

01158



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

APLICACIÓN DEL DESCUENTO HIPERBÓLICO COMO PROPUESTA PARA LA SUSTENTABILIDAD DE PROYECTOS

ING. RABINDRANARTH ROMERO LÓPEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA
OBTENER EL GRADO
MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS
(GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA)

DIRIGIDA POR:
MSc. ALFONSO OLAIZ Y PÉREZ

ASESORADA POR:
MI. RAFAEL SAINZ ZAMORA

CIUDAD UNIVERSITARIA
2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

“La naturaleza y el espíritu humano, unidos, serán nuestro templo,
y el desinterés y las buenas acciones nuestra religión”¹

Rabindranath Tagore

A Dios

A mis padres

A mi hermano

A mi familia

A mis amigos

A mis maestros

Las personas que merecen mi agradecimiento son innumerables y solamente por razones de espacio no puedo poner a todas y cada una de ellas, aunque saben que están incluidas con singular afecto.

¹ Dharma Sikhsha, 1912.

Índice General

CAPITULO I

1.1	Introducción	01
1.2	Problemática Ambiental	04
1.2.1	Aumento de las emanaciones de dióxido de carbono (CO ₂)	07
1.2.2	Aumento de las disposiciones ácidas	08
1.2.3	Destrucción de la capa de ozono	09
1.2.4	Abuso de pesticidas y otras sustancias tóxicas	10
1.2.5	Destrucción de tierras vírgenes y bosques tropicales	12
1.2.6	Erosión del suelo	13
1.2.7	Contaminación y escasez de agua potable	14
1.2.8	Residuos nucleares	16

CAPITULO II

2.1	Desarrollo Sustentable	18
2.1.1	Interpretando el desarrollo sustentable	18
2.1.2	Objetivos del desarrollo sustentable	22
2.1.3	Observaciones del desarrollo sustentable	23
2.2	Proyectos como Herramientas para la Planeación	25
2.2.1	La evaluación en el proceso de planeación	26
2.2.2	Características de la inversión	28
2.2.3	Las alternativas de una evaluación	30
2.2.4	El estudio del proyecto	31

CAPITULO III

3.1	El Interés y el Descuento del Futuro	34
3.1.1	El significado del descuento del futuro	36
3.1.2	La tasa de interés	36
3.1.2.1	Interés compuesto (Capitalización discreta anual)	38
3.1.2.2	Interés compuesto (Capitalización discreta menor a un año)	40
3.1.2.3	Capitalización continua	41
3.1.2.4	Capitalización en flujos continuos	43
3.2	El Descuento del Futuro desde una Perspectiva Individual	44
3.2.1	Motivos del descuento del futuro	45
3.2.2	El valor de la tasa de descuento en una economía de mercado	46
3.3	El Descuento del Futuro desde una Perspectiva Social	48
3.3.1	Descuento del futuro y la equidad intergeneracional	49
3.3.2	Razones para descontar el futuro desde una perspectiva social	51
3.3.3	Descuento del futuro y revalorización de los activos ambientales	53
3.3.4	El valor de la tasa social de descuento en una economía	54
3.3.5	El proceso de descuento en economías subdesarrolladas	57

CAPITULO IV

4.1	Análisis Beneficio – Costo	61
4.1.1	Descripción del análisis Beneficio – Costo	61
4.1.2	Componentes del análisis Beneficio – Costo	63
4.1.3	Las etapas del análisis Beneficio – Costo	65
4.2	Medidas de Rentabilidad	69
4.2.1	Valor Presente Neto (VPN)	70
4.2.2	Valor Anual Equivalente (VAE)	72
4.2.3	Tasa interna de retorno (TIR)	73
4.2.4	Relación Beneficio-Costo (B/C)	74
4.2.5	Periodo de Retorno (PR)	74
4.3	Equidad en la Evaluación de Proyectos Ambientales	75
4.3.1	Equidad en el análisis Beneficio – Costo en el largo plazo	75
4.3.2	Equidad en los factores de equivalencia de flujos de efectivo	78

CAPITULO V

5.1	El Problema del Largo Plazo	80
5.1.1	El problema del Interés	82
5.1.2	Evidencia experimental para el descuento hiperbólico	84
5.2	Determinación del Descuento Hiperbólico	85
5.2.1	Teorema Turnpike	85
5.2.2	Evidencia empírica de preferencias sustentables	89
5.2.3	Obtención del descuento hiperbólico	90
5.3	Modelos de Equivalencia para los Flujos de Efectivo del Descuento Hiperbólico	93
5.3.1	Obtención del valor futuro a partir de un valor presente	93
5.3.2	Obtención del valor presente a partir de un valor futuro	93
5.3.3	Obtención del interés K a partir del modelo de descuento hiperbólico	94
5.3.4	Obtención del tiempo t a partir del modelo de descuento hiperbólico	94
5.4	Aplicación del Descuento Hiperbólico	96
5.4.1	Comparación de los factores de descuento	96
5.4.2	Aplicación de los distintos factores en la evaluación (Beneficios Netos)	102
5.4.3	Aplicación de los distintos factores en la evaluación (Beneficios y Costos)	112
	Conclusiones y recomendaciones	118
	Referencias bibliográficas	120

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

El problema del deterioro ambiental y de los procesos de contaminación han adquirido a últimas fechas gran importancia, no sólo por la conciencia que se ha creado en torno al problema, sino por la imperiosa necesidad de resguardar la vida y entorno humano. Por primera vez en la historia, las actividades humanas han llegado a niveles en que podría alterarse el clima del planeta y su medio ambiente.

La energía usada para la producción en las industrias se obtiene principalmente de quemar combustibles fósiles, provocando emisiones de carbono. Estas emisiones generadas desde la segunda guerra mundial pudieron alterar el clima de nuestro planeta, aunque no existe todavía un acuerdo en la comunidad científica sobre la magnitud precisa de los efectos. Aunado a esto el uso desmedido de sustancias que afectan el medio ambiente como el Clorofluorocarbono (CFC), que ha provocado un agujero del tamaño de Estados Unidos con una pérdida de ozono alrededor del 97% o el uso indiscriminado de nitrógeno como fertilizante en la agricultura, dando como consecuencia el crecimiento exuberante de plantas y aguas en los hábitats de agua dulce.

Los biólogos ven la pérdida de la biodiversidad, durante los últimos cincuenta años, como uno de los cuatro o cinco incidentes más severos de destrucción de vida en el planeta. Originados en gran parte en los países industriales, este uso voraz de recursos ha estado acompañado por el incremento en el consumo de recursos y bienestar entre países desarrollados e industriales.

Para 1992 en Río de Janeiro, celebrada **La Cumbre de la Tierra de las Naciones Unidas**, el Desarrollo Sustentable emergió como uno de los temas mas urgentes para la política internacional. Ciento cincuenta naciones participantes

representaron a las Naciones Unidas de la Agenda 21, proponiendo como parte de su agenda la política del *Desarrollo Sustentable* basada en la satisfacción de las necesidades básicas en los países en vías de desarrollo, subdesarrollados y desarrollados.

La Comisión Brundtland propuso que “El Desarrollo Sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades del futuro”¹.

Pero *¿Qué es el Desarrollo Sustentable?* Una frase de moda, definitivamente, Robert Solow² señaló recientemente que la discusión de sustentabilidad ha sido usada principalmente como ocasión para la expresión de emociones y actitudes, con muy poco análisis formal de sustentabilidad o de caminos sustentables para una economía industrial moderna pero *¿Hay temas significativos detrás de este?* Si hay, de hecho, varios. Esta investigación está organizada en dos partes, una relacionada a la comprensión del Desarrollo Sustentable y la otra acerca de la dinámica en horizontes de planeación a largo plazo.

El adjetivo “sustentable” se deriva de la siguiente inquietud: *¿Pueden nuestros modelos actuales de actividad económica continuar por largos períodos de tiempo sin tener consecuencias desastrosas para el ambiente, o para nosotros? ¿Existen instituciones y criterios de decisión que nos conduzcan a seleccionar modelos de actividad y que nosotros podamos con seguridad continuar en períodos largos de tiempo, o existe de alguna manera una “miopía” para detectar y evitar estas consecuencias dañinas en un futuro?* Muchas de las discusiones no económicas de sustentabilidad son preocupación de este tipo: Se dirigen al tema de la discriminación en contra del futuro, de privar a las generaciones futuras de ciertos beneficios ambientales que disfrutamos hoy, o de la destrucción por parte de la

¹ Brundtland (1987, Capítulo 2)

² Robert Solow (1992)

generación presente del ambiente y la infraestructura ecológica que apoya importantes aspectos de la actividad humana.

Un análisis formal requiere de una evaluación, y el valor económico de un recurso es usualmente derivado por su contribución a la utilidad. Esto sugiere que el principal problema de cómo describir el valor medioambiental, de un modo en que no se sobreestime las utilidades e intereses del futuro, es decir que al futuro se le dé un trato igual que al presente. Esto puede ser logrado por varios caminos. El reto, sin embargo, es **desarrollar una teoría económica** que lo formalice, y que este objetivo tenga un nivel de claridad y sustento logrados por medio de la teoría de crecimiento neoclásica, y con el alcance práctico del aprovechamiento actual del análisis Beneficio – Costo que esta basado en esta teoría .

Es bien conocido el problema del descuento en el futuro del análisis Beneficio – Costo, el cual va en contra de las políticas designadas para prever beneficios en un periodo de tiempo muy largo.

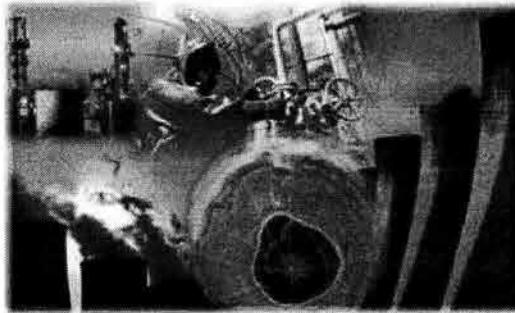
Un claro ejemplo es la evaluación de proyectos para una eliminación segura de desperdicios para una planta nuclear. Otra es la política designada para la prevención del calentamiento global. Los beneficios de ambos pueden estar por lo menos de cincuenta a cien años en el futuro. Los costos de cualquier forma están aquí hoy.

En estos casos, la inherente asimetría entre el trato del presente y del futuro hacen difícil poder justificar la toma de decisiones en inversiones, aunque un gran número individuos y organizaciones sienten claramente que estas ventajas son bien merecidas. Por lo que el reto es cómo modelar y evaluar alternativa de desarrollo de un sistema económico - ambiental, especialmente con referencias a sus propiedades de larga duración.

1.2 Problemática Ambiental

Los problemas ambientales tienen una multitud de causas, pero cabe poca duda de que la actividad económica de una sociedad organizada, produciendo, distribuyendo y consumiendo bienes y servicios, está en el origen o agravamiento de muchos de ellos. En general no se trata, sin embargo, de un desconocimiento o un acto de mala fe, pues en ese caso se recomendaría una combinación de investigación, información y sanciones.

Muchos problemas ambientales, por el contrario, son el resultado de una actitud racional por parte de quien lo crea y como consecuencia se origina a quien intenta resolver un problema, en ocasiones el de su propia supervivencia, utilizando para ello los medios a su alcance, y las restricciones que la sociedad le impone. En este caso, la combinación de información y sanciones puede que funcione, pero es probable que sea más operativo tratar de actuar sobre las restricciones a las que enfrenta el causante del problema, para conseguir que, al resolverlo, no se produzca la agresión ambiental.



Problemas ambientales en el mundo

De esta forma, si el problema de base no se resuelve, y es lo suficientemente serio, difícilmente se frenará el proceso de deterioro ambiental. Valdría la pena, por lo tanto, intentar identificar las variables económicas que condicionan este comportamiento, racional en sí mismo, pero agresivo con el medio, para tratar de

cambiar el valor de alguna de ellas y conseguir que el mismo comportamiento racional permita resolver los problemas de una manera más aceptable.



Presencia de nubes de smog en ciudades

Los principales problemas ambientales, si bien constituyen la materia prima sobre la que se pretende aplicar el razonamiento propio del análisis económico, no son el objeto de estudio de esta investigación como tal, por lo que este apartado no puede sino presentarlos a grandes rasgos, de una forma sencilla, siguiendo alguno de los textos especializados que se ocupan de ello. Teniendo en cuenta que la sociedad ya ha abordado, en mayor o menor medida, la resolución de alguno de estos problemas. En su caso, se mencionará, el marco institucional internacional dentro del cual se pretende encontrar la misma.

