos modelar las emisiones de CO2 como una función de la producción económica:

$$E(t) = e_Y \cdot Y(t)$$

Donde  $e_Y$  es la intensidad de carbono de la economía. Las emisiones alimentan el modelo climático y afectan el capital natural  $N(t)$  al deteriorar los ecosistemas (por ejemplo, a través del cambio climático).

## Propuesta de Modelo Poskeynesiano con Capital Natural

El **Modelo Poskeynesiano con Capital Natural** incorpora dinámicas más complejas entre la demanda agregada, la distribución del ingreso y la sostenibilidad ecológica.

En este modelo, enfocamos la interacción entre variables económicas reales como la demanda efectiva, la distribución del ingreso y el ciclo de inversión. El capital natural puede ser tratado como una variable exógena o endógena, dependiendo de su relación con la inversión y las políticas ambientales.

### Función de Producción con Capital Natural

En el enfoque poskeynesiano, se puede considerar una función de producción lineal de tipo Kaleckiano que incluya componentes ambientales:

$$Y(t) = v \cdot I(t) + g \cdot N(t)$$

Donde:

- $v$  es el multiplicador de la inversión.
- $I(t)$  es la inversión en capital físico.
- $g$  es el impacto directo del capital natural en la producción.
- $N(t)$  sigue siendo el capital natural.

Este enfoque kaleckiano resalta el papel central de la inversión en la determinación del nivel de producción, al tiempo que incluye los efectos del capital natural en la economía, lo que hace que la sostenibilidad ecológica influya en la producción.

## Dinámica de la Inversión

La inversión,  $I(t)$ , depende del nivel de **beneficios**  $\pi(t)$  y de las expectativas de los empresarios sobre el futuro crecimiento económico. En este modelo, la relación entre el capital natural y la inversión es más directa, ya que políticas que promueven la sostenibilidad y la conservación del capital natural (como la inversión en energías renovables o tecnologías limpias) pueden estimular la inversión en el largo plazo.

La inversión no solo responde a las expectativas de beneficios futuros, sino también a las políticas ambientales que mejoran la preservación del capital natural, haciendo que la inversión tenga un impacto positivo en la sostenibilidad.

## Modelo de Crecimiento con Sostenibilidad

En este modelo poskeynesiano, el crecimiento puede estar limitado por el agotamiento del capital natural. Esto afecta las tasas de inversión y el crecimiento a largo plazo:

$$\frac{dI(t)}{dt} = f(\pi(t), e_Y, N(t))$$

Donde:

- $\pi(t)$  son los beneficios empresariales, que dependen de la sostenibilidad del capital natural y de las expectativas económicas.
- $e_Y$  es la intensidad de carbono de la economía.
- $N(t)$  es el capital natural disponible.

Este modelo captura las interrelaciones entre las expectativas económicas, la inversión, los beneficios empresariales y el capital natural. Muestra que el crecimiento económico sostenible solo es posible si se mantiene y mejora el capital natural, lo cual afecta tanto a la capacidad productiva como a las decisiones de inversión. (espero mas adelante probar la composicion de la funcion  $I(t)$  en  $Y(t)$ )

## Implementación en EN-ROADS

Para simular estos enfoques en EN-ROADS, podrías:

### 1. Modelo Neoclásico con Componentes Ambientales:

- Incorporar políticas de conservación del capital natural, como la **protección de bosques** y **restauración de ecosistemas**, simulando su impacto en la captura de carbono y la mejora del capital natural a largo plazo. EN-ROADS permite ajustar la **deforestación** y las **soluciones basadas en la naturaleza**, mostrando cómo estas medidas afectan la productividad económica y la sostenibilidad ambiental.
- Modelar el impacto de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono (**CDR**) y el cambio hacia **energías renovables**, simulando su efecto en la **intensidad de carbono**. Puedes ajustar los supuestos sobre la penetración de renovables, **electrificación** y el desarrollo de **nueva tecnología cero C**, observando cómo estos cambios influyen en la reducción de emisiones y en el crecimiento económico.

### 2. Modelo Poskeynesiano con Capital Natural:

- Simular cómo las inversiones en **tecnologías limpias** y las políticas de **transición justa** (como el gasto gubernamental en sostenibilidad) afectan las expectativas económicas y el crecimiento. Puedes ajustar las inversiones en **energía renovable**, **eficiencia energética** y **electrificación** en sectores clave (como **transporte** y **edificios e industria**) para ver cómo estos elementos estimulan la demanda agregada y, al mismo tiempo, protegen el capital natural.
- Ver el impacto de políticas como la **redistribución del ingreso** o el gasto en tecnologías limpias en la sostenibilidad a largo plazo. EN-ROADS permite ajustar los supuestos relacionados con el **crecimiento económico**, **población** y **precios al carbono**, lo cual permite evaluar cómo estas políticas impactan la inversión en tecnologías limpias y la preservación del capital natural, fomentando un crecimiento económico inclusivo y sostenible.

### 3.3. Impactos, Legislación y Toma de Decisiones

#### Evaluación Ambiental e Impactos

La evaluación ambiental es un proceso fundamental para identificar y valorar los impactos potenciales de un proyecto o actividad sobre el medio ambiente. Este proceso incluye la identificación de impactos significativos, tanto aquellos que pueden ser internalizados mediante medidas de manejo ambiental (PMA) como aquellos que no pueden ser internalizados y deben ser valorados y gestionados de manera diferente.

#### Impactos Ambientales Significativos

Los impactos ambientales significativos son aquellos cambios en el medio ambiente que pueden tener consecuencias sustanciales en términos ecológicos, económicos o sociales. Estos impactos pueden ser positivos o negativos, y su significancia depende de factores como la magnitud, la duración, la reversibilidad y la frecuencia del impacto. Un impacto significativo no internalizado puede resultar en una degradación ambiental irreversible o en la pérdida de servicios ecosistémicos críticos.

#### Impactos Internalizables

Los impactos internalizables son aquellos que pueden ser gestionados eficazmente a través de medidas de prevención, mitigación o corrección. La internalización de impactos se basa en la predictibilidad temporal y espacial del cambio biofísico, y en la certeza y exactitud de las medidas implementadas. Estos impactos se pueden representar mediante el costo económico de las medidas preventivas y correctivas, calculados a través de la siguiente fórmula:

$$EC_i = CT_i + CO_i + CP_i \quad (3.1)$$

donde:

- $EC_i$  es el costo económico del impacto  $i$ ,
- $CT_i$  son los costos preventivos,
- $CO_i$  son los costos de corrección,
- $CP_i$  son los costos de prevención.

La evaluación económica de estos costos es esencial para determinar la viabilidad de un proyecto y para asegurar que los impactos ambientales sean adecuadamente gestionados y no se transfieran como externalidades negativas a la sociedad.

## Impactos No Internalizables

Los impactos no internalizables son aquellos cuyos efectos no pueden ser mitigados completamente mediante medidas de manejo. Estos impactos suelen ser de larga duración, acumulativos, sinérgicos o permanentes, afectando aspectos cruciales como la regulación hídrica, la calidad del aire, la biodiversidad y los paisajes. La cuantificación biofísica de estos cambios en los servicios ecosistémicos (SSEE) es clave para evaluar su verdadero costo y la necesidad de medidas compensatorias o restaurativas.

La economía ambiental proporciona herramientas para valorar estos impactos a través de análisis costo-beneficio (ACB) que consideran tanto los costos económicos directos como los costos ambientales indirectos. Para los impactos no internalizables, es fundamental determinar el balance adecuado entre la protección ambiental y el uso de los recursos naturales, planteando preguntas como:

- ¿Cuál es el equilibrio óptimo entre la protección ambiental y el desarrollo económico?
- ¿Cómo podemos inducir a los agentes económicos a utilizar el medio ambiente de manera sostenible?