Una reciente publicación institucional, al hacer el diagnóstico de la situación del medio ambiente en el mundo, presentaba el siguiente catálogo de problemas ambientales³.

Los principales problemas de alcance mundial que se presentan en la actualidad relacionados con el medio ambiente son los siguientes:

- Aumento de las emanaciones de dióxido de carbono (CO₂).
- Aumento de las deposiciones ácidas.

³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2000)

- Destrucción de la capa de ozono.
- Abuso de pesticidas y otras sustancias tóxicas.
- Destrucción de tierras vírgenes y bosques tropicales.
- Erosión del suelo.
- Escasez de agua potable.
- Residuos nucleares.

Elementos básicos para la vida

Para poder entrar en un mismo contexto antes de describir los principales problemas ambientales, considero que es necesario conocer las siguientes definiciones.

El medio ambiente. Es el conjunto de elementos sin vida o abióticos (energía solar, atmósfera, agua y suelo) y elementos bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

La energía solar. Es la base energética de la vida, a través del proceso de la fotosíntesis en las plantas, y también de los restantes organismos vivos. La energía solar, junto a la energía radiante de la Tierra, hace que los vientos circulen continuamente en torno al planeta modificando el clima y las diferencias de temperatura entre las diferentes regiones geográficas.

La atmósfera. Es una mezcla gaseosa de nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua, partículas de polvo y otros elementos y compuestos químicos en cantidades muy pequeñas. Protege a la Tierra del exceso de radiaciones ultravioleta y permite la existencia de vida.

El agua. Se encuentra principalmente en los océanos (97%), un 2% es hielo y el 1% restante es el agua dulce de los ríos, los lagos, las aguas subterráneas y la humedad de la atmósfera y el suelo.

El suelo. Es el delgado manto de materia orgánica que sustenta la vida terrestre. Es el resultado de la interacción de las rocas con la atmósfera y la vegetación a lo largo de miles y miles de años.

Los organismos vivos, incluyendo al hombre, dependen de todos estos factores. Las plantas se sirven del agua, del dióxido de carbono y de la luz solar para convertir materias primas en carbohidratos por medio de la fotosíntesis; la vida animal, a su vez, depende de las plantas en una secuencia de vínculos fuertemente interconectados entre sí.

1.2.1 Aumento de las emanaciones de dióxido de carbono (CO₂)

Las investigaciones científicas indican que, aparentemente, la cantidad de CO₂ atmosférico había permanecido estable durante siglos, en unas 260 ppm (partes por millón). En los últimos 100 años el CO₂ en la atmósfera ha ascendido a 350 ppm a causa del uso indiscriminado de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y sus derivados). Lo significativo de este cambio es que pudiera provocar un aumento de la temperatura de la Tierra a través del proceso conocido como **efecto invernadero**⁴.

El CO₂ atmosférico tiende a impedir el enfriamiento normal de la Tierra, absorbiendo las radiaciones que usualmente ésta emite y que escapan al espacio

⁴ Los principales gases con efecto invernadero son: vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozono (O₃), óxido nitroso (N₂O), clorofluorocarbonos (CFC-11 y 12) y halones. De todos estos gases es el CO₂ el que se encuentra en mayor proporción en la atmósfera, pero como su efectividad en la captura de la radiación no es muy elevada, se estima que sólo interviene en la mitad del calentamiento total. Los gases de mayor efectividad son los CFC cuyas moléculas tienen una capacidad para absorber la radiación infrarroja siete mil veces superior a la del CO₂ (Ministerio del Medio Ambiente de España, 2000).

exterior. Como el calor que escapa es menor, la temperatura global de la Tierra aumenta. Un calentamiento global de la atmósfera tendría graves efectos sobre el medio ambiente. Aceleraría la fusión de los casquetes polares, haría subir el nivel de los mares, cambiaría el clima, alteraría la vegetación natural y afectaría las cosechas.

Estos cambios, a su vez, tendrían un enorme impacto sobre la civilización humana. Desde 1850 hasta el presente se ha producido un aumento en la temperatura global de cerca de 1 °C. Algunos científicos rechazan las teorías del calentamiento, atribuyendo la subida de la temperatura a fluctuaciones normales del clima global. Sin embargo, otros predicen que el aumento de la concentración en la atmósfera de CO₂ y otros "gases invernadero" dará origen que las temperaturas continúen subiendo. Las estimaciones van de 2 a 6 °C para mediados del siglo XXI.

1.2.2 Aumento de las deposiciones ácidas

La lluvia ácida⁵, también asociada al uso de los combustibles fósiles, tiene su causa en la emisión de dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno por las centrales térmicas y en los escapes de los vehículos de motor. Estos productos interactúan con la luz del sol y la humedad de la atmósfera produciendo ácidos sulfúrico y nítrico, que son transportados por la circulación atmosférica y caen a tierra, arrastrados por la lluvia y la nieve en la llamada lluvia ácida, que se ha convertido en un importante problema global.

La acidez de algunas precipitaciones en el norte de Estados Unidos y Europa es equivalente a la del vinagre. La lluvia ácida corroe los metales, desgasta los

⁵ Se considera "lluvia ácida" aquella cuyo pH es inferior a 5,6. Existen zonas enteras de Europa y el este de los Estados Unidos con precipitaciones cuyo pH promedio es de 4,5 e incluso de 4, cuarenta veces más ácidas de lo que serían con una atmósfera no contaminada. En total, se considera que están afectados por este problema más de medio millón de km² de bosques en el mundo (Ministerio del Medio Ambiente de España, 1996).

edificios y monumentos de piedra, daña y mata la vegetación y acidifica lagos, corrientes de agua y suelos. También puede retardar el crecimiento de los bosques; se asocia al debilitamiento de éstos a grandes altitudes tanto en Norteamérica como en Europa.

Durante la década de 1980 y a comienzos de la de 1990, algunos países industrializados mejoraron la calidad de su aire reduciendo la cantidad de partículas en suspensión así como la de productos químicos tóxicos como el plomo, pero las emisiones de dióxido de azufre y de óxidos nitrosos, precursores de la deposición ácida, aún son importantes.

1.2.3 Destrucción de la capa de ozono

La capa de ozono es una región de la atmósfera que protege al planeta de los dañinos rayos ultravioleta (UV) a grandes alturas. Si no existiera esa capa gaseosa, que se encuentra a unos 40 Km. de altitud sobre el nivel del mar, la vida sería imposible sobre nuestro planeta.

En las décadas de 1970 y 1980 se encontró que la actividad humana estaba teniendo un impacto negativo sobre el espesor de la capa. En 1985 se descubrió la existencia de un gran agujero centrado sobre la Antártida. Los estudios mostraron que la capa estaba siendo afectada por el uso creciente de clorofluorocarbonos (CFC), que se emplean en refrigeración, aire acondicionado, disolventes de limpieza, materiales de empaquetado y aerosoles. El cloro de los CFC es capaz de descomponer la molécula de ozono sin perder su capacidad de descomponer más moléculas.

El adelgazamiento de la capa expone a la vida terrestre a un exceso de radiación UV, que puede producir cáncer de piel y cataratas, reducir la respuesta del sistema inmunológico, interferir en el proceso de fotosíntesis de las plantas y

afectar al crecimiento del fitoplancton oceánico. A causa de la creciente amenaza que representan estos efectos sobre el medio ambiente, muchos países trabajan en el proyecto de suprimir la fabricación y uso de los CFC. La notable reducción de las emisiones de las sustancias agotadoras de ozono (SAO), debida fundamentalmente al éxito del Protocolo de Montreal de 1987 (que desarrollaba el previo Convenio de Viena de 1985), puede suponer que la capa de ozono recupere su nivel de 1980 en el año 2050⁶.

Sin embargo, el hecho de que continúe la producción de algunos de estos productos en los países subdesarrollados (a pesar de las ayudas del Fondo Multilateral y del Fondo para el Medio Ambiente de las Naciones Unidas dirigidas para facilitar su erradicación), unido al comercio ilegal de los mismos, así como al incremento en la producción de otros (halógenos) igualmente perjudiciales, hacen que no se pueda bajar todavía la guardia en este campo. Además de que los CFC pueden permanecer en la atmósfera durante más de 100 años, por lo que la destrucción de la capa de ozono continuará representando una amenaza real durante varias décadas.

1.2.4 Abuso de pesticidas y otras sustancias tóxicas

Pesticidas o plaguicidas son los términos que se aplican a los agentes químicos usados en el control de plagas (insectos, malas hierbas, enfermedades de las plantas).

El uso extensivo de pesticidas sintéticos derivados de los hidrocarburos clorados ha tenido efectos colaterales desastrosos para el medio ambiente. Estos pesticidas son muy persistentes y resistentes a la degradación biológica. Muy

⁶ Una vez abordado el problema de controlar y reducir la producción y utilización de los CFC, la atención internacional se ha dirigido hacia productos como el bromuro de metilo, utilizado como pesticida, sobre todo en cultivos bajo plástico (fresa, tomate, pimiento, etc.). La IX Conferencia de las Partes del Protocolo de Montreal aprobó su eliminación por parte de los países desarrollados en 2005, y por parte de los países subdesarrollados diez años más tarde.

poco solubles en agua, se adhieren a los tejidos de las plantas y se acumulan en los suelos, en el fondo de las corrientes de agua y los estanques, y en la atmósfera. Una vez volatilizados, se distribuyen por todo el mundo, contaminando áreas silvestres a gran distancia de las regiones agrícolas. Son ingeridos por los herbívoros o penetran directamente a través de la piel de organismos acuáticos como los peces y diversos invertebrados, y se concentran aún más al pasar de los herbívoros a los carnívoros. Interfieren en el metabolismo del calcio de las aves, adelgazando las cáscaras de los huevos y malogrando su reproducción. Como resultado de esta situación, algunas grandes aves depredadoras y piscívoras se encuentran al borde de la extinción.

El uso de insecticidas basados en hidrocarburos halogenados como el DDT está disminuyendo con rapidez en todo el mundo desarrollado, aunque siguen usándose en grandes cantidades en los países en vías de desarrollo.

Otro grupo de compuestos íntimamente vinculado al DDT, los bifenilos policlorados (PCB), se han utilizado durante años en la producción industrial, y han acabado penetrando en el medio ambiente. Su impacto sobre el hombre y la vida silvestre ha sido similar al de los pesticidas. Debido a su extremada toxicidad, el uso de PCB ha quedado restringido a los aislantes de los transformadores y condensadores eléctricos.

El PCDD es el más tóxico de otro grupo relacionado de compuestos altamente tóxicos, las dioxinas o dibenzo-*para*-dioxinas. El grado de toxicidad para el hombre de estos compuestos carcinógenos aún no ha sido comprobado. El PCDD puede encontrarse en forma de impureza en conservadores para la madera y el papel y en herbicidas. El *agente naranja*, un defoliante muy utilizado, contiene trazas de dioxina.

Existen otras muchas sustancias tóxicas cuya fabricación, procesado, distribución, uso y eliminación representan un altísimo riesgo para el medio ambiente y la salud humana. La mayoría son productos químicos sintéticos que penetran en el medio ambiente y persisten en él durante largos periodos de tiempo.

En los vertederos de productos químicos se producen concentraciones significativas de sustancias tóxicas. Si éstas se filtran al suelo o al agua, pueden contaminar el suministro de agua, el aire, las cosechas y los animales domésticos. Muchos de estos productos han sido asociados a defectos congénitos humanos, abortos y enfermedades orgánicas. A pesar de los riesgos conocidos, el problema aun no se encuentra en vías de solución. Se han fabricado más de 4 millones de productos químicos sintéticos nuevos en los últimos quince años, y cada año se crean entre 500 y 1000 nuevos productos más.

1.2.5 Destrucción de tierras vírgenes y bosques tropicales

Un número cada vez mayor de seres humanos comienza a invadir las tierras vírgenes que quedan, incluso en áreas que eran consideradas más o menos a salvo de la explotación. La insaciable demanda de energía ha impuesto la necesidad de explotar el gas y el petróleo de las regiones árticas, poniendo en peligro el delicado equilibrio ecológico de los ecosistemas de tundra y su vida silvestre.

Los bosques tropicales, sobre todo los del sudeste de Asia y los de la cuenca del río Amazonas, están siendo destruidos a un ritmo alarmante para obtener madera, despejar suelo para pastos y cultivos, para plantaciones de pinos y para asentamientos humanos.

En la década de 1980 se llegó a estimar que las masas forestales estaban siendo destruidas a un ritmo de 20 hectáreas por minuto. Otra estimación daba una tasa

de destrucción de más de 200 000 km² al año. En 1993, los datos obtenidos vía satélite permitieron determinar un ritmo de destrucción de casi 15 000 km² al año, sólo en la cuenca amazónica.

La deforestación tropical podría llevar a la extinción de hasta 750 000 especies vegetales, lo que representaría la pérdida de toda una multiplicidad de productos: alimentos, fibras, fármacos, tintes, gomas y resinas. Además, la expansión de las tierras de cultivo y de pastoreo para ganado doméstico en África, así como el comercio ilegal de especies amenazadas y productos animales podría representar el fin de los grandes mamíferos africanos.

1.2.6 Erosión del suelo

La erosión del suelo se está acelerando en todos los continentes y está degradando entre la quinta y la tercera parte de las tierras de cultivo de todo el mundo, lo que representa una seria amenaza para el abastecimiento global de víveres. Por ejemplo, la erosión está minando la productividad del 34% del total de las tierras de cultivo de EE.UU.

En el Tercer Mundo, la creciente necesidad de alimentos y leña han tenido como resultado la deforestación y el cultivo de laderas con mucha pendiente, lo que ha producido una severa erosión de las mismas. Para complicar aún más el problema, hay que tener en cuenta la pérdida de tierras de cultivo debido a la industria, los pantanos, la expansión de las ciudades y al desarrollo de la red de carreteras.

La erosión, junto a la pérdida de los bosques y las tierras de cultivo, reduce la capacidad de conservación de la humedad de los suelos y convierte en desérticas las tierras que antes eran productivas.

1.2.7 Contaminación y escasez de agua potable

El agua dulce, esencial para el mantenimiento de la vida, puede convertirse en el principal problema mundial en el corto o mediano plazo, a pesar de que las disponibilidades del recurso (9 000 km³ anuales) serían suficientes para abastecer a 20 000 millones de personas. Por un lado, debido a que el agua no está uniformemente repartida en el planeta, por lo que 26 países se consideran deficitarios y otros 18 se encuentran en situación precaria. Por otro lado, debido a la contaminación del recurso, ya sea superficial o subterráneo, continental o costero, no deja de aumentar.

Algunas fuentes de contaminación del agua es la utilización de nitrogenados en la agricultura y la lluvia ácida, además de las cargas de contaminantes provenientes de la industria (metales pesados, compuestos orgánicos persistentes); las originadas en los grandes núcleos urbanos (aguas residuales sin tratamiento) y la intrusión salina en mantos acuíferos sobreexplotados. Todo ello genera consecuencias muy negativas de varios tipos:

- En primer lugar, sobre la salud sobre la población. A la población que carece de un acceso adecuado al agua potable, se añade aquella que ve deteriorarse la calidad del agua que utiliza para beber, cocinar, lavarse o bañarse, hasta niveles incompatibles con el mantenimiento de la salud. En el mundo se estima que las aguas contaminadas influyen en la salud de aproximadamente 1 200 millones de personas y contribuyen al fallecimiento de 15 millones de infantes cada año⁷. Adicionando el incremento de la morbilidad generada por el consumo de productos (vegetales, pescados, moluscos) tratados con, o capturados en, aguas contaminadas.
- En segundo lugar, sobre la salud de los ecosistemas. El aumento de la cantidad de nitrógeno y de fósforo ha sido la causa de un crecimiento

⁷ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PUMA, 2000)

exuberante de plantas en los hábitats de agua dulce (ríos y lagos), así como en zonas costeras. Este producto de *eutrofización*, que se traduce en una falta de oxígeno para otras especies. El empobrecimiento progresivo puede dar por resultado una disminución de los recursos pesqueros. La biodiversidad de los ecosistemas marinos de ve afectada por la aparición de esta llamada *marea roja*, de algas.

- En tercer lugar, la contaminación de agua afecta negativamente a la riqueza piscícola de ríos, lagos, mares, interiores y franja costera. En los países desarrollados, la contaminación de ríos y mares con aguas residuales urbanas y agrícolas, junto con la explotación forestal, se traduce en un aporte de nutrientes a la franja costera que termina por asfixiar a muchos ecosistemas.
- Finalmente, la sobreexplotación de los acuíferos, de los que depende un tercio de la población mundial para su abastecimiento, ha llevado a que el manto freático haya descendido, en ocasiones, decenas de metros, lo que puede provocar un hundimiento de terreno (con el consiguiente daño a bienes inmuebles, infraestructuras y explotaciones agrícolas de todo tipo). Adicionalmente la sobreexplotación de mantos acuíferos contribuye al proceso de intrusión salina, que no solo contamina el agua de pozos para el consumo humano, sino que degrada la calidad de las tierras agrícolas costeras, hasta llevar a su pérdida total.

La evolución sobre el uso del agua dependerá, en primer instancia, del papel en el abastecimiento a la agricultura para hacer frente al incremento en la demanda mundial de alimentos que acompañará, al aumento de la población, ya que la agricultura es el sector en donde se consume la mayor parte de agua, entre un 65% y 75% habiendo crecido en un 500% la superficie de riego a lo largo del siglo XX. En segundo lugar, dependerá así mismo de la demanda industrial de agua en los países subdesarrollados, donde las previsiones apuntan hacia aumentos espectaculares (la industria es el segundo consumidor de agua en el sector con un

23% en promedio en el mundo). Por último, dependerá también de una eventual generalización a sociedades emergentes de los patrones de consumo del mundo, y a pesar de que el uso doméstico absorbe únicamente el 8% del recurso, las diferencias existentes entre los distintos países en cuanto a su consumo son espectaculares, y una generalización de los primeros podría suponer cambios sustanciales.

No es de extrañar por tanto que, a la vista del crecimiento de la población, así como de su demanda unitaria de agua, un número creciente de países y regiones se encuentren en una situación de estrés hídrico⁸.

El mundo experimenta también un progresivo descenso en la calidad y disponibilidad del agua. En muchas regiones, las reservas de agua están contaminadas con productos químicos tóxicos y nitratos. Casi el 75% de la población rural del mundo y el 20% de su población urbana carece de acceso directo a agua no contaminada. Las enfermedades transmitidas por el agua afectan a un tercio de la humanidad.

1.2.8 Residuos nucleares

Aunque las pruebas nucleares atmosféricas, fuente importante de lluvia radiactiva, han sido prohibidas por la mayoría de los países, la radiación nuclear sigue siendo un problema medioambiental. Las centrales nucleares liberan pequeñas cantidades de residuos radiactivos en el agua y la atmósfera, pero el principal peligro es la posibilidad de que se produzcan accidentes nucleares, que liberan enormes cantidades de radiación al medio ambiente, como ocurrió en Chernobil, Ucrania, en 1986.

⁸ El consumo de agua promedio anual *per cápita* de los Estados Unidos era de 1 868 m³ a finales del los ochentas del siglo pasado. En el continente africano, era de 245 m³ (Ministerio del Medio Ambiente, 1996).

Un problema más grave es del almacenamiento de los residuos nucleares, que conservan su carácter tóxico de 700 a 1 millón de años. La seguridad de un almacenamiento durante periodos geológicos de tiempo es, al menos, problemática; entre tanto, los residuos radiactivos se acumulan, amenazando la integridad del medio ambiente.

La gestión adecuada de estos residuos de alta actividad, a la vista de sus potenciales impactos negativos sobre la salud de las personas y ecosistemas, y su largísima vida (miles de años), es un problema no resuelto todavía en la actualidad, y que probablemente se agravarán en el futuro inmediato como consecuencia del cierre y desmantelamiento de las centrales nucleares que se van quedando obsoletas⁹.

⁹ Ministerio de Medio Ambiente, 1996

CAPITULO II

2.1 Desarrollo Sustentable

Para dar solución a los problemas ambientales, en junio de 1992, la I Conferencia Cumbre sobre Medio Ambiente y Desarrollo se reunió en Río de Janeiro, con el propósito de determinar qué reformas medioambientales eran necesarias emprender a largo plazo, e iniciar procesos para su implantación y supervisión internacionales.

En esta Cumbre de la Tierra de las Naciones Unidas, emergió el Desarrollo Sustentable como uno de los temas más urgentes para la política internacional. Ciento cincuenta naciones participantes representaron a las Naciones Unidas de la Agenda 21, proponiendo como parte de su política el Desarrollo Sustentable basadas en la satisfacción de las necesidades básicas en países desarrollados.

La Comisión Brundtland¹⁰ propuso que *“El Desarrollo Sustentable es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades del futuro”*.

2.1.1 Interpretando el desarrollo sustentable

La *Sustentabilidad* ha llegado a convertirse una palabra ampliamente usada. En la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro fue puesta una considerable atención para la sustentabilidad, y el concepto es incorporado en el resultado de las Naciones Unidas en la Convención del Marco sobre Desarrollo Sustentable.

¹⁰ A partir del documento **Nuestro futuro común**, preparado por la Comisión Mundial del Ambiente y Desarrollo en 1987, conocida como Comisión Brundtland, por Gro Harlem Brundtland primera ministra de Noruega, se popularizó el término Desarrollo Sustentable o Sostenible, y desde entonces se cree que es la dirección correcta.

El desarrollo sustentable es función del crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la equidad. Los procesos deben por lo menos lograr alcanzar metas de aprovechamiento de los recursos (crecimiento económico) y de manejo de los recursos con el fin de *preservarlos, conservarlos o protegerlos* (sustentabilidad ambiental).

El desarrollo sustentable, siendo función de tres objetivos que no tienen indicadores comunes ni un sistema de conversión para darles un común denominador, hace imposible su cuantificación.



Fuente: Adoptado de Peter Nijkamp, Regional sustainable development and natural resource use. World Bank Annual Conference on Development Economics, 26 y 27 de abril de 1990, Washington, D.C.

Se puede ilustrar estas afirmaciones utilizando un triángulo modificado de un triángulo similar elaborado por Peter Nijkamp¹¹, en el cual cada uno de los lados del triángulo representa un objetivo, las flechas ubicadas en los lados del triángulo representan los sentidos que tiene el alcance de cada uno de los objetivos y el área central del triángulo representa la zona factible de conciliación entre los mismos.

Dicha zona factible equivale a la zona de equilibrio para el desarrollo sustentable. Al triángulo originalmente presentado por Nijkamp se le ha agregado en la base una simbolización del ámbito o espacio dentro del cual se pretende alcanzar dicho desarrollo sustentable.

Si se pudiera expresar en una ecuación lo graficado en el triángulo se tendría que:

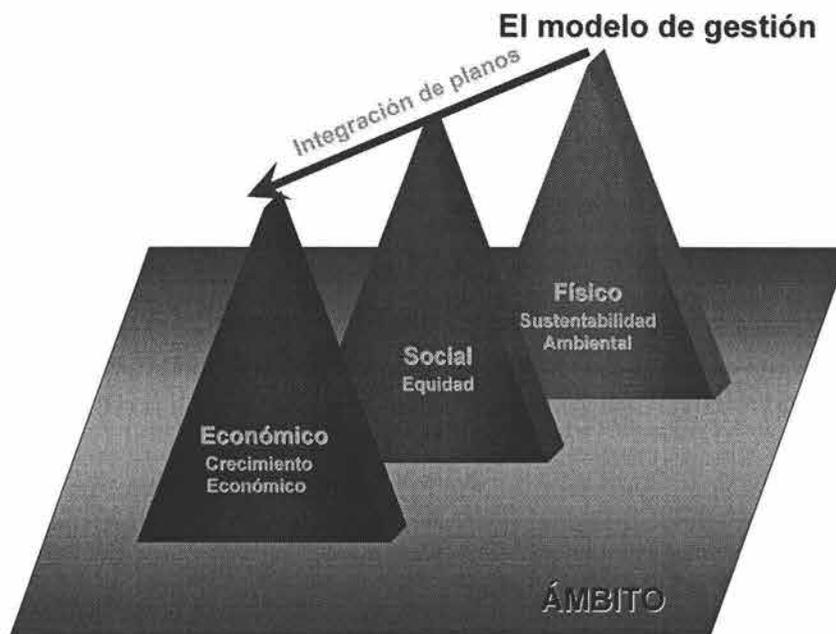
$$\text{Desarrollo Sustentable} = f(\text{Crecimiento económico}, \text{Equidad y Sustentabilidad ambiental})$$

La representación en el triángulo de Nijkamp hace abstracción de las incompatibles que hoy existen para expresar los tres objetivos bajo un común denominador de medición y evaluación. Los presenta en un solo plano, siendo que, tal como se mencionó anteriormente, ello aún no es factible. No hay aún equivalencias, ni sistemas de corrección, que permitan integrar los diferentes indicadores en un mismo plano. En teoría el único plano que a la larga podría servir de plano articulador es el plano económico. Ello solo se logrará cuando, haciendo uso de esta disciplina, se pueda valorizar una serie de elementos de la naturaleza que aún no son considerados.