## Análisis de Internalización

El análisis de internalización de impactos se fundamenta en tres pilares principales:

1. **\*\*Predictibilidad Temporal y Espacial del Cambio Biofísico\*\***: La capacidad de predecir cómo y cuándo ocurrirá un cambio en el ambiente es crucial para planificar medidas efectivas de manejo.
2. **\*\*Certeza y Exactitud en las Medidas de Prevención o Corrección\*\***: Las medidas implementadas deben tener una alta probabilidad de éxito para ser consideradas viables en la internalización de impactos.
3. **\*\*Efectividad de los Programas de Corrección\*\***: Los programas deben ser efectivos para ser considerados como soluciones completas a los impactos identificados.

Si no se cumplen estos criterios, los impactos deben ser valorados y gestionados mediante mecanismos económicos, como pagos por servicios ambientales (PSA) o compensaciones.

## Cuantificación y Valoración de Impactos

La cuantificación biofísica de los cambios en los SSEE y la valoración económica de los impactos son esenciales para la toma de decisiones informadas. Los indicadores del deterioro ambiental, como la pérdida de biodiversidad, la alteración de la calidad del aire y el agua, y la afectación a la calidad de vida humana, deben ser medidos y valorados en términos económicos para determinar la inversión necesaria en medidas de manejo y prevención.

El valor económico de la internalización está relacionado con los costos preventivos y correctivos, que se pueden calcular como:

$$EC = \sum_{i=1}^n \frac{EC_i}{(1 + TSD)^i} \quad (3.2)$$

donde  $TSD$  es la tasa social de descuento utilizada para actualizar los valores a presente.



## Sobre la Internalización de Impactos

El análisis de la internalización de impactos y la toma de decisiones informadas son fundamentales para asegurar que los proyectos y actividades económicas sean sostenibles a largo plazo. La integración de la evaluación ambiental en la planificación económica y la legislación es esencial para lograr un desarrollo que equilibre las necesidades económicas con la conservación del medio ambiente, garantizando así el bienestar de las generaciones presentes y futuras.

## 3.4. Métodos de Valoración: Generalidades

En la economía ambiental, los métodos de valoración son esenciales para cuantificar el valor económico de los bienes y servicios ecosistémicos, permitiendo una mejor toma de decisiones en cuanto a la gestión y conservación del medio ambiente. Estos métodos se dividen en dos categorías principales: **valores de uso** y **valores de no uso**.

### Valores de Uso

Los valores de uso representan los beneficios directos e indirectos que las personas obtienen de los ecosistemas. Se dividen en tres subcategorías:

#### Valor de Uso Directo

- **Uso Extractivo:** Se refiere a los recursos que se pueden extraer y consumir directamente de los ecosistemas, como la madera, los peces, y otros productos naturales.
- **Uso No Extractivo:** Incluye los beneficios que se obtienen sin extraer recursos, como la recreación y la apreciación estética de la naturaleza.

#### Valor de Uso Indirecto

Asociado a los servicios de regulación que proporcionan los ecosistemas, como la regulación del clima, la purificación del agua, y la polinización, los cuales son fundamentales para la supervivencia y el bienestar humano.

### Valores de No Uso

Estos valores reflejan la satisfacción que una persona experimenta al saber que los ecosistemas y los recursos naturales existen y estarán disponibles para otros o para sí mismo en el futuro, incluso si no se utilizan en el presente.

#### Valor de Opción

Representa la disposición a pagar (DAP) para asegurar la opción de usar el medio ambiente en el futuro, en caso de que no se utilice ahora.

#### Valor de Existencia

Este valor refleja la DAP por la preservación de los ecosistemas, motivada por el conocimiento de que estos existirán y estarán protegidos, independientemente de su uso actual.

## Valor de Legado

Refleja la satisfacción individual al saber que los servicios ecosistémicos se preservarán para las generaciones futuras, asegurando su disponibilidad para el disfrute de nuestros descendientes.

## Técnicas de Valoración Económica

Las técnicas de valoración económica permiten cuantificar los valores mencionados anteriormente y se agrupan en dos métodos principales: **preferencias reveladas** y **preferencias declaradas**.

### Métodos de Preferencias Reveladas

Estos métodos utilizan mercados existentes que están relacionados con el bien o servicio ambiental en estudio. Los principales métodos incluyen:

#### Método del Costo del Viaje (MCV)

Utilizado para valorar la recreación, este método se basa en los costos de viaje y el tiempo invertido para disfrutar de un sitio natural, permitiendo estimar una función de demanda y el bienestar asociado al acceso o a cambios en el sitio.

#### Método de los Precios Hedónicos (MPH)

El valor de un bien, como una vivienda, se analiza en función de sus características y la calidad ambiental del entorno. Un cambio en la calidad ambiental afecta el precio del bien, permitiendo inferir el valor del cambio en el ambiente.

#### Métodos de Cambios en la Productividad (MCP)

Establecen una relación causal entre un cambio en la calidad o cantidad de un ecosistema y cómo dicho cambio afecta la productividad, como en la agricultura, y, por ende, el bienestar de las personas.

#### Método de Costos Evitados o Inducidos (MCE&MCI)

Cuantifica los costos evitados por mejoras en la calidad ambiental o los costos inducidos por desmejoras, como la necesidad de tratamiento adicional del agua debido a la degradación de un humedal.

#### Métodos de Costos de Salud y Afectación al Capital Humano (MCS&ACH)

Evalúan los impactos de la calidad ambiental sobre la salud humana, incluyendo costos médicos y pérdidas en ingresos debido a incapacidades o mortalidad.

### Métodos de Preferencias Declaradas

Estos métodos indagan directamente el valor de un cambio en la calidad ambiental mediante la creación de escenarios hipotéticos.

#### Método de Valoración Contingente (MVC)

Se basa en encuestas donde se describe un cambio ambiental y se pregunta por la DAP para evitar o implementar ese cambio, utilizando mercados hipotéticos y detallando cómo se pagaría y por cuánto tiempo.

### Método de Experimentos de Elección (MEE)

Se presenta a los encuestados un conjunto de alternativas de bienes o servicios ecosistémicos, cada una con atributos y costos asociados. A través de la elección preferida, se estima la valoración de cada atributo y se deduce la tasa marginal de sustitución.

## La Tasa Social de Descuento (TSD)

La TSD es un factor crucial en la toma de decisiones, ya que establece la equivalencia entre el consumo presente y los beneficios futuros. Una TSD alta indica una preferencia por el consumo presente, reduciendo la importancia de los beneficios futuros. En el contexto del licenciamiento ambiental en Colombia, se utiliza un método de descuento dual con tasas decrecientes a lo largo del tiempo, considerando la duración del proyecto y la vida útil de las obras.

## Análisis de Sensibilidad

El análisis de sensibilidad es una herramienta fundamental para evaluar cómo los cambios en diferentes parámetros pueden afectar los resultados de un proyecto o política. Los aspectos más relevantes en este contexto son:

- **Cambios en las preferencias de los individuos:** Variaciones en las preferencias pueden modificar la disposición a pagar y, por ende, afectar la valoración económica de los ecosistemas.
- **Tasa Social de Descuento:** Alteraciones en la TSD pueden cambiar significativamente los resultados de los análisis costo-beneficio, inclinando la balanza hacia la conservación o el uso presente de los recursos.
- **Cambios en la tasa de recuperación de los ecosistemas:** Modificaciones en la capacidad de los ecosistemas para recuperarse de impactos pueden influir en la valoración de sus servicios.
- **Variación en las condiciones biofísicas:** Cambios en las condiciones ambientales pueden alterar la productividad y los servicios que los ecosistemas proporcionan.
- **Cambios en los costos:** Fluctuaciones en los costos de mitigación, restauración o conservación pueden influir en la toma de decisiones.
- **Cambios en los beneficios:** Variaciones en los beneficios proyectados de un proyecto ambiental afectan la viabilidad económica y la valoración de sus impactos.
- **Cambios en la duración de las obras del proyecto:** La duración del proyecto puede influir en la magnitud de los impactos y los costos asociados.
- **Lapso de vida del proyecto:** Un cambio en la vida útil del proyecto puede alterar la evaluación de los costos y beneficios a largo plazo.
- **Incertidumbre en eventos que modifiquen el cronograma de construcción:** Factores imprevistos pueden alterar significativamente el cronograma y, por lo tanto, los costos y beneficios evaluados.