En el corto plazo los tres objetivos mencionados son conflictivos lo cual puede visualizarse en el triángulo presentado en la gráfica anterior.

¹¹ Peter Nijkamp, Regional sustainable development and natural resource use, World Bank Annual Conference on Development Economics, 1990

Reconociendo la imposibilidad de articular los tres objetivos en un solo plano mientras no se disponga de los indicadores adecuados, se considera más representativo dibujar los lados de los triángulos en planos distintos, como se muestra a continuación. De esta forma se simboliza en cada plazo el área económica, la social y la ambiental.



Fuente: Adoptado de Peter Nijkamp, Regional sustainable development and natural resource use. World Bank Annual Conference on Development Economics, 26 y 27 de abril de 1990, Washington, D.C.

Además es necesario recordar que los intercambios entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental no ocurren sólo dentro del ámbito donde se forma el triángulo sino que también ocurren entre ámbitos, por ejemplo entre países o regiones dentro de un mismo país. Estos intercambios entre ámbitos por ejemplo de tecnología (crecimiento económico) por recursos naturales (sustentabilidad ambiental), permiten compensar las deficiencias internas de algunos de los ámbitos para alcanzar en forma equilibrada los objetivos deseados.

Los intercambios entre ámbitos debe recordarse que pueden introducir grandes distorsiones en el logro del equilibrio entre crecimiento económico, equidad y sustentabilidad ambiental. Ello ocurre cuando las transacciones son injustas entre ámbitos y alguno de ellos debe ceder una enorme cantidad de recursos naturales a cambio de alguna tecnología moderna.

Las situaciones expuestas en los gráficos explican con razonable claridad cuáles son los factores y situaciones que entran en juego para articular el crecimiento económico, la equidad y la sustentabilidad ambiental con el fin de encontrar el equilibrio para el desarrollo sustentable. Sin embargo en ningún caso resuelven en forma práctica como lograr tal articulación en una determinada región o territorio.

2.1.2 Objetivos del desarrollo sustentable

Para resolver la instancia práctica de articulación es necesario diseñar procesos de gestión que permitan que el hombre pueda tomar decisiones, a pesar de la falta de claridad conceptual y bases teóricas aún existentes, con el fin de:

- Lograr el crecimiento económico, la equidad y la sustentabilidad ambiental como forma de alcanzar el desarrollo sustentable con base al conocimiento y la posibilidad de realizar transacciones entre los actores.
- Determinar qué puntos de intercambio deben existir entre estos tres objetivos y que actores están involucrados en las decisiones de intercambio.
- Facilitar el conocimiento, por parte de los actores involucrados, del tipo de intercambios viables entre los tres objetivos y de los valores de dichos intercambios, tanto en los aspectos económicos como ambientales y sociales.
- Determinar en qué momento se alcanza el equilibrio de desarrollo sustentable que satisface que los actores de la región en desarrollo

mediante la generación y aceptación de indicadores de los objetivos colectivos y particulares de los actores.

Estas observaciones se hacen para enfatizar que el desarrollo sustentable es función de los tres objetivos y no se logra privilegiando solo uno en deterioro de los otros.

Dichos objetivos, sobre todo en el corto plazo, son conflictivos entre sí y se afectan mutuamente. Estos conflictos se originan debido a que para alcanzar un óptimo global cada uno de ellos debe de sacrificar su óptimo parcial y esto requiere de negociaciones. La falta de conocimientos sobre el entorno y la falta de indicadores comunes para valorizar los tres objetivos atenta contra dichas negociaciones.

El equilibrio que se busca con relación a los tres objetivos no se alcanza usualmente dentro de una región cerrada al exterior. Por lo contrario lo usual es que existan intercambios entre regiones con diferentes áreas de equilibrio.

2.1.3 Observaciones del desarrollo sustentable

Los conceptos y observaciones para el desarrollo sustentable no son nuevos, los cuales comienzan a partir de los setentas, en el modelo de *Bariloche*¹² resaltando el tema en 1972:

“... los países subdesarrollados no pueden avanzar por llevar el paso de los países desarrollados, eso implica repetir los errores que han encabezado para el deterioro del medio ambiente... la solución debe ser basada en la creación de una sociedad intrínsecamente compatible con su medio ambiente.”

¹² Herrera, Chichilnisky 1972

En este mismo modelo también introduce el concepto de “*Necesidades Básicas*” como un camino de las necesidades mínimas requeridas para una exitosa participación de la sociedad y unidas a la satisfacción de las necesidades básicas con “la creación de una sociedad intrínsecamente compatible con su medio ambiente”

Después la comisión Brundtland produjo la siguiente cita¹³:

“El Desarrollo Sustentable es el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de generaciones futuras”

Si resumiéremos las preocupaciones claves expresadas en el modelo de Bariloche y la Comisión Brundtland, podemos descubrir dos que son de gran importancia:

- ***Reconocer el impacto del horizonte de planeación para los límites de los recursos naturales y del medio ambiente en los modelos de desarrollo y consumo.***
- ***La preocupación del bienestar de las generaciones futuras, y particularmente que tan lejos afecta su acceso a los recursos naturales y a los bienes ambientales.***

¹³ World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford University Press

2.2 Proyectos como Herramientas para la Planeación

Son muchas la maneras de entender lo que es un proyecto, pero a fin de cuentas es el medio por el cual se pretende llegar a la solución de un problema (económico, social y/o ambiental), que bien puede ser lograr el máximo beneficio de una inversión como construir sistemas para la disminución de las emanaciones de dióxido de carbono, sustituir elementos químicos para detener la destrucción de la capa de ozono, abastecer a la población de agua potable, reforestación para evitar la erosión del suelo.

Las inversiones que se requieren para llevar a cabo un proyecto, generalmente son cuantiosas y escasas, conllevan riesgos y situaciones de incertidumbre, además de que en muchas ocasiones los beneficios no se ven sino a través de los años.

Por lo que es necesario contar con medidas de rentabilidad de proyectos que son reglas de decisión por las cuales se emite un juicio en cuanto a la bondad o conveniencia de llevar a cabo una serie de inversiones para desarrollar un proyecto. Para poder establecer las medidas de rentabilidad, se hace necesario el manejo de los modelos de equivalencia de flujo de efectivo en el tiempo.

Un proyecto puede ser definido como: *un plan prospectivo de una serie de acciones encaminadas a materializar algún objetivo, que bien puede ser del orden económico, social o ambiental.*

De una manera mas simple, se puede decir que un proyecto es: *un medio para convertir recursos disponibles en un cierto período, en valores disponibles en otro posterior.*

A través de un proyecto de inversión, se definen y especifican las acciones conjuntas necesarias para dar soluciones a problemas o para cubrir las necesidades materiales, que bien pueden ser de la empresa privada o de la propia sociedad en su conjunto. Es evidente, que para satisfacer esas necesidades, habrá de llevarse a cabo una serie de inversiones. Por lo tanto, la decisión deberá recaer en el conjunto de acciones, llámese *proyecto*, que cubran las necesidades o que generen ganancias, procurando para esto el mejor uso de los recursos disponibles.

El gran reto de los proyectos de inversión, es determinar y valorar los costos y beneficios que habrán de ocurrir en los distintos **períodos de tiempo**.

2.2.1 La evaluación en el proceso de planeación

De una manera muy general se puede decir que la planeación es una actividad concerniente al presente, tal y como se prescribe y controla, pero este presente se extiende hacia un futuro que se define en términos de lo que se va a hacer y de lo que se tiene. La planeación tiene en sí tres principios básicos; racionalidad, participación y evaluación.

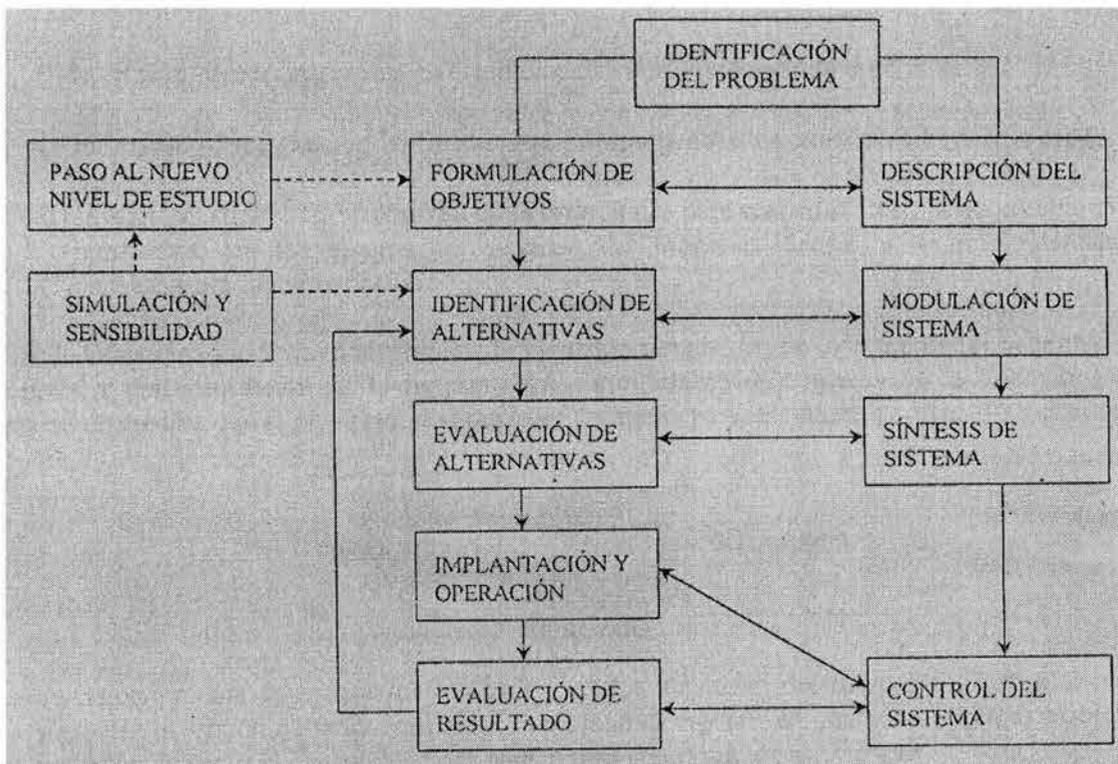
Podemos encontrar un sin número de técnicas de planeación, en sí estos modelos tienen tres fases en común: formulación de problemas, diseño de soluciones y control de resultados.

En la etapa de *formulación de problemas*, se realiza la evaluación diagnóstica, que se aplica para valorar la naturaleza de los problemas actuales o posibles a presentarse.

En la fase del *diseño de soluciones*, se aplica la evaluación Ex-anté, que permite valorar los diferentes diseños de solución

En la etapa de *control de resultados*, se realiza una evaluación Ex-post, que permite identificar los problemas sobre la marcha o bien los desvíos durante el proceso, también permite identificar las nuevas situaciones de oportunidad.

En la lámina se presenta un ejemplo de un modelo de planeación típico, en dicho modelo se presentan implícitas las tres fases clave. Del modelo se ha detallado las actividades del proceso de evaluación, mismas que aparecen en cuadros. La primera caja negra se refiere a la actividad de simulación y sensibilidad, de este análisis y de los resultados de rentabilidad de los proyectos se determina si un proyecto pasa o no a otro nivel de detalle.



Modelo de Planeación Típico

La evaluación en un proceso de planeación permite medir la efectividad y eficiencia de las acciones bajo una perspectiva financiera, económica, ambiental o social.

2.2.2 Inversión

La inversión es un término que se aplica en muy diferentes sentidos y con muchas acepciones, de manera general se puede decir que es “el acto por el cual se renuncia a la satisfacción inmediata, contra la esperanza en realizarlo en el futuro, para lo cual el bien invertido es el soporte”. En sí, la inversión significa la formación o el incremento del capital, y que este último a su vez, se conforma por el conjunto de bienes o dinero que no se han consumido por su propietario y que se coloca en el mercado financiero con la esperanza de recibir finalmente una renta posterior.

En un sistema productivo se pueden realizar diversos tipos de inversión, los cuales se pueden agrupar de esta manera:

- a) Inversión en renovación o reemplazo: tiene el fin de sustituir un equipo o elemento productivo.
- b) Inversión de expansión: se realiza para enfrentar una demanda creciente.
- c) Inversión de innovación: aplicado para mejorar productos existentes y nuevos productos.
- d) Inversión estratégica: se realizan estas inversiones para reafirmar la empresa en el mercado, reduciendo así los riesgos que resultan del progreso técnico y de implementaciones aplicadas por la competencia.

Cuando el sistema productivo es privado, la inversión tiene el fin de incrementar el beneficio de la empresa y con ello aumentar la riqueza de los accionistas, otra opción de la inversión, es de hacerse de medios que le permitan al sistema ser competitivo y mantenerse con esto en el mercado.



La inversión privada considera los ingresos y gastos a precios del mercado. Claro está que los proyectos de inversión deberán considerar la normativa vigente, en cuanto al impacto ambiental y las especificaciones propias establecidas para el bien o servicio de que se trate.

Por lo que hace al sector público, se puede decir que la inversión de recursos obedece a una estrategia de desarrollo, la cual se plasma en los diversos planes y programas nacionales, el logro de las metas y objetivos nacionales deberá ser alcanzado por el menor sacrificio de recursos del país. Y es precisamente por medio de un proyecto, la manera en que se plantean y analizan las acciones propuestas para alcanzar las metas y objetivos planteados. En este caso las inversiones se encaminan al interés social que permita incrementar el bienestar social.



La inversión (pública) considera los precios sociales, con los cuales trata de reflejar de alguna manera el impacto real que conllevará las acciones emprendidas en el resto de la economía. Los beneficios que se logran no siempre son identificables y recuperables, por ejemplo, la construcción de una carretera donde los ingresos directos son el pago del peaje, tiene otros beneficios como el ahorro del tiempo, el incremento de turismo y mayor comercio entre puntos distantes. Es

evidente también el impacto negativo, como lo es la destrucción de la naturaleza o el incremento del ruido.

Antes de llevar a cabo las inversiones y con ello los proyectos, habrá de considerarse estas viables. Para lo cual habrá de recurrirse al “juicio”, que es el resultado que se logra después de efectuar una comparación racional, realizado mediante un proceso preferencial. Así, la evaluación brinda las bases para una adecuada toma de decisiones.

2.2.3 Las alternativas de una evaluación

Cuando las metas son bien conocidas y se tienen claras las premisas de planeación, el primer paso en la toma de decisiones es el desarrollo de las alternativas. La habilidad para desarrollar diversas alternativas es tan importante como el seleccionar correctamente la mejor de ellas.

Las alternativas pueden ser independientes, si los beneficios y costos esperados de cualquiera de ellas no se ven afectados por el hecho de que cualquier otra alternativa se acepte o se rechace. Otra clasificación de alternativas son aquellas denominadas mutuamente excluyentes o exclusivas, es decir que la ejecución de alguna de éstas impida la realización de las restantes. Las alternativas mutuamente excluyentes en un sistema productivo, se subdividen en alternativas de expansión o bien de reducción

Para aclarar lo anterior, supongamos que existen diversas alternativas para instalar una o varias fábricas de embutidos, dichos proyectos se localizan en regiones económicas distintas, lo cual las hace aparecer como alternativas independientes, ya que la realización de cualquier alternativa no afecta a las restantes, claro está que existe la limitación de los recursos financieros.

Un ejemplo de alternativas mutuamente exclusivas, sería el caso en que se quisiera aprovechar el escurrimiento de un río para llevar agua potable o beneficiar una zona agrícola con riego, en este caso aunque existieran varios sitios factibles para desplantar la presa de almacenamiento, tan solo uno sería el sitio de la presa. La selección de alternativas primero habrá de pasar la factibilidad técnica para que posteriormente sea sometida a la factibilidad económica. Debido a la diversificación de la producción de una empresa, se requiere que la nave industrial sea ampliada, ante tal situación se analizarán diversas alternativas, las cuales son mutuamente exclusivas y su carácter será de expansión.

Otro ejemplo lo sería, en que una empresa se viese en la situación de reducir su producción debido a la construcción de otra planta y la necesidad de mejorar sus economías de escala deberá estudiar diversas alternativas mutuamente excluyentes de reducción del tamaño de la planta. El criterio económico es el único que nos puede decir si una alternativa es mejor que otra. En la evaluación económica de los flujos de efectivo es la escala de valores que nos sirven como criterio para establecer preferencias.

Para la evaluación económica se definirán las medidas de rentabilidad, tales como la relación beneficio costo, la tasa interna de retorno y el valor presente de los beneficios netos (mismas que se analizarán en este capítulo IV).

2.2.4 El Estudio del Proyecto.

A continuación se presenta de manera general la relación de los componentes que debe incluir un estudio para cualquier sistema productivo:

1. *Estudio de mercado.* En este apartado se estudia la oferta y la demanda de los bienes y servicios a los que el proyecto se refiere. De igual manera se analiza el comportamiento histórico de estos parámetros y el de exportación

de sus tendencias; si el caso así lo requiere debe incluirse un análisis prospectivo.

2. *Determinación del tamaño y su localización.* Una vez determinado el medio ambiente interno y externo en el que se va a desarrollar el sistema, se procede al análisis de alternativas tanto de localización física del proyecto como su tamaño.
3. *Ingeniería del proyecto.* Ahora se realiza la descripción técnica del proyecto, las especificaciones de los equipos y estructuras, la selección de los procesos de elaboración, la justificación del grado de mecanización, del grado de mecanización adoptado, cantidad y calidad de insumos, etc.
4. *Inversiones.* Se determinan las inversiones totales, tanto en moneda nacional como extranjera, si es que así lo requiere el proyecto, se considera la inversión en activos fijos y el capital de trabajo.
5. *Presupuestación.* En este caso se realizan los presupuestos de gastos e ingresos anuales, se estiman los costos e ingresos que será producto del funcionamiento del proyecto.
6. *Evaluación.* Con la utilización de las medidas de rentabilidad se podrá calificar el proyecto y su comparación con otros, para así establecer órdenes de prelación.
7. *Plan de Ejecución.* Se determina la Ruta Crítica (PERT) del proyecto, donde se definen los tiempos probabilísticas de ejecución, secuencias de tareas y estimación de flujos financieros.

8. **Financiamiento.** En este concepto se especificarán las futuras fuentes monetarias a las que se recurrirá y las condiciones impuestas por los organismos financieros. De igual manera, se determinarán las formas en que se proyecta canalizar los recursos financieros.

Es fundamental en el estudio del proyecto el no pasar por alto el marco legal, donde se especifica para toda actividad empresarial sus derechos y deberes. No solo deberían considerarse en el proyecto lo que serían los aspectos tributarios, existe normativa como por ejemplo; para el control de la emisión de contaminantes, de uso de suelo o del control que se deberá llevar a cabo con los desechos tanto líquidos como sólidos.

Como se indicó en el inciso anterior, el proyecto es en sí un proceso por el cual se lleva a cabo la comparación y calificaciones de las acciones tendientes a establecer un "juicio" acerca de una situación encaminada al cumplimiento de ciertos fines.

CAPITULO III

3.1 El Interés y el Descuento del Futuro

Como hemos podido observar, es necesaria la creación de proyectos ambientales entendiendo como proyecto *“un medio para convertir recursos disponibles en un cierto período, en valores disponibles en otro posterior”* descrito con anterioridad y así generar alternativas para el mejoramiento de la calidad del medio ambiente. Para la evaluación de estos proyectos es necesaria la utilización de un factor de descuento aplicado en un horizonte de planeación para así poder encontrar indicadores económicos para la toma de decisiones.

El manejo y establecimiento de una tasa de interés siempre ha representado una serie de problemas tanto al manejo de los instrumentos de financiamiento como a la propia teoría macroeconómica y a la estructura del plazo de capitalización. Hoy en día la interpretación y aplicación de las tasas provoca enorme revuelo entre los especialistas de las diversas corrientes económicas, para algunos las tasas revelan la escasez del dinero y que deben ser controlados y conducidos por los gobiernos, para otros, las tasas de interés constituyen el precio del crédito y varían de acuerdo a las expectativas inflacionarias, lo que a consideración de estos especialistas no deber constituirse como un instrumento de política económica.

Desde la perspectiva del especialista en evaluación de proyectos, el dinero es un bien escaso y su manejo en el tiempo reviste una importancia trascendental en la toma de decisiones, lo anterior obedece a la oportunidad que se tiene para invertirlo en una serie de opciones que generan una diversidad de beneficios y es por medio del análisis de los flujos de efectivo, que permiten llevar a cabo la evaluación de estas opciones, a través de la comparación de beneficios y costos que se aplican a lo largo del tiempo.

En el presente capítulo se aborda uno de los problemas más intrincados en el análisis económico: **el valor de futuro en el tiempo**. Las personas tienen una fuerte preferencia hacia el presente, esto significa que si pueden elegir, discriminan en contra del futuro, es decir, dan valor menor a aquello que aparece lejano en el tiempo.

La preferencia temporal positiva se traduce en que exigen un premio por renunciar a algo hoy a cambio de ese mismo algo mañana, lo que conocemos como un **interés** positivo.

Se puede observar como estas motivaciones junto con la rentabilidad de la inversión quien efectúa una operación de cambiar el futuro por el presente pidiendo prestado, determina una oferta y una demanda de fondos prestables que en un mercado competitivo, genera una *tasa de interés*, la tasa de descuento¹⁴, de equilibrio con el precio del futuro.

Que las personas descuenten el futuro no quiere decir, necesariamente, que la sociedad también lo haga, enfrentada a la disyuntiva de escoger entre un mismo impacto positivo, que afecta el bienestar de una persona representativa, en dos momentos del tiempo, ahora y dentro de cien años, por lo que surgen dos disyuntivas: 1. La sociedad debe conceder el mismo valor hoy al cambio experimentado para las dos. o 2. La sociedad al igual que las personas, deben penalizar aquél que ocurre en el futuro, otorgándole un valor menor.

A continuación se abordará el problema la valoración del futuro a largo plazo entendiendo en primer lugar el comportamiento del factor de descuento a través del tiempo, que es de importancia para muchos de los problemas ambientales. Por pequeña que sea la tasa de descuento utilizada, el valor de cualquier cosa que

¹⁴ La tasa de descuento es la tasa en la que se pierde el valor de algo por el paso del tiempo. La tasa de interés es una de las manifestaciones de la tasa de descuento.

vaya a suceder dentro de cien o doscientos años es, hoy, prácticamente despreciable. Esa *tiranía del presente* introduce un grado de insatisfacción con respecto a la práctica del desarrollo sustentable y del descuento medioambiental.

3.1.1 El significado del descuento del futuro.

El descuento del futuro es la operación por la que se reduce el valor de un activo cualquiera por el simple hecho del paso del tiempo, sin que ello tenga que ver con la obsolescencia¹⁵. La velocidad en la que se va depreciando un recurso es lo que se conoce como *factor de descuento*, dicho factor depende de la tasa de interés o *tasa de descuento* (i). Cuanto mayor sea ésta, menos será el valor hoy de aquello que ocurra mañana.

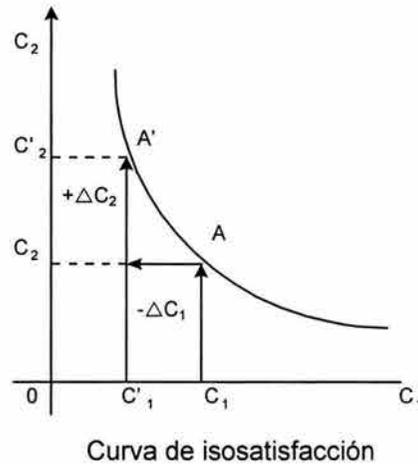
3.1.2 La tasa de interés

La teoría, establece que al desprenderse de un recurso en este momento, la persona que invierte sus ahorros en un banco por ejemplo, está difiriendo su consumo inmediato, para aceptar esta situación espera recibir una cantidad adicional y la recuperación del dinero ahorrado al momento del cobro, que le compense el sacrificio de posponer su consumo. En el caso gubernamental, la inversión en cualquier proyecto significa la posposición de alguna otra actividad asociada al desarrollo.

Lo anterior se puede justificar en términos microeconómicos, una persona puede consumir un producto en dos momentos distintos. Si es en este momento recibe la cantidad C_1 , que pudiese ser por ejemplo una canasta de consumo o bien un servicio, también puede recibir otra cantidad C_2 pero en un tiempo posterior. La persona puede sentirse indiferente entre el consumo del par (C_1, C_2) , esto se

¹⁵ Obsolescencia: Fenómeno que ocurre en la disminución del valor del bien, debido a la presencia del progreso tecnológico a través del tiempo.

representa en la gráfica siguiente en el punto A. Otra pareja de la gráfica sería la (C_1', C_2') , que se identifica por otro punto denominado A' , donde un consumo inmediato inferior menor será compensado por un consumo mayor pero en un momento posterior.