Estas herramientas y conceptos permiten valorar de manera integral los beneficios y costos asociados a la conservación y uso de los ecosistemas, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones que equilibran el desarrollo económico con la preservación ambiental.



# Capítulo 4

## Lecturas

### 4.1. Lectura 3: Servicios Ecosistémicos y su Evolución

En 1997, dos publicaciones influyentes sobre servicios ecosistémicos cambiaron la forma en que entendemos el valor de la naturaleza. Estas publicaciones fueron un libro editado por Gretchen Daily y un artículo en *Nature* liderado por Robert Costanza. Estas obras sentaron las bases para un campo de estudio y política que explora cómo los ecosistemas naturales benefician a los humanos.

#### Definición de Servicios Ecosistémicos

- **Servicios Ecosistémicos:** Son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Incluyen cosas como la purificación del agua, la regulación del clima, la polinización de cultivos y la belleza natural.

#### Importancia y Valoración

- **Valor Económico:** Las primeras estimaciones sugirieron que el valor de estos servicios es mucho mayor que el PIB global, destacando su importancia crucial para el bienestar humano.
- **Controversia:** Estas estimaciones generaron debates sobre si era apropiado poner un precio a la naturaleza y sobre la precisión de los métodos utilizados.

#### Impacto y Desarrollo

- **Investigación y Políticas:** Las publicaciones provocaron un aumento en la investigación y en la incorporación de los servicios ecosistémicos en políticas y prácticas de gestión ambiental.
- **Instituciones y Programas:** Se han creado nuevas instituciones y programas para estudiar y gestionar estos servicios, como la revista *Ecosystem Services*.

#### Lecciones Aprendidas

- **Definiciones y Clasificaciones:** Ha habido un progreso en cómo definimos y clasificamos los servicios ecosistémicos.
- **Valoración:** Aunque valorar estos servicios en términos monetarios puede ser polémico, es útil para tomar decisiones informadas sobre el uso y conservación de los recursos naturales.
- **Investigación Continua:** La investigación sobre servicios ecosistémicos sigue avanzando, con nuevas metodologías y enfoques.

## Recomendaciones Futuras

- **Cambio en la Teoría Económica:** Se sugiere que para lograr un desarrollo sostenible, la teoría económica debe integrar de manera más profunda el valor de los servicios ecosistémicos y considerar su papel central en el bienestar humano.

## Conclusión

Las publicaciones de 1997 sobre servicios ecosistémicos marcaron un hito al destacar la importancia de los ecosistemas para la vida humana. Han impulsado una gran cantidad de investigación y cambios en políticas, y continúan siendo relevantes para abordar los desafíos ambientales y económicos actuales.

## 4.2. Lectura 4: Medición de los Valores Económicos de la Naturaleza

El artículo *On Measuring Economic Values for Nature* destaca que en las últimas décadas, ha crecido el interés por valorar económicamente los ecosistemas, impulsado por el análisis de costo-beneficio y la inclusión de la integridad de los ecosistemas en políticas fiscales. Valorar estos sistemas es complejo debido a sus interrelaciones y la subestimación de beneficios por métodos convencionales.

Se entiende que, investigaciones como las de Costanza et al. intentan estimar el valor monetario de los servicios ecosistémicos, pero enfrentan críticas por su precisión. La valoración debe enfocarse en cambios específicos y usar técnicas adecuadas para servicios como recreación y purificación de agua.

El valor económico se determina por la contribución al bienestar humano. La valoración económica, crucial en análisis de costo-beneficio y en la determinación de responsabilidades por daños a recursos naturales, debe integrar valores no comercializados. Los economistas comparan situaciones alternativas para medir el valor económico.

Reconoce que valorar ecosistemas requiere considerar el contexto específico para evitar decisiones irracionales. Ampliar los estudios pequeños a escalas globales es problemático. Los métodos para servicios no comercializables incluyen la valoración contingente o el costo de reemplazo, mientras que los servicios con efectos indirectos o culturales presentan mayores desafíos.

Expresa que la valoración económica debe integrarse con perspectivas culturales, sociales y ecológicas. La colaboración entre disciplinas ambientales y economistas es esencial para decisiones más informadas.

## 4.3. Lectura 5: Valoración de los Servicios Ecosistémicos

Este texto explora la valoración de los servicios ecosistémicos y los desafíos asociados con la incorporación de estas valoraciones en las políticas públicas y procesos de toma de decisiones. A continuación, se resumen los puntos clave:

### Los Ecosistemas como Activos de Capital

- **Ecosistemas como Capital:** Los ecosistemas, cuando se gestionan adecuadamente, se asemejan a activos de capital que proporcionan servicios esenciales, tales como la producción de

bienes, procesos de soporte vital y condiciones que satisfacen la vida.

- **Valoración y Gestión:** A pesar de su importancia, los ecosistemas a menudo son mal entendidos y subvalorados, lo que lleva a su degradación y pérdida.

## Ejemplos de Gestión y Valoración de Ecosistemas

- **Australia y Costa Rica:**
  - **Australia:** Earth Sanctuaries, Ltd., se convirtió en la primera empresa de conservación en cotizar en bolsa. Restaura tierras y fauna, generando ingresos a través de diversos medios. La Sydney Futures Exchange también se está posicionando en el comercio de servicios ecosistémicos como la captura de carbono.
  - **Costa Rica:** El gobierno compensa a los propietarios de tierras por los servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la biodiversidad y la belleza escénica. Este enfoque ha llevado a una significativa conservación y restauración forestal.

## Proceso de Valoración

- **Tres Pasos para la Toma de Decisiones:**
  1. **Identificación de Alternativas:** Esencial pero a menudo subestimado, se centra en explorar todas las opciones posibles, incluidas las basadas en ecosistemas.
  2. **Medición de Impactos:** Identificar y cuantificar todos los impactos de cada alternativa, aunque esto es a menudo difícil debido a la falta de conocimiento preciso.
  3. **Valoración:** Convertir los impactos en unidades comparables, típicamente monetarias, para sopesar las consecuencias de cada opción.

## Principios de Valoración

- **Cambios Incrementales:** Las políticas públicas suelen implicar cambios incrementales en lugar de revolucionarios.
- **Valores Democráticos:** La toma de decisiones sociales debe reflejar los valores de los ciudadanos individuales en lugar de ser impuestos por el estado.
- **Preferencias Reveladas:** Siempre que sea posible, los valores de las personas deben inferirse de decisiones reales en lugar de escenarios hipotéticos.

## Limitaciones y Desafíos

- **Agregación de Preferencias:** Agregar las preferencias individuales en valores sociales implica juicios de valor sin un método universalmente aceptado.
- **Respuestas No Lineales:** Los ecosistemas a menudo responden de manera no lineal a los cambios, lo que dificulta la medición separada de valores incrementales.
- **Tasa de Descuento:** La elección de la tasa de descuento afecta significativamente las decisiones que involucran costos y beneficios a largo plazo; tasas más altas pueden justificar la explotación de recursos a expensas de las generaciones futuras.
- **Incertidumbre:** Debido a la complejidad de los ecosistemas, existe un alto nivel de incertidumbre, lo que sugiere un enfoque cauteloso en la toma de decisiones.

## Aplicaciones Prácticas

- **Cambios Institucionales:** Los rápidos cambios en las instituciones están llevando a nuevas formas de valorar y gestionar los servicios ecosistémicos. Por ejemplo, los municipios están reconociendo el valor de la purificación natural del agua frente a la construcción de plantas de filtración.
- **Agrupación de Servicios:** En lugares como Australia y Costa Rica, se están agrupando múltiples servicios ecosistémicos para lograr los resultados deseados a través de cambios en el uso del suelo.

## Conclusión

**Valoración como Herramienta:** Aunque la valoración es una herramienta útil para organizar la información, no es un fin en sí mismo. Debe utilizarse junto con otros instrumentos y arreglos que permitan a los individuos y las sociedades capturar eficazmente el valor de los activos ecosistémicos.

### 4.4. Lectura 6: La naturaleza de la econometría

Arnold Zellner, un economista y estadístico influyente, es conocido por sus contribuciones a la econometría bayesiana y por sus esfuerzos en clarificar los fundamentos filosóficos de la econometría. En su obra *Philosophy and Objectives of Econometrics*, Zellner aborda la naturaleza de la econometría como disciplina, destacando la importancia de combinar teoría económica, estadística y matemática para analizar datos económicos.

Uno de los objetivos clave de Zellner en este trabajo es resaltar la necesidad de un enfoque coherente y unificado en la econometría que permita una mejor interpretación y aplicación de los modelos econométricos. Algunos puntos clave de este trabajo incluyen:

- **Filosofía de la Ciencia:** Zellner enfatiza la relación entre la econometría y la filosofía de la ciencia, discutiendo cómo los principios filosóficos pueden guiar el desarrollo y la aplicación de modelos econométricos.
- **Objetivos de la Econometría:** El autor define los objetivos de la econometría, que incluyen la estimación de relaciones económicas, la prueba de teorías económicas y la previsión de variables económicas futuras.
- **Enfoque Bayesiano:** Zellner es un defensor del enfoque bayesiano en la econometría, argumentando que este enfoque ofrece una manera coherente de incorporar la incertidumbre en el análisis econométrico y de actualizar el conocimiento a medida que se dispone de nueva información.
- **Importancia de la Teoría Económica:** Zellner subraya que los modelos econométricos deben estar fundamentados en una sólida teoría económica. Sin una base teórica, los modelos corren el riesgo de ser malinterpretados o de ofrecer resultados engañosos.
- **Interdisciplinariedad:** La obra destaca la naturaleza interdisciplinaria de la econometría, que requiere la integración de conceptos de economía, matemáticas y estadística.

Este trabajo de Zellner ha sido influyente en la forma en que los econometristas piensan sobre su disciplina, especialmente en la aplicación rigurosa de la teoría económica en combinación con herramientas estadísticas avanzadas.



## 4.5. Lectura 7:Tesis Profesor Jimenez basado en un Modelo Discreto-Continuo (MDC)

### Origen y Uso

Este modelo se ha utilizado en la estimación de la demanda de agua para uso residencial urbano en la ciudad de Manizales, Colombia, bajo escenarios contrastantes de cambio climático . Permite modelar decisiones donde el consumidor elige entre opciones discretas y continuas.

### Relevancia

El MDC es útil cuando las decisiones de consumo se ven afectadas por estructuras tarifarias en bloques, donde el precio cambia al alcanzar ciertos niveles de consumo.

### Estructura Tarifaria en Bloques Crecientes

#### Segmentación de la Restricción Presupuestaria

En este tipo de tarifas, el costo del agua se incrementa cuando el consumo supera ciertos niveles (bloques). Esto crea una restricción presupuestaria segmentada en varios tramos.

#### Puntos de Quiebre (Kink Points)

Son los puntos donde cambia el precio del agua al pasar de un bloque tarifario al siguiente.

### Decisiones de Consumo del Consumidor

#### Opciones de Consumo

El consumidor tiene varias opciones:

1. Consumir dentro del primer bloque, donde el precio es menor.
2. Consumir dentro del segundo bloque, donde el precio es más alto.
3. Consumir justo en el punto de quiebre entre los bloques, donde el precio cambia.

### Determinación de la Elección

La elección del consumidor depende de la forma de sus curvas de indiferencia (que representan sus preferencias) y de la restricción presupuestaria.

### Modelización Econométrica

#### Demanda Condicionada:

La demanda condicionada se refiere a la cantidad de un bien que un consumidor está dispuesto a consumir dentro de un determinado bloque tarifario, dado que el consumidor ya se encuentra en ese bloque. Es decir, se asume que el consumidor ha elegido un bloque específico, y la demanda condicionada calcula cuánta cantidad consumirá dentro de ese bloque.

Por ejemplo, si un bloque tarifario es de 0 a 10 metros cúbicos de agua a un precio específico, la demanda condicionada se refiere a la cantidad de agua que el consumidor consumirá dado que su consumo cae dentro de ese bloque.

### **Demanda No Condicionada:**

La demanda no condicionada, por otro lado, es la cantidad total que un consumidor está dispuesto a consumir sin importar en qué bloque se encuentre. Este tipo de demanda considera todas las posibles elecciones de bloques que tiene el consumidor y no está condicionada a un bloque específico.

La demanda no condicionada sería la cantidad total de agua que un consumidor está dispuesto a consumir, considerando todos los bloques tarifarios posibles y los precios asociados.

La demanda condicionada está relacionada con la no condicionada en el sentido de que la primera se centra en un bloque específico, mientras que la segunda considera la demanda total en el contexto de toda la estructura tarifaria. Este modelo asocia ambos para capturar la complejidad de las decisiones de consumo bajo diferentes bloques de precios.

### **Errores en la Estimación**

Se consideran dos tipos de errores: uno debido a la heterogeneidad no observada de las preferencias de los consumidores (error  $\eta$ ) y otro debido a errores de optimización o medición (error  $\epsilon$ ). Estos errores son independientes y siguen una distribución normal.

### **Estimación y Función de Verosimilitud**

#### **Ecuación de Verosimilitud**

Se usa una función de máxima verosimilitud para estimar los parámetros del modelo, considerando tanto el consumo dentro de los bloques como en los puntos de quiebre.

### **Elasticidades de Demanda**

Se estiman las elasticidades de la demanda para entender cómo el consumo de agua responde a cambios en el precio o en otros factores.

### **Estudio Previo**

En Colombia, solo hay un estudio significativo que aplicó el MDC para modelar la demanda de agua, pero no consideró variables como el clima.

### **Información de Características del Hogar y la Vivienda**

Para el muestreo de viviendas se empleó la ecuación correspondiente a un muestreo aleatorio simple para poblaciones finitas

$$n_i = \frac{N_i Z_{\alpha/2}^2 S_i^2}{e^2 (N_i - 1) + Z_{\alpha/2}^2 S_i^2},$$

### **Derivación Matemática**

#### **Estimación del Tamaño de Muestra para una Población Infinita**

Para una población infinita, el tamaño de muestra  $n$  necesario para una estimación precisa se calcula usando:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2}, \quad (4.1)$$

donde  $S^2$  es la varianza de la población y  $e$  es el error de muestreo máximo admisible.

### Corrección Finita de Población

Para una población finita, la fórmula anterior debe ajustarse para tener en cuenta el tamaño finito de la población. Esto se hace utilizando la fórmula de corrección finita:

$$n_f = \frac{n}{1 + \frac{n-1}{N}}, \quad (4.2)$$

donde  $n_f$  es el tamaño de muestra ajustado y  $N$  es el tamaño total de la población. Sustituyendo  $n$  en esta fórmula:

$$n_f = \frac{\frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2}}{1 + \frac{\frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2} - 1}{N}}. \quad (4.3)$$

Simplificando, tenemos:

$$n_f = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2} \times \frac{1}{1 + \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2 - e^2}{e^2 N}}. \quad (4.4)$$

Para simplificar, se ajusta para obtener:

$$n_f = \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{e^2 + \frac{Z_{\alpha/2}^2 S^2}{N}}. \quad (4.5)$$

Esta es la fórmula general para la corrección finita, donde el denominador ajusta el tamaño de muestra para la población finita.

### Aplicación a Estratos

En un muestreo estratificado, se realiza la corrección para cada estrato específico. La fórmula final para cada estrato se convierte en:

$$n_i = \frac{N_i Z_{\alpha/2}^2 S_i^2}{e^2(N_i - 1) + Z_{\alpha/2}^2 S_i^2}. \quad (4.6)$$

Aquí,  $N_i$  es el tamaño de la población en el estrato  $i$ ,  $S_i^2$  es la varianza en el estrato  $i$ , y  $e$  es el error de muestreo máximo admisible. La fórmula ajusta el tamaño de muestra para el efecto de la población finita en cada estrato.

### Razón Matemática

La corrección finita en el denominador ( $e^2(N_i - 1) + Z_{\alpha/2}^2 S_i^2$ ) ajusta el tamaño de muestra para el efecto de la población finita y la variabilidad observada en el estrato.