Tanto el punto A como el A' proporcionan un mismo estado de satisfacción o utilidad para la persona. A la unión de todos los puntos que combina un mismo nivel de satisfacción se le conoce como curva de indiferencia o de isosatisfacción. Así, para compensar la disminución del consumo actual ΔC_1 se requiere del aumento del consumo futuro ΔC_2 . Suponiendo ahora un mercado de capitales, donde la persona puede prestar dinero o solicitar un préstamo, sin restricción en el interés que se paga por el dinero, de la misma Lámina se tiene ahora que el punto A representa una asignación de recursos, si la persona hace un préstamo disminuye sus recursos en una cantidad ΔC_1 , pero recibirá la cantidad de $\Delta C_2 = \Delta C_1 (1+i)$ en un tiempo posterior. La posibilidad de renunciar de ΔC_1 , a cambio de ΔC_2 depende del interés i que se pague, evidentemente la persona buscará la combinación (C_1, C_2) , que le dará la satisfacción más grande posible.

Con lo anterior queda justificado el interés que se paga por un préstamo. Así las personas o empresas intercambian consumos o bienes presentes por consumos o

bienes futuros, siempre y cuando reciban una cantidad extra llamada interés. Al factor $(1+i)$ depende de la **tasa de interés**, que al multiplicarlo por el consumo sacrificado se determina el consumo futuro en un tiempo posterior. Aunque esta no es la única causa por la cual se cobra el interés, existen otras razones como lo son:

- 1 Todo préstamo implica un riesgo, tal riesgo se acepta siempre y cuando exista alguna ganancia de por medio.
- 2 Siempre que se presente el fenómeno de la inflación se pierde poder de adquisición; para disminuir este efecto se cobran intereses sobre el capital prestado.
- 3 Cuando se tiene alguna alternativa de inversión (costo de oportunidad), el otorgante del capital no aceptaría ningún pago de interés menor al que se le ofrezca en otras inversiones.

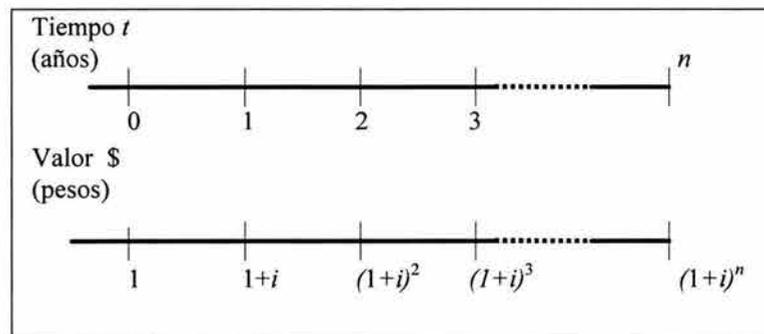
Al dinero puesto para financiamiento se le llama capital o principal, la parte del valor generado por la inversión que se paga por el financiamiento se le conoce como interés, la suma de ambos (capital e interés) recibe el nombre de monto. Existen varios tipos e interés, el más común y aplicado es el compuesto, que se define como, como el cargo por intereses, en cualquier período, que se aplica a la cantidad principal restante más cualquier interés acumulado hasta el principio del período. En otras palabras, el interés de un periodo es calculado sobre el principal más la cantidad acumulada de los intereses generados en periodos anteriores.

3.1.2.1 Interés Compuesto (Capitalización discreta anual).

En el momento en que la utilidad generada se incorpora al capital al final de un año se dice que el período de capitalización es anual, esta capitalización también puede ser semestral, trimestral, mensual o continua. Supóngase que en este momento se dispone de una unidad monetaria, la cual pudiese invertirse en algún

sistema productivo y que después de un año rinda un interés i en unidades monetarias de valor generado, ante esta situación, se produce la indiferencia entre recibir una unidad monetaria ahora, o bien recibir $(1+i)$ unidades para el fin de año.

Bajo este razonamiento se puede decir que cada unidad monetaria en el tiempo $t=1$, equivale a $(1+i)$ unidades, mientras que para el tiempo $t=2$, la equivalencia es de $(1+i)$ unidades que es igual a $(1+i)^2$, generalizando se tiene $(1+i)^n$ que es el modelo general de la equivalencia de valor en el tiempo, que determina el valor futuro en un solo pago, tal y como se muestra en la siguiente figura.



Interés compuesto

Por los conceptos expuestos en la determinación del interés compuesto, se puede decir que un peso en este momento (tiempo presente - valor presente) equivale a $(1+i)^n$ pesos (tiempo futuro- valor futuro). De esta manera se define el modelo básico en la equivalencia valor – tiempo para el Valor Futuro de esta manera:

$$F = P(1+i)^n \quad (1)$$

Donde F es el Monto o Valor Futuro, P es el Capital o Valor Presente, i es la Tasa de interés para cada período de tiempo y n el número de periodos de tiempo en que se lleva a cabo la capitalización. Para determinar el valor presente, se despeja el modelo 1.

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Siendo el factor de descuento:

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

3.1.2.2 Interés Compuesto (Capitalización discreta en periodos de capitalización menores a un año)

Cuando se establecen capitalizaciones que se aplican en periodos menores a un año, se tiene que la tasa de interés compuesto se aplica varias veces al año, como lo sería por ejemplo, un contrato por obra o actividad desarrollada, donde de manera general la estimación y el pago de los trabajos se hace mensualmente, con lo cual, el contratista una vez separada su utilidad, reincorpora el capital a nuevas actividades y así, genera un nuevo análisis de inversión en obra.

Cuando el periodo de capitalización es menor a un año, significa que la tasa de interés anual capitaliza m veces al año, por lo que el año se divide en m periodos de capitalización iguales, así la tasa de interés anual en cada periodo es igual a $\frac{r}{m}$, para diferenciar ésta tasa de la que se aplica anualmente, se le llama *tasa nominal*, y se identifica como r . Por lo antes expuesto, se dice que la tasa de interés en capitalización anual i , es igual a la de capitalización discreta menor a un año r ; sí de este modo:

$$i = \frac{r}{m}$$

Cuando se requiere conocer el valor futuro de un flujo que presenta capitalizaciones en periodos menores a un año, se recurre al modelo de

equivalencia para el *valor futuro en capitalizaciones menores a un año*, para su determinación se parte de este modelo de capitalización discreta anual:

$$F = P(1 + i)^n$$

Al sustituirse la tasa nominal por la tasa de interés anual, y considerando que existen m periodos de capitalización en un año, se tiene como resultante que:

$$F = P \left(1 + \frac{r}{m} \right)^{mn}$$

al final de n años, el interés se ha capitalizado mn veces, de esta manera se tiene definido el modelo general del valor futuro de la capitalización discreta menor a un año, donde r es la Tasa nominal, m es número de periodos de capitalización por año.

3.1.2.3 Capitalización continua

A medida que crece la periodicidad con que se capitaliza el interés el valor resultante también crece, pero ¿qué pasa si el periodo crece de manera continua? Para muchos sistemas productivos es común suponer que los flujos de ingresos sean continuos así como su capitalización, a lo anterior se le conoce como capitalización continua. Lo anterior significa que la capitalización continua equivale a suponer que por cada peso recibido se tiene de inmediato un *costo de oportunidad*. En el caso de la capitalización discreta no se considera el costo de oportunidad hasta el momento en que se cumple el periodo capitalizable.

Para determinar los modelos de capitalización continua, se establece la condición de que el número de periodos de capitalización por año crece de manera indefinida, esto es que su límite tiende a infinito ($m \rightarrow \infty$), para simplificar el

cálculo se sustituye t por n y se iguala a la relación $\frac{m}{r}$ a un valor n , despejando se tiene que $m = nr$ que al sustituir en el modelo del valor futuro de capitalización discreta en periodos menores a un año, produce el siguiente resultado:

$$F = P \left(1 + \frac{r}{m} \right)^{mn} = P \left(1 + \frac{r}{m} \right)^{nrn}$$

con $m = nr$ el modelo se modifica de esta manera:

$$F = P \left(1 + \frac{r}{rn} \right)^{nrn} = P \left(1 + \frac{1}{n} \right)^{nrn}$$

así:

$$F = P \left[\left(1 + \frac{1}{n} \right)^n \right]^{nr}$$

por otra parte se sabe que:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[1 + \frac{1}{n} \right]^n = e$$

por lo que finalmente se tiene que:

$$F = Pe^{rt}$$

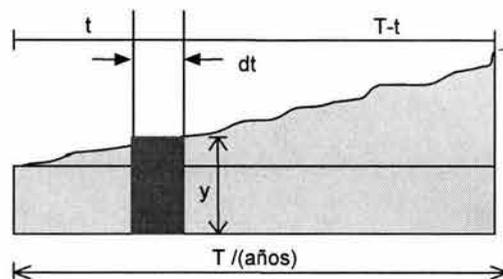
Donde e es el logaritmo neperiano, r es la tasa nominal y t el tiempo de Capitalización.

En donde el factor de descuento es:

$$e^{-rt}$$

3.1.2.4 Capitalización en Flujos Continuos

La información de los flujos de caja no siempre se presenta con valores discretos, puede estar asociada a alguna unidad de tiempo, como lo sería el caso de los costos fijos relacionados por semana o la proyección de gastos de operación estimados mensualmente. Otro ejemplo sería el caso del costo de la mano de obra que se establece por semana, quincena o por hora de trabajo. Una representación gráfica de este tipo de flujos, puede apreciarse en la siguiente gráfica, donde el flujo de efectivo es continuo, cambiando de magnitud a lo largo de un tiempo T ,



En este caso dt es la diferencial del área bajo la curva. La determinación de los modelos de equivalencia se calculan a partir de la capitalización continua, recurriendo para esto al modelo de valor futuro cuando se conoce su valor presente con capitalización continua:

$$F = Pe^{rt}$$

Se considera que el flujo está compuesto por elementos discretos a dt y que tienen un equivalente futuro en el tiempo T ,

$$dF = ae^{r(T-t)} dt$$

Al sustituir en la integral definida el valor $a = y$, se está caracterizando el flujo continuo en el intervalo definido por el intervalo (0 y T) que equivale a:

$$F = \int_0^T ae^{r(T-t)} dt$$

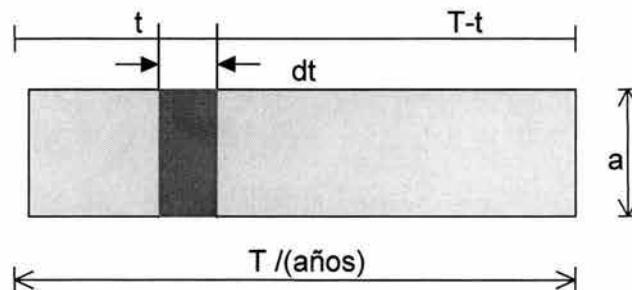
al desarrollar la integral definida se tiene que:

$$F = \int_0^T ae^{r(T-t)} dt = \frac{-a}{r} \left[e^{r(T-t)} \right]_0^T$$

así,

$$F = a \left[\frac{e^r}{r} - \frac{e^0}{r} \right]$$

En el caso particular donde se requiere determinar el valor futuro de un flujo de caja que es continuo y uniforme. Para desarrollar el modelo se plantean una serie de consideraciones, iniciando por aquella que define la tasa uniforme anual del flujo que se identifica como a pesos/año, durante T años, para ilustrar los componentes del flujo continuo, la siguiente gráfica servirá de apoyo.



3.2 El Descuento del Futuro desde una Perspectiva Individual

Dada la importancia que el fenómeno de descuento adquiere en cualquier proceso de toma de decisiones que involucra al futuro, vale la pena comenzar por indagar sobre las razones que podrían explicar esta pérdida de valor de un activo normal por el simple hecho del paso del tiempo.

A manera de ejemplo si nosotros le preguntáramos a una persona que se ganó un viaje de un fin de semana a Venecia, y que el mismo premio lo puede hacer válido hoy o en diez años. Lo normal es que las personas prefieran, cualquiera que sea la oferta, el premio hoy, en otras palabras, que penaliza el futuro, no lo toma en cuenta, es decir *lo descuenta*.