El término  $Z_{\alpha/2}^2 S_i^2$  en el numerador asegura que el tamaño de muestra está basado en el nivel de confianza deseado y la variabilidad en el estrato.

La fórmula garantiza que el tamaño de muestra sea suficiente para mantener el error de muestreo dentro del límite especificado, considerando la corrección finita.

## 4.6. Lectura 9: Valoración Económica de los beneficios proporcionados por el parque de las aguas

En la evaluación económica del bienestar derivado de la demanda de servicios recreativos, se utilizan modelos econométricos para estimar la relación entre las visitas a un parque y diversos factores, como el costo del viaje, los ingresos y las características del sitio. En este documento, exploraremos los modelos de Poisson, Binomial Negativa, y sus versiones truncadas, así como las medidas de bienestar como el Excedente del Consumidor, la Variación Compensada y la Variación Equivalente.

### Contexto y Aplicación Práctica

#### De Poisson a Binomial Negativa

En la práctica, se utiliza el modelo de Poisson para contar eventos cuando la media y la varianza de los datos son iguales. Sin embargo, cuando se detecta sobredispersión, es decir, cuando la varianza excede la media, se emplea el modelo de Binomial Negativa. Este modelo introduce un parámetro de dispersión adicional ( $\alpha$ ) para capturar la mayor variabilidad en los datos.

#### Truncamiento y Modelos Truncados

Cuando los datos están truncados, es decir, cuando no se observan ciertos valores como ceros, se utilizan modelos truncados. Los modelos truncados ajustan la función de probabilidad para excluir estos valores no observables. Por ejemplo, un modelo Poisson truncado o un modelo Binomial Negativa truncado ajustan la función de probabilidad para reflejar la ausencia de observaciones con  $Y_i = 0$ .

#### Aplicación en el parque

En la evaluación de este análisis, los modelos de Binomial Negativa truncado se utilizan para estimar la frecuencia de visitas, especialmente cuando los datos muestran sobredispersión. Con los coeficientes estimados, se pueden calcular el Excedente del Consumidor, la Variación Compensada y la Variación Equivalente para medir el bienestar derivado de los cambios en los servicios del parque. Estos análisis permiten justificar inversiones en infraestructura y ayudan a informar políticas de conservación de recursos naturales.

#### Excedente del Consumidor (EC)

El Excedente del Consumidor es una medida del bienestar económico que representa la diferencia entre lo que los consumidores están dispuestos a pagar por un bien o servicio y lo que realmente pagan. En otras palabras, es el beneficio neto que los consumidores obtienen por poder adquirir el bien o servicio a un precio más bajo del que estarían dispuestos a pagar.

En el caso del parque de las aguas, el Excedente del Consumidor mide cuánto valoran los visitantes su experiencia en el parque por encima del costo de entrada. Si, por ejemplo, un visitante está dispuesto a pagar 50*pesos* por un día en el parque, pero la entrada cuesta 30*pesos*, su excedente del consumidor es de 20*pesos*.

#### Variación Compensada (VC)

La Variación Compensada mide la cantidad de dinero que un individuo necesitaría recibir o pagar para ser tan feliz (tener el mismo nivel de utilidad) después de un cambio en las condiciones (como

#### 4.7. LECTURA 11: ¿HA MEJORADO EL ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS EN LAS DECISIONES

una mejora o empeoramiento de un servicio) como lo era antes del cambio.

Si el parque aumenta su precio de entrada o mejora sus instalaciones, la Variación Compensada calcularía cuánto dinero adicional los visitantes necesitarían para mantener el mismo nivel de satisfacción que tenían antes del cambio. Si, por ejemplo, la entrada al parque sube de 30 a 35, la Variación Compensada calcularía si y cuánto debería recibir el consumidor para compensar esta pérdida de bienestar.

#### **Variación Equivalente (VE)**

La Variación Equivalente es una medida que calcula cuánto dinero necesitaría un individuo para alcanzar un nuevo nivel de bienestar, equivalente al que tendría después de un cambio, pero sin que el cambio ocurra realmente.

Supongamos que el parque está considerando una mejora significativa que aumentará el bienestar de los visitantes (sauna y turco). La Variación Equivalente mide cuánto estarían dispuestos a pagar los visitantes para disfrutar de estas mejoras antes de que se implementen. Si el parque mejorara sus instalaciones, haciendo que los visitantes estuvieran dispuestos a pagar 10 pesos más por la entrada, la Variación Equivalente sería esa cantidad adicional que los visitantes estarían dispuestos a pagar por las mejoras.

Estos conceptos fueron cruciales para realizar análisis económico en el parque de las aguas, ya que permite evaluar el impacto de cambios en las políticas de precios, mejoras en infraestructura, o modificaciones en la conservación de los recursos naturales del parque.

### **4.7. Lectura 11: ¿Ha Mejorado el Análisis de Costos y Beneficios en las Decisiones Ambientales en Colombia?**

En el artículo “Has Cost Benefit Analysis Improved Decisions in Colombia? Evidence from the Environmental Licensing Process” de Andrés Vargas, Juan Pablo Sarmiento Erazó y David Díaz, se evalúa el impacto del Análisis de Costos y Beneficios (ACB) en el proceso de licenciamiento ambiental en Colombia. A pesar de su importancia teórica, el estudio revela que, en la práctica, el ACB tiene una influencia limitada en las decisiones de licenciamiento ambiental en el país.

El artículo se basa en el análisis de documentos oficiales y datos de licencias ambientales otorgadas entre 2011 y 2018 por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Los resultados muestran que, aunque el ACB es un requisito normativo, su impacto en las decisiones es más simbólico que efectivo. Las revisiones del ACB se realizan principalmente después de la aprobación inicial del proyecto, cuestionando así su utilidad en la toma de decisiones.

Se destaca que el problema no radica en la herramienta del ACB, sino en el proceso de licenciamiento. La falta de requerimientos para considerar los resultados del ACB en las decisiones y el problema del principal es que los proponentes pueden exagerar beneficios y minimizar costos donde limitaban la efectividad del ACB. Los autores concluyen que reemplazar el ACB con métodos alternativos, no solucionaría los problemas en el proceso de licenciamiento.



## Capítulo 5

### EN-ROADS





# Apéndice A

## Modelado simple de Problemas Ambientales

### Problemas ambientales

#### 1. Deforestación

**Descripción:** La deforestación se refiere a la conversión de bosques en tierras no forestales, generalmente para actividades como la agricultura, la minería y la urbanización. Este proceso tiene efectos significativos sobre el medio ambiente, incluyendo la pérdida de hábitats, la reducción de la biodiversidad y el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Perspectiva Económica:** La deforestación a menudo es impulsada por incentivos económicos, como la demanda de productos agrícolas y madera. Sin embargo, también implica costos económicos importantes, como la pérdida de servicios ecosistémicos y el impacto negativo en la calidad del aire y el agua. La economía ambiental busca medir estos costos y beneficios para fomentar prácticas sostenibles y políticas de conservación.

##### **Modelo de Costos y Beneficios de la Deforestación:**

El modelo para la deforestación generalmente evalúa los costos y beneficios de convertir un área forestal en tierras agrícolas o urbanas. Un enfoque común es utilizar un modelo de costo-beneficio en el que se comparan los beneficios netos de la deforestación con los costos ambientales.

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Beneficio Económico de la Deforestación} - \text{Costo Ambiental} \quad (\text{A.1})$$

Donde:

$$\text{Costo Ambiental} = \text{Pérdida de Valor de los Servicios Ecosistémicos} \quad (\text{A.2})$$

#### 2. Sequía y Escasez de Agua

**Descripción:** La sequía es una condición prolongada de déficit de precipitación que afecta la disponibilidad de agua. La escasez de agua se refiere a la falta de suficiente agua para satisfacer las necesidades humanas y ecológicas.

**Perspectiva Económica:** La escasez de agua tiene implicaciones económicas significativas, incluyendo la reducción de la producción agrícola, el aumento de los costos de agua y la competencia por este recurso entre diferentes sectores. La gestión eficiente del agua y las políticas de precios son esenciales para abordar estos problemas.