3.2.1 Motivos del descuento del futuro desde una perspectiva individual

No es difícil descubrir las razones que ha tenido en cuenta la persona para responder como lo hizo, en el caso del bien de consumo (fin de semana en Venecia), se habrán considerado al menos estos motivos:

1. *Impaciencia*. La persona nos dirá que prefiere disfrutarlo ahora porque sí, porque ahora es cuando se encuentra mejor. No es una razón muy convincente, debido a que si se invierte la pregunta ¿cuándo hubiera obtenido mayor satisfacción de la experiencia, si realizara el viaje ahora o hace cinco años? Muchas personas responderían que ahora, ya que se han adquirido mayor madurez, mas información, han encontrado una compañía mas prometedora, lo que se estuviera contradiciendo a lo expuesto a la afirmación original.
2. La persona es *Mortal*. Es una razón más convincente, la persona prefiere disfrutar ahora de la experiencia porque no sabe si dentro de diez años estará todavía aquí para poder hacerlo.
3. *La disminución de la utilidad marginal del consumo*. La persona puede pensar que dentro de diez años su situación económica habrá mejorado y que, ya se podrá permitir mejor que hoy darse el lujo de pagarse ese viaje. En otras palabras, tomándolo de la teoría económica, cuanto más se tiene algo, menos se valora una unidad adicional de lo mismo, la persona considera que cuando aumente su poder adquisitivo (cosa que supone que va a pasar a través del tiempo), menor será el incremento de bienestar que

le repondrá el consumo de cualquier bien: en términos económicos, la utilidad marginal del dinero para ella habrá caído.

4. *La rentabilidad positiva* que el activo le proporciona. La persona sabe que si deposita una unidad monetaria en el sistema financiero, recibirá una recompensa por ello, un rendimiento positivo, y cuanto antes la tenga, antes comenzará a disfrutar esta rentabilidad (si remata el viaje y obtiene dinero).

Este último motivo es la clave para entender el fenómeno del descuento, ya que permite cerrar el círculo, introduciendo la otra cara de la moneda, la demanda de fondos prestables. De esta forma, oferta y demanda determinan, cuando se igualan en un mercado, el correspondiente precio de equilibrio: el precio del futuro, la tasa de descuento de equilibrio.

3.2.2 El valor de la tasa de descuento en una economía de mercado

De acuerdo a las razones antes mencionadas, podemos explicar que las personas comunes y corrientes, exigen un premio para renunciar a su consumo hoy, y posponer su disfrute al futuro, por lo que se requiere para que exista dicho premio, una persona deseosa de pagar más, a cambio de poder disfrutarlas hoy.

- Un primer grupo se encuentra formado por las personas que por algún tipo de desgracia necesitan financiar de algún modo su consumo de subsistencia.
- El segundo grupo lo forman aquellas personas que, de acuerdo a las Teorías de Modigliani, buscan equilibrar el perfil de consumo a lo largo de su vida, para lo que se endeudan en sus primeros años productivos (comprando una vivienda mediante un préstamo), deuda que devolverán en sus años de madurez.
- Existe un tercer grupo, aquella formada por personas físicas o morales, que desean contar hoy con fondos para así poder emprender una inversión

cuya rentabilidad esperada (tasa interna de retorno) les permitirá devolver el interés exigido por el prestamista, y obtener un **beneficio adicional**. Esto es posible debido a que el capital productivo que pueden adquirir con estos fondos pedidos en préstamo, y que materializará la inversión, tiene una productividad marginal positiva, que le permitirá no sólo recuperar su valor, sino generar un excedente que, tras restar el interés indebido, todavía le dejaría una renta más o un beneficio positivo.

Estos grupos constituyen la oferta y la demanda de fondos prestables. Idealmente cuando se encuentran en un mercado, la interacción de estas dos fuerzas determinan el precio del futuro, el tipo de interés, es decir, la tasa a la que se intercambia un activo hoy, por ese mismo activo el año que viene.

La tasa de interés incorpora la información proporcionada por ambos lados de la ecuación, de tal manera que cuando el mercado está en equilibrio, refleja:

- Primero, la tasa subjetiva a la que la gente desea intercambiar consumo hoy por consumo en el futuro, por las primeras razones señaladas. Esto se conoce como *preferencia temporal* de las personas, y explica la denominada *tasa de descuento del consumo* (i).
- En segundo lugar, la tasa, a la que la renuncia al consumo hoy (la inversión), puede convertirse en mayor cantidad de consumo mañana, y que viene dada por la *productividad marginal del capital* (ρ) en la economía. Esta segunda constituye el denominado *costo de oportunidad de capital*.

Estas dos magnitudes son iguales, y ambas explican, idealmente, el valor de la tasa de interés en una economía de mercado, que constituye la tasa de descuento para sus agentes individuales (consumidores y empresas) en la esfera privada y se representa por: $r = i = \rho$

3.3 El Descuento del Futuro desde una Perspectiva Social

Muchas de las actividades económicas que emprende la sociedad, así como la modificación de la calidad de los activos ambientales, generan una serie de impactos que afectarán al bienestar de las personas no sólo en el momento de producirse, sino también a lo largo del tiempo, en ocasiones hasta el infinito. Esta incidencia en el tiempo sobre el bienestar social introduce un problema muy delicado en el análisis económico, y más aún en de la economía ambiental el del tratamiento que ha de otorgarse a cambios en el bienestar que se producen en diferentes momentos del tiempo. En otras palabras, el mencionado problema del *descuento del futuro*, aunque ahora, con una perspectiva algo diferente a como se ha contemplado hasta el momento.

Formalmente planteado, el problema no difiere mucho de lo abordado anteriormente, se trata de descubrir cuál es el valor de hoy de un cambio en el bienestar que se produce en el futuro. Es decir, cómo modificara el bienestar de la sociedad hoy el conocimiento de un cambio de bienestar que se producirá en el futuro.

El problema sigue siendo el mismo, pero ahora los protagonistas han cambiado. Por un lado, el activo que va perdiendo el valor con el paso del tiempo no es una determinada cantidad de dinero, ni un viaje, sino el **bienestar social**. En segundo lugar, ya no se trata de saber a que tasa intercambiaría una misma persona este activo en dos momentos del tiempo, sino que, con toda posibilidad, *serán dos personas diferentes* aquellas cuyo bienestar se compara en los dos momentos del tiempo contemplados, aunque ambas personas pertenezcan al único agente cuyas preferencias en el tiempo se analizan en la sociedad.

La transformación de un espacio natural de gran belleza en terreno agrícola elimina un activo natural en el que algunas personas desarrollaban actividades

recreativas en contacto con la naturaleza, lo que reduce el bienestar. Esta pérdida es irreversible, de forma que la van a experimentar no sólo los actuales demandantes del recurso, sino también las generaciones siguientes.

¿Cuánto vale hoy la pérdida de bienestar que experimentará por la desaparición de este entorno natural una persona que viva en este planeta dentro de cincuenta años? La relevancia que tiene la respuesta que se dé a esta pregunta, sobre el proceso de toma de decisiones con respecto al medio natural, sobre lo que se permite y no se permite hacer en el mismo en definitiva, no puede desconocerse. Una respuesta intuitiva podría ser del tipo “lo mismo que si viviera hoy, ya que tiene el mismo derecho que nosotros al disfrute de la naturaleza”. Es probable, sin embargo, que en algunas ocasiones la respuesta anterior no sea correcta, y el cambio en el bienestar que se producirá dentro de cincuenta años no valga en la actualidad tanto como si se hubiera producido hoy, en otras palabras, que esté justificado penalizar, descontar el futuro.

3.3.1 Descuento del futuro y la equidad intergeneracional

Descontar el futuro bajo esta perspectiva quiere decir, simplemente, que el mismo cambio tiene un menor valor si se produce dentro de cincuenta años que si se produce hoy. En otras palabras, aún cuando el nieto de la persona A fuera idéntico a ella en cuanto a su demanda de espacios naturales, su pérdida de bienestar, derivada de la desaparición de un entorno natural determinado, no vale en el momento presente tanto como la que experimenta su abuelo, al señor A, hoy, ante el mismo fenómeno. *Queda afectada por un factor de descuento.*

La razón o razones que hacen legítimo descontar el futuro a la hora de tomar decisiones que efectuarán al bienestar de las generaciones venideras, son ciertamente más complejas que las contempladas en el caso individual,

precisamente por este componente de equidad intergeneracional que se encuentra envuelto en el proceso.

No se tomarán en cuenta dentro del análisis aquellos motivos que son éticamente defendibles:

- No es ciertamente la negación de los derechos de las generaciones futuras con respecto al medio ambiente lo que justifica reducir el valor de sus cambios en el bienestar. Por el contrario, la discusión sobre esta posibilidad se plantea aceptando ese primer punto de partida, todas las personas tienen el mismo derecho a disfrutar de los dones de la naturaleza, con independencia de su sexo, raza, religión, ... y momento del tiempo en el que vienen a vivir a este planeta. Hacer operativo este principio supone que los cambios en el bienestar de los miembros de la próximas generaciones han de entrar en pie de igualdad con los de la generación presente, a la hora de decidir, en la correspondiente función de bienestar social.
- Tampoco pueden justificarlo las preferencias de la generación actual al respecto. Como ya se ha visto, las personas descuentan al futuro. Pero no sólo descuentan al futuro en lo que a ellas mismas concierne, sino que también lo hacen con lo que respecta a los demás. La evidencia empírica muestra, por ejemplo, que confrontadas con dos alternativas de inversión que, con el mismo costo actual, se tradujeran en idéntico número de vidas salvadas en el futuro, beneficio que no repercutirá ni en ellas ni en sus allegados, las personas entrevistadas prefieren aquella que proporciona sus efectos positivos en el más corto plazo. Por ejemplo, confrontadas ante dos alternativas que, teniendo el mismo costo, permiten salvar el mismo número de vidas humanas, pero la primera dentro de diez años, y por ejemplo la segunda dentro de cincuenta años, las personas prefieren la primera. Ahora bien, el hecho de que las personas expresen una tasa de preferencia temporal positiva también con respecto al bienestar de las generaciones

futuras no es, sin embargo, razón aceptable para que el decisor social adopte esta misma postura, ya que no es congruente con la igualdad de derechos mencionada anteriormente, ¿por qué discriminar en contra de los que van a nacer mas tarde?

3.3.2 Razones para descontar el futuro desde una perspectiva social.

No es por tanto una diferencia en el catálogo de derechos con respecto al medio ambiente lo que explica este tratamiento, en apariencia discriminatorio. Por el contrario, es precisamente esta necesidad de tratar de igual forma a personas que se encuentran en situaciones diferentes, la que justifica la aparente discriminación. Un ejemplo ayudará a entender mejor lo que sigue.

Es un principio aceptado en la práctica fiscal convencional el de que todos los ciudadanos están obligados a contribuir al sostenimiento de las cargas del Estado, en igualdad de condiciones. No sería aceptable, bajo esta perspectiva, que unas personas fueran obligadas a sacrificarse en mayor medida que otras para sostener los Presupuestos del Estado. Sin embargo, incluso en los sistemas fiscales más cercanos este es el ideal, y precisamente por ello se observa que las cantidades que pagan como impuestos los distintos ciudadanos, difieren notablemente. ¿Cómo podemos justificar esta discriminación, si todos deberían ser tratados de igual manera? El motivo es bien conocido, y ya se ha mencionado con anterioridad y es el decrecimiento de la utilidad marginal del consumo.

La sociedad, ha puesto que quien mas tiene menos necesita, y le ha dado contenido práctico a este principio, que parece de general aceptación, y este parece ser el mismo principio que se encontraba tras la tercera de las razones que explicaban, y justificaban, el descuento del consumo desde una perspectiva individual: el decrecimiento de la utilidad marginal del consumo. No es, sin embargo, extrapolable al caso presente, ya que ahora no está contemplado el

bienestar de una misma persona en dos momentos del tiempo, sino el bienestar de dos personas *distintas*, en unos instantes del tiempo¹⁶.

La teoría económica convencional acepta el principio del decrecimiento de la utilidad marginal del consumo para una persona cualquiera, y racionaliza por tanto lo primero, pero también acepta el *principio de la imposibilidad de las comparaciones interpersonales de utilidad*, por lo que no puede, por esta razón, defender lo segundo. Esto último, evidentemente, no quiere decir que la progresividad de los impuestos sea indefendible, que por supuesto no lo es, sino que puede defenderse con base en este argumento.

El mismo principio justifica socialmente una imposición progresiva en el que subyace detrás de la justificación del descuento social del futuro. **Si las siguientes generaciones van a estar mejor que la presente, cambios idénticos en términos de valor con respecto a los recursos ambientales, supondrán un cambio en su bienestar cuyo valor hoy es menor¹⁷.**

Es de notar que esta diferencia con respecto al valor de los cambios en el bienestar introduce **el distinto nivel de renta de los afectados**, también **aparece en el cambio medioambiental en términos de equidad intrageneracional**.

¹⁶ Éste es el denominado *problema de la indeterminación* en el campo de la ética ambiental: "Una política de conservación de recursos naturales no hará que un conjunto dado de personas en el futuro esté mejor, en caso contrario, hará real uno de los posibles conjuntos de personas, en lugar de haber hecho real otro" (Elliot, 1996).