##### **Modelo de Gestión de Recursos Hídricos:**

Un modelo matemático para la escasez de agua puede utilizarse para optimizar la asignación de recursos hídricos entre diferentes usos. Un enfoque es el modelo de programación lineal:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_i c_i x_i \quad (\text{A.3})$$

Sujeto a:

$$\sum_i a_{ij} x_i \leq b_j \text{ para todo } j \quad (\text{A.4})$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } i \quad (\text{A.5})$$

Donde:

- $x_i$  = cantidad de agua asignada a cada uso  $i$
- $c_i$  = beneficio económico asociado con el uso  $i$
- $a_{ij}$  = cantidad de agua requerida por el uso  $i$  en la región  $j$
- $b_j$  = disponibilidad total de agua en la región  $j$

### 3. Consumo de Recursos y Desechos

**Descripción:** El consumo de recursos naturales y la generación de desechos están en constante aumento debido al crecimiento económico y a la expansión de la población.

**Perspectiva Económica:** El consumo excesivo de recursos puede llevar al agotamiento de estos recursos y a problemas ambientales como la contaminación y la degradación del suelo. La gestión de desechos también presenta desafíos económicos, ya que requiere inversión en infraestructura y tecnologías para el reciclaje y la disposición segura.

#### Modelo de Optimización de Recursos:

Para modelar el consumo de recursos y la gestión de desechos, se pueden usar modelos de optimización que minimicen el costo total asociado con la extracción de recursos y el manejo de desechos.

$$\text{Minimizar } C = \sum_i c_i x_i + \sum_j d_j y_j \quad (\text{A.6})$$

Sujeto a:

$$\sum_i a_{ij} x_i \geq d_j \text{ para todo } j \quad (\text{A.7})$$

$$x_i \geq 0 \text{ para todo } i \quad (\text{A.8})$$

$$y_j \geq 0 \text{ para todo } j \quad (\text{A.9})$$

Donde:

- $x_i$  = cantidad de recurso  $i$  extraído
- $c_i$  = costo de extracción del recurso  $i$
- $y_j$  = cantidad de desechos tipo  $j$  gestionados
- $d_j$  = demanda o requerimiento de recursos

## 4. Contaminación del Aire

**Descripción:** La contaminación del aire resulta de la emisión de contaminantes como dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno y partículas en suspensión, que pueden provenir de fuentes industriales, vehículos y otras actividades humanas.

**Perspectiva Económica:** La contaminación del aire tiene efectos adversos sobre la salud pública, la productividad laboral y el medio ambiente. Los costos asociados incluyen gastos en atención médica, pérdida de productividad y daños a los ecosistemas.

### Modelo de Regulación de Emisiones:

Para la contaminación del aire, se pueden usar modelos de regulación de emisiones para minimizar el costo total de control de la contaminación.

$$\text{Minimizar } C = \sum_i c_i e_i + \sum_j k_j (e_j - e_j^0)^2 \quad (\text{A.10})$$

Sujeto a:

$$\sum_i a_{ij} e_i \leq C_j \text{ para todo } j \quad (\text{A.11})$$

$$e_i \geq 0 \text{ para todo } i \quad (\text{A.12})$$

Donde:

- $e_i$  = emisiones del contaminante  $i$
- $c_i$  = costo por unidad de reducción de emisiones del contaminante  $i$
- $k_j$  = costo asociado con el cumplimiento de los estándares de calidad del aire
- $e_j^0$  = nivel de emisión permitido por regulaciones

## 5. Cambio Climático

**Descripción:** El cambio climático se refiere a las alteraciones en los patrones climáticos globales, principalmente debido al aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera.

**Perspectiva Económica:** El cambio climático tiene implicaciones económicas amplias, incluyendo el aumento de los costos de adaptación y mitigación, daños a la infraestructura, y efectos negativos sobre la agricultura y los recursos naturales.

### Modelo de Costos de Mitigación y Adaptación:

El modelo de costo-beneficio del cambio climático puede evaluar los costos de mitigación y adaptación.

$$\text{Beneficio Neto} = \text{Beneficio de Mitigación} - \text{Costo de Mitigación} + \text{Beneficio de Adaptación} - \text{Costo de Adaptación} \quad (\text{A.13})$$

Donde:

- Beneficio de Mitigación = Reducción de daños futuros por cambio climático
- Costo de Mitigación = Inversión en tecnologías y políticas de mitigación
- Beneficio de Adaptación = Reducción de daños actuales mediante adaptación
- Costo de Adaptación = Inversión en medidas de adaptación

## 6. Pérdida de Biodiversidad

**Descripción:** La pérdida de biodiversidad se refiere a la disminución de la variedad de especies animales y vegetales en un ecosistema.

**Perspectiva Económica:** La pérdida de biodiversidad afecta la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Los costos económicos asociados incluyen la pérdida de recursos genéticos y la disminución de la resiliencia de los ecosistemas.

### Modelo de Valoración Económica de la Biodiversidad:

Para la pérdida de biodiversidad, se puede usar un modelo de valoración económica que estima el valor de los servicios ecosistémicos perdidos.

$$\text{Costo de Pérdida} = \text{Valor de los Servicios Ecosistémicos Perdidos} \quad (\text{A.14})$$

Un enfoque específico puede ser utilizar el Método de Valoración Contingente:

$$V = \int_0^Q P(Q) dQ \quad (\text{A.15})$$

Donde:

- $V$  = valor total de la biodiversidad
- $P(Q)$  = disposición a pagar por unidad de biodiversidad

# Apéndice B

## Algunos modelos para la Evaluación de Problemas Ambientales

En la economía ambiental, la evaluación precisa de los problemas ambientales y sus posibles soluciones es crucial para la toma de decisiones efectivas. Los modelos matemáticos y estadísticos juegan un papel fundamental en esta tarea al proporcionar herramientas para cuantificar los costos y beneficios asociados con distintas políticas y proyectos ambientales. Estos modelos permiten a los responsables de la toma de decisiones evaluar el impacto económico de sus acciones, considerar alternativas y optimizar el uso de recursos naturales de manera sostenible.

### Modelos de Costos y Beneficios

Los modelos de costos y beneficios son esenciales para determinar si los beneficios de un proyecto o política ambiental superan los costos. Estos modelos no solo ayudan a justificar inversiones en conservación y sostenibilidad, sino que también facilitan la comparación entre diferentes opciones de política. La capacidad de traducir impactos ambientales en términos monetarios permite una evaluación más clara y directa de las alternativas, ayudando a priorizar las acciones que ofrecen el mayor retorno en términos de bienestar social y económico.

- **Costos Directos:** Incluyen todos los gastos asociados con la implementación del proyecto, como los costos de materiales, mano de obra y tecnología.
- **Beneficios Directos:** Comprenden los efectos inmediatos de la intervención, como la mejora en la calidad del aire o la restauración de un ecosistema.
- **Costos y Beneficios Indirectos:** Estos se refieren a impactos secundarios, como los efectos en la salud pública o en la biodiversidad, que pueden no ser evidentes de inmediato pero tienen un impacto a largo plazo.
- **Valoración Monetaria:** Para cuantificar impactos no comerciales, se utilizan métodos de valoración contingente o el valor de mercado de los recursos y servicios afectados.

La fórmula general para el análisis de costos y beneficios es:

$$\text{Relación Costo-Beneficio} = \frac{\text{Valor Total de Beneficios}}{\text{Valor Total de Costos}} \quad (\text{B.1})$$

Una relación mayor que uno indica que los beneficios superan los costos, justificando así la inversión. Este modelo no solo ayuda a justificar inversiones en conservación y sostenibilidad, sino que también facilita la comparación entre diferentes opciones de política. La capacidad de traducir

impactos ambientales en términos monetarios permite una evaluación más clara y directa de las alternativas, ayudando a priorizar las acciones que ofrecen el mayor retorno en términos de bienestar social y económico.

## Modelos de Equilibrio General

Los modelos EG simulan la economía en su totalidad, permitiendo analizar cómo las políticas ambientales afectan a diferentes sectores y agentes económicos. Estos modelos tienen en cuenta las interacciones entre mercados y pueden mostrar los efectos indirectos de las políticas ambientales a nivel macroeconómico.

- **Modelos de Equilibrio General Computable (CGE):** Utilizan datos económicos detallados para simular cómo cambios en políticas o condiciones económicas afectan a toda la economía. Por ejemplo, un modelo CGE puede evaluar el impacto de un impuesto sobre el carbono en los precios de los bienes, la producción y el empleo en diferentes sectores económicos.
- **Modelos de Equilibrio General Dinámico (DGE):** Incorporan elementos de dinámica temporal, permitiendo analizar cómo las políticas afectan la economía a lo largo del tiempo. Estos modelos son útiles para estudiar los efectos de políticas a largo plazo y las dinámicas de ajuste en respuesta a cambios ambientales.

La formulación básica de un modelo EG se basa en la idea de que la oferta y la demanda en todos los mercados deben estar en equilibrio. La ecuación general de equilibrio puede expresarse como:

$$\sum_i \text{Oferta}_i = \sum_j \text{Demanda}_j \quad (\text{B.2})$$

Donde  $\text{Oferta}_i$  y  $\text{Demanda}_j$  representan las cantidades ofrecidas y demandadas de bienes y servicios en los distintos mercados. Estos modelos ayudan a capturar las interacciones y los efectos secundarios de las políticas ambientales, proporcionando una visión integral de su impacto en la economía.

## Modelos de Dinámica de Sistemas

Estos modelos se utilizan para simular cómo los sistemas ambientales cambian con el tiempo. Son útiles para entender los efectos de diferentes políticas a lo largo de períodos prolongados y pueden incluir variables como la tasa de deforestación o el cambio en la calidad del agua.

$$\frac{dX}{dt} = F(X, t) \quad (\text{B.3})$$

Donde  $X$  es la variable de interés (por ejemplo, nivel de contaminación), y  $F(X, t)$  es una función que describe cómo cambia  $X$  con el tiempo.

## Modelos de Valoración Contingente

Los Modelos de Valoración Contingente (MVC) se utilizan para estimar el valor económico de bienes y servicios ambientales que no tienen un mercado comercial directo, como la belleza escénica o la biodiversidad. Este enfoque se basa en encuestas que preguntan a los individuos cuánto estarían dispuestos a pagar (Willingness to Pay, WTP) para preservar o mejorar estos recursos.

El principio fundamental detrás de la valoración contingente es que el valor de un bien o servicio ambiental puede ser estimado a partir de la disposición a pagar de los individuos, que refleja su

valoración del bien o servicio en cuestión. La disposición a pagar es una medida de cuánto valoran las personas los beneficios que recibirían de la conservación o mejora del recurso ambiental.

La fórmula básica para calcular el valor total ( $V$ ) utilizando el método de valoración contingente es:

$$V = \text{WTP} \times Q \quad (\text{B.4})$$

Donde:

- $V$  es el valor total estimado del bien o servicio ambiental.
- WTP (Willingness to Pay) es la disposición a pagar de un individuo por unidad del bien o servicio. Este valor se obtiene a partir de encuestas a los ciudadanos.
- $Q$  es la cantidad total del bien o servicio ambiental que se desea conservar o mejorar.

Este modelo permite traducir el valor subjetivo que las personas asignan a los recursos ambientales en términos monetarios, lo que facilita la inclusión de estos valores en la toma de decisiones de políticas públicas. Le asigna un valor a ese deseo.

## Modelos de Programación Lineal

Los modelos de programación lineal se utilizan para optimizar el uso de recursos limitados en diferentes actividades, maximizando o minimizando una función objetivo sujeta a un conjunto de restricciones lineales. En el contexto ambiental, estos modelos pueden ayudar a maximizar la producción agrícola mientras se minimiza el impacto ambiental.

La formulación básica de un problema de programación lineal podría ser:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_i c_i x_i \quad (\text{B.5})$$

Sujeto a:

$$\sum_j a_{ij} x_i \leq b_j \quad (\text{B.6})$$

Donde:

- $x_i$  es la cantidad de recurso utilizado en la actividad  $i$ .
- $c_i$  es el beneficio asociado a la actividad  $i$ .
- $a_{ij}$  es la cantidad del recurso  $j$  requerido para la actividad  $i$ .
- $b_j$  es la disponibilidad del recurso  $j$ .

Estos modelos permiten encontrar la combinación óptima de recursos para alcanzar un objetivo específico, como maximizar la producción o minimizar los costos, respetando las restricciones impuestas por los recursos disponibles.

## Modelos Econométricos

Los modelos econométricos son herramientas estadísticas que permiten analizar datos empíricos y estimar relaciones entre variables económicas y ambientales. Estos modelos ayudan a comprender cómo variables como las emisiones de contaminantes están relacionadas con factores económicos y ambientales, y a prever el impacto de diferentes políticas y condiciones.

### Regresión Lineal Simple

Un modelo de regresión lineal simple se puede expresar como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon \quad (\text{B.7})$$

Donde:

- $Y$  es la variable dependiente, por ejemplo, el nivel de contaminación.
- $X_1$  es la variable independiente, como la producción industrial.
- $\beta_0$  es el intercepto del modelo.
- $\beta_1$  es el coeficiente que indica el impacto de  $X_1$  sobre  $Y$ .
- $\epsilon$  es el término de error que captura la variabilidad no explicada por el modelo.

### Regresión Lineal Múltiple

Un modelo de regresión lineal múltiple extiende el modelo simple para incluir varias variables independientes. Permite analizar cómo múltiples factores influyen simultáneamente sobre la variable dependiente

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + \epsilon \quad (\text{B.8})$$

Donde:

- $X_1, X_2, \dots, X_k$  son las variables independientes adicionales.
- $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$  son los coeficientes que indican el impacto de cada  $X_i$  sobre  $Y$ .

### Modelos de Regresión Logística

Los modelos de regresión logística se utilizan cuando la variable dependiente es categórica, especialmente binaria. Es útil para predecir la probabilidad de eventos como el incumplimiento de normas ambientales. Generalmente puede expresarse:

$$\text{logit}(P) = \ln \left( \frac{P}{1-P} \right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \epsilon \quad (\text{B.9})$$

Donde:

- $P$  es la probabilidad de que ocurra el evento de interés.
- $\text{logit}(P)$  es la función logística que transforma la probabilidad  $P$  en una escala lineal.



## Modelos de Series Temporales

Los modelos de series temporales se utilizan para analizar datos que se recopilan en intervalos regulares a lo largo del tiempo. Un modelo ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) es un ejemplo común. Ayuda a prever futuros valores de la serie temporal basándose en datos históricos.

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \cdots + \phi_p Y_{t-p} + \theta_1 \epsilon_{t-1} + \theta_2 \epsilon_{t-2} + \cdots + \theta_q \epsilon_{t-q} + \epsilon_t \quad (\text{B.10})$$

Donde:

- $Y_t$  es el valor de la serie temporal en el tiempo  $t$ .
- $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$  son los parámetros de autoregresión.
- $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$  son los parámetros de media móvil.
- $\epsilon_t$  es el término de error.

## Modelos de Datos de Panel

Los modelos de datos de panel combinan datos transversales y de series temporales para analizar la dinámica entre variables en múltiples unidades (como países o empresas) a lo largo del tiempo. Controla los efectos individuales que pueden influir en la variable dependiente. Un modelo de efectos fijos es un ejemplo:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \epsilon_{it} \quad (\text{B.11})$$

Donde:

- $Y_{it}$  es la variable dependiente para la unidad  $i$  en el tiempo  $t$ .
- $\alpha_i$  captura los efectos fijos específicos de la unidad.
- $X_{it}$  es la variable independiente.
- $\epsilon_{it}$  es el término de error.

## Modelo de Poisson

El modelo de Poisson se utiliza para modelar variables de conteo, como el número de visitas a un parque. Se asume que la media y la varianza son iguales ( $\mathbb{E}[Y_i] = \text{Var}(Y_i) = \lambda_i$ ). Sin embargo, cuando hay sobredispersión (varianza mayor que la media), el modelo de Poisson puede ser inadecuado. La función de probabilidad de este modelo es:

$$P(Y_i = y_i | X_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!} \quad (\text{B.12})$$

donde:

- $Y_i$  es la variable dependiente, que representa el número de visitas realizadas por el individuo  $i$ .
- $y_i$  es la realización observada de  $Y_i$ .
- $X_i$  es un vector de variables explicativas (por ejemplo, costo del viaje, ingreso).
- $\lambda_i$  es la media esperada del número de visitas, que depende de  $X_i$  a través de  $\lambda_i = e^{X_i' \beta}$ .

- $\beta$  es un vector de coeficientes que mide el impacto de cada variable en la frecuencia de las visitas.

### Modelo de Binomial Negativa

Este modelo permite que la varianza sea mayor que la media ( $\text{Var}(Y_i) = \lambda_i + \alpha \lambda_i^2$ ), lo que lo hace más adecuado cuando los datos muestran sobredispersión.

Para abordar la sobredispersión, se emplea el modelo de Binomial Negativa, cuya función de probabilidad es:

$$P(Y_i = y_i | X_i, \alpha) = \frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(y_i + 1)\Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{1}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \left( \frac{\alpha \lambda_i}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{y_i} \quad (\text{B.13})$$

donde:

- $\alpha$  es el parámetro de dispersión. Si  $\alpha = 0$ , el modelo se reduce a un modelo de Poisson. Valores mayores indican mayor sobredispersión.
- $\Gamma(\cdot)$  es la función gamma, que extiende el factorial a números no enteros.

### Modelos Truncados

Cuando la variable dependiente  $Y$  está truncada por un umbral  $c$ , el modelo truncado puede especificarse como:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \epsilon_i \quad \text{para } Y_i > c$$

La función de densidad condicional ajustada para el truncamiento es:

$$f_{Y|Y>c}(y) = \frac{f_Y(y)}{1 - F_Y(c)} \quad \text{para } y > c \quad (\text{B.14})$$

### Modelo Poisson Truncado

En este caso, la función de probabilidad se ajusta para excluir las observaciones con  $Y_i = 0$ :

$$P(Y_i = y_i | Y_i > 0, X_i) = \frac{\frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}}{1 - P(Y_i = 0 | X_i)} \quad (\text{B.15})$$

La función de verosimilitud para estimar  $\lambda$  es:

$$L(\lambda) = \prod_{i=1}^n \frac{\lambda^{y_i} e^{-\lambda}}{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{\lambda^k e^{-\lambda}}{k!}} \quad \text{para } y_i > 0 \quad (\text{B.16})$$

### Modelo Binomial Negativa Truncado

Similarmente, la función de probabilidad del modelo de Binomial Negativa truncado es:

$$P(Y_i = y_i | Y_i > 0, X_i, \alpha) = \frac{\frac{\Gamma(y_i + \frac{1}{\alpha})}{\Gamma(y_i + 1)\Gamma(\frac{1}{\alpha})} \left( \frac{1}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \left( \frac{\alpha \lambda_i}{1 + \alpha \lambda_i} \right)^{y_i}}{1 - P(Y_i = 0 | X_i, \alpha)} \quad (\text{B.17})$$

Estos modelos son útiles cuando se estudia la demanda de servicios recreativos, ya que excluyen los casos en los que no hay visitas.

## Modelos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)

Los modelos de Evaluación de Impacto Ambiental se utilizan para evaluar los impactos potenciales de proyectos sobre el medio ambiente antes de su implementación. Estos modelos incluyen tanto análisis cualitativos como cuantitativos de los posibles efectos de un proyecto

- **Análisis de Impacto:** Identifica y evalúa los efectos potenciales de un proyecto sobre diferentes componentes ambientales, como el aire, el agua y el suelo.
- **Modelos Predictivos:** Utilizan datos y simulaciones para prever los impactos ambientales futuros bajo diferentes escenarios de implementación del proyecto.
- **Evaluación de Alternativas:** Examina diferentes opciones para mitigar los impactos negativos y mejorar los beneficios ambientales del proyecto.
- **Monitoreo y Seguimiento:** Establece sistemas para evaluar el impacto real del proyecto una vez implementado y asegurar que se cumplan las normas ambientales.

La EIA es esencial para garantizar que los proyectos sean diseñados y gestionados de manera que minimicen su impacto ambiental y maximicen los beneficios para la sociedad.

## Medidas de Bienestar

Las medidas de bienestar permiten cuantificar el impacto de los cambios en los bienes o servicios sobre el bienestar de los consumidores. Utilizando el cálculo integral, podemos expresar estas medidas de manera más precisa en términos de áreas bajo la curva de demanda.

## Excedente del Consumidor (EC)

El Excedente del Consumidor ( $EC$ ) es la diferencia entre lo que los consumidores están dispuestos a pagar por un bien y lo que realmente pagan. Se puede calcular como el área entre la curva de demanda y el precio pagado, desde el punto de origen hasta la cantidad consumida.

Para un bien con una función de demanda  $D(p)$ , el Excedente del Consumidor se calcula como:

$$EC = \int_0^{Q^*} D(p) dp - P \cdot Q^* \quad (\text{B.18})$$

donde:

- $D(p)$  es la función de demanda, que representa el precio dispuesto a pagar por cada cantidad.
- $P$  es el precio del bien.
- $Q^*$  es la cantidad consumida.

Esta fórmula integra la curva de demanda desde el precio cero hasta el precio del bien para obtener el valor total que los consumidores estarían dispuestos a pagar, menos el monto total pagado.

## Variación Compensatoria (VC)

La Variación Compensatoria (VC) es una medida que representa la cantidad de dinero adicional que un consumidor requiere para mantener su nivel de utilidad original tras un cambio en los precios. La fórmula para calcular la VC es:

$$VC = e(p_1, u_1) - e(p_1, u_0) \quad (\text{B.19})$$

Donde:

- $e(p, u)$  es la función de gasto, que representa el gasto mínimo necesario para alcanzar un nivel de utilidad  $u$  dado el nivel de precios  $p$ .
- $p_0$  y  $p_1$  son los niveles de precios antes y después del cambio, respectivamente.
- $u_0$  y  $u_1$  son los niveles de utilidad antes y después del cambio, respectivamente.

Otra forma de expresar la VC, usando el nivel de riqueza  $w$ , es:

$$VC = w - e(p_1, u_0) \quad (\text{B.20})$$

Donde:

- $w$  es el nivel de riqueza del consumidor.

La VC mide cuánto se necesita ajustar la riqueza del consumidor para que mantenga el mismo nivel de utilidad después del cambio en los precios.

## Variación Equivalente (VE)

La Variación Equivalente (VE) mide la cantidad máxima de dinero que un consumidor estaría dispuesto a pagar o recibir para evitar un cambio en los precios antes de que el cambio ocurra. La fórmula para la VE es:

$$VE = e(p_0, u_1) - e(p_0, u_0) \quad (\text{B.21})$$

Donde:

- $p_0$  es el nivel de precios antiguo.
- $p_1$  es el nivel de precios nuevo.
- $u_0$  es el nivel de utilidad antiguo.
- $u_1$  es el nivel de utilidad nuevo.

Otra forma de expresar la VE en términos del nivel de riqueza  $w$  es:

$$VE = e(p_0, u_1) - w \quad (\text{B.22})$$

Donde:

- $w$  es el nivel de riqueza del consumidor.

La VE se utiliza para calcular el valor monetario del cambio en los precios antes de que el cambio ocurra. Se compara el gasto necesario para alcanzar el nuevo nivel de utilidad  $u_1$  a los precios antiguos  $p_0$  con el gasto necesario en la situación original.

## Relación entre VC y VE

En general, cuando el precio de un bien cambia y el nivel de utilidad se ajusta, la Variación Compensatoria y la Variación Equivalente pueden ser idénticas si no hay efectos de ingreso o si la demanda del bien no varía con el ingreso en el rango analizado. La relación entre estas medidas se puede expresar como:

$$VC = VE = EC \quad (\text{B.23})$$

Donde  $EC$  es el Excedente del Consumidor, que también puede ser evaluado en términos de cambios en los precios y utilidad.

## Ejemplo de Adición de un Nuevo Producto