¹⁷ En este segundo caso, sin embargo, la teoría económica sí proporciona argumentos para proceder al descuento del futuro. De acuerdo al trabajo pionero de Kroopmans (1960), si se cumplen las propiedades de *independencia* (la relación marginal de sustitución entre el bienestar de dos generaciones cualesquiera es independiente del bienestar de una tercera generación), y *estacionalidad* (si dos secuencias temporales de utilidad social son iguales en el primer período, la supresión de este período y el avance consiguiente de los niveles de utilidad no cambia el ordenamiento de estas dos secuencias), las distintas sendas posibles de bienestar social en el tiempo deberían ser ordenadas de mejor a peor, de acuerdo a su valor presente, descontando el futuro a una tasa constante. De la misma manera, Harsanyi alcanza idéntica conclusión introduciendo el "velo de ignorancia" de Rawls con respecto al momento del tiempo en el que va a entrar a vivir una generación cualquiera, en un contexto en el que la sociedad muestra aversión al riesgo (Heal, 1998, página 60). Curiosamente, de la obra de Rawls no puede derivarse un apoyo ético del descuento social del futuro. Rawls está interesado en la comparación del bienestar entre el grupo menos favorecido de la sociedad, y el resto, oponiéndose a cualquier transferencia que empeore al grupo más pobre, sea éste la generación presente, o sea una de las generaciones futuras.

A manera de ejemplo tenemos la preservación de un determinado entorno natural, suponemos carente de características especiales con respecto a su valor ecológico, pero muy atractivo desde el punto de vista recreativo, incrementa el bienestar de los demandantes de estos servicios recreativos. Por otro lado tenemos esta misma preservación puede chocar con el modo de vida y de obtención de su sustento de grupos sociales menos favorecidos. Si, descubierto el valor monetario de la pérdida de bienestar experimentada por los demandantes de espacios recreativos ante la transformación en terreno agrícola o ganadero del lugar, resultara ser idéntica (en términos de igualdad del poder adquisitivo) a la ganancia experimentada por los colonos favorecidos por la transformación, campesinos sin tierra por ejemplo, la sociedad ¿se mostraría indiferente ante estas dos alternativas? Este ejemplo, que puede parecer demagógico, trata de mostrar que, detrás de categorías como bienestar o utilidad, la que subyace es el grado de cobertura de una serie de necesidades, comenzando por las más básicas y urgentes, hasta llegar a las que podrían considerarse como totalmente superfluas. De modo que la diferencia en términos de bienestar que se deriva de diferencias en el poder adquisitivo refleja, de hecho, un distinto conjunto de necesidades satisfechas. Como la sociedad considera que se han de priorizar las necesidades básicas (alimentación, salud, educación y vivienda), no está dispuesta a intercambiar su satisfacción en pie de igualdad con otras consideradas menos urgentes o básicas.

3.3.3 Descuento del futuro y revalorización de los activos ambientales

Es importante, en cualquier caso, no confundir esta pérdida que experimenta la misma cantidad de valor por el paso del tiempo, en las circunstancias apuntadas (equivalentes al aumento sostenido de la cobertura de necesidades cada vez más amplias, que es, como se ha apuntado, lo que significa en este contexto *estar mejor*), con la posibilidad de que el recurso natural afectado vaya viendo aumentar su valor social con este mismo paso del tiempo. Supongamos que, gracias a la

aplicación del método de costo de viaje, se ha descubierto que la pérdida de bienestar que experimenta hoy una persona representativa de la sociedad cuyo nivel de ingresos es de 1000 u.m.¹⁸, ante la pérdida de un entorno natural en el que desarrollaba determinadas actividades recreativas, es de 30 u.m. anuales, exclusivamente por este concepto. Si dentro de cincuenta años, el mismo método descubre que la pérdida de bienestar de su nieto, igualmente representativo, pero cuyo nivel de ingresos es ahora de 10,000 u.m., sigue siendo de 30 u.m. anuales, la discusión anterior permitiría afirmar que este segundo cambio (futuro) vale hoy mucho menos que el primero (actual), aún cuando sean de igual magnitud. Sin embargo, esto no está en contradicción con el hecho de que, probablemente, el método de costo de viaje descubrirá también que la pérdida de bienestar que experimentará su nieto dentro de cincuenta años, no será de 30 u.m. anuales, sino quizá de 200, debido, por un lado, a la probable contracción de la oferta de estos bienes y, por otro, al hecho de que, al ser bienes *superiores*, su demanda (a precio) crece más que proporcionalmente con la renta. Los dos fenómenos afectan al cálculo del *valor presente neto* de cualquier decisión que se vaya a tomar con respecto a la preservación del espacio natural objeto de consideración, y pueden presentarse paralelamente, pero no deben ser confundidos, ya que son conceptualmente distintos, como se muestre en la siguiente expresión que refleja al valor presente neto, mientras que el primero (el descuento del futuro) afecta al denominador de dicha expresión (r), el segundo (la valorización de los activos ambientales) manifiesta su influencia en el valor del numerador (N).

$$VPN = \sum_{t=0}^t \frac{N}{(1+r)^t}$$

¹⁸ u.m. = Unidades Monerarias

3.3.4 El valor de la tasa social de descuento en una economía

Una vez justificado en términos de equidad intergeneracional el descuento del bienestar de las generaciones futuras, se plantea el problema crucial, dadas sus implicaciones, de escoger la tasa de descuento apropiada para llevar a cabo esta operación. Antes de abordar el análisis del cálculo de esta *tasa social de descuento*, vale la pena recordar que *el descuento de los cambios en el bienestar de las generaciones futuras sólo es éticamente aceptable si la sociedad está segura de que van a tener cubiertas en mayor medida que la actual sus necesidades básicas y no básicas*. Este principio es, al mismo tiempo, el que proporciona las claves para el cálculo de la tasa social de descuento, o tasa de interés social (*i*). Así pues, el valor de esta penalización del futuro dependerá de dos variables:

1. Por un lado, de *cuánto mejor* vayan a estar las generaciones futuras. Ésta es una variable esperada (en tanto en cuanto se basa en una predicción más o menos acertada de lo que acontecerá en el futuro), pero, en principio observable. Lo normal, en este contexto, es escoger la tasa esperada de crecimiento de la renta nacional per cápita, o del consumo, como variable *proxy* de esta mejora. Sería recomendable mejorar esta elección, bien sea seleccionando indicadores más completos del bienestar (el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas, por ejemplo, una vez normalizado de forma que pueda computarse de forma operativa su tasa de crecimiento)¹⁹; o depurando los utilizados para incluir, entre otras cosas, los cambios experimentados en la calidad ambiental. En cualquier caso, el primer elemento que se deberá incluir en el cálculo de la tasa social de

¹⁹ El programa de Naciones Unidas para el Desarrollo publica desde hace algunos años una serie de índices de desarrollo humano que toman en cuenta no sólo la renta per cápita, sino la esperanza de vida al nacer, el nivel de educación, la incidencia de la pobreza, la desigualdad, la tasa de desempleo, la participación femenina, etc. Índices que, en definitiva, tratan de analizar la eficiencia con la que cada país traduce sus recursos en desarrollo para sus habitantes, entendiendo como desarrollo la ampliación del conjunto de elección de las personas (PNUD, Informe sobre el desarrollo humano)

interés es esta tasa de crecimiento esperada de la renta nacional, o cualquier otro indicador más preciso de cambios en el bienestar, a la que se denominará (g).

2. Por otro lado, una estimación de la tasa a la que va disminuyendo el bienestar experimentado por la sociedad ante la mejora de la situación de uno de sus miembros, al ir aumentando el poder adquisitivo del agraciado, la pérdida de la importancia, a ojos de la sociedad, de las necesidades que va cubriendo conforme mejora su situación. A diferencia de la anterior, este parámetro, que se denominará η , no es sino un juicio de valor que la sociedad puede legítimamente expresar, pero que no puede computarse ni simularse a partir del conocimiento de los modelos reales de funcionamiento de la economía²⁰. Esto no quiere decir, sin embargo, que el analista se vea imposibilitado para imputarle un valor. Tiene ante sí abierta dos posibilidades:

- En primer lugar, descubrir el valor que la sociedad, implícita o explícitamente, ya está utilizando en sus decisiones sobre la equidad interpersonal. El candidato obvio para llevar a cabo este proceso de extrapolación es el la estructura del impuesto sobre la renta de las personas físicas. Analizando el comportamiento de las cuotas marginales del impuesto y su evolución conforme se eleva la renta, se puede fácilmente deducir la forma funcional que sigue este valor.
- En segundo lugar, y cuando la información anterior no existe, o no es fiable, el analista puede acudir a las tablas que el Banco Mundial ha elaborado con este propósito, y escoger el valor de este parámetro redistributivo que mejor se adecue a la situación objeto de estudio. En este segundo caso, es recomendable llevar a cabo un análisis de

²⁰ Formalmente, η es el valor de la elasticidad de la curva de utilidad marginal del consumo social, en el punto correspondiente:

$$\eta = \frac{C}{dU/dC} \frac{d(dU/dC)}{dC}$$

Normalmente se hace el supuesto de que dicha elasticidad es constante a lo largo de toda la curva.

sensibilidad con distintos valores de la variable η , y la correspondiente tasa social de interés.

Una vez conocido el valor de ambas variables, la tasa social de descuento del consumo, o tasa social de interés, viene determinada por una expresión del tipo:

$$i = g \cdot \eta$$

o alternativamente,

$$i = g^\eta$$

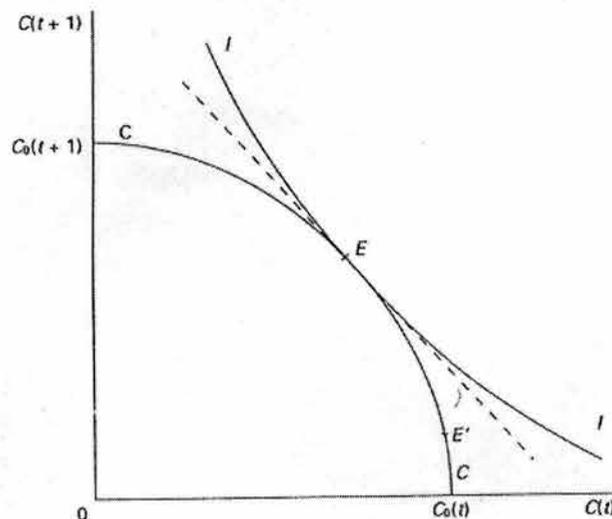
Ahora bien, cualquiera de las dos expresiones anteriores es válida, siempre y cuando la economía se encuentre en equilibrio desde el punto de vista intertemporal²¹. No suele ser peste el caso en las economías subdesarrolladas, lo que obliga, si no a modificar la tasa de descuento utilizada, sí a matizar el proceso de cálculo de los valores que van a ser descontados.

3.3.5 El proceso de descuento en economías subdesarrolladas

La expresión anterior de la tasa social de descuento refleja la velocidad a la que va perdiendo valor el *consumo* con el paso del tiempo, es decir, la tasa a la que la sociedad está dispuesta a intercambiar el sacrificio del consumo de la generación presente por un aumento en el consumo de las generaciones futuras, o viceversa. Lo que caracteriza en este contexto a las economías adelantadas es que, en principio, están ahorrando e invirtiendo en lo que la sociedad desea, tienen lo que se denomina una *tasa de ahorro óptima*. En otras palabras, se encuentran en equilibrio la tasa a la que desearía intercambiar un menor consumo hoy (un mayor ahorro y una mayor inversión) por un mayor consumo mañana, de acuerdo con la

²¹ Los supuestos realizados con respecto al equilibrio en el que se encuentra la economía, garantizan que la tasa de descuento del consumo es equivalente a la tasa de descuento de la utilidad.

rentabilidad social de esta inversión, con la productividad marginal social del capital. Por ello, en esta situación de equilibrio, el analista puede estar seguro de que la tasa social de descuento del consumo (i) es igual a la productividad marginal social del capital (ρ).



En la figura se representa el equilibrio intertemporal de una economía muy sencilla, y donde sólo se contemplan dos períodos de tiempo. En el eje horizontal se representa el consumo en el momento presente, $C(t)$, mientras que el consumo en el año que viene, $C(t+1)$, el futuro, se encuentra en el eje vertical. La curva CC representa la frontera de posibilidades de transformación entre consumos presente y consumo futuro, de forma tal que si la sociedad decidiera consumir todos los recursos en el período actual, se situaría en el punto $C_0(t)$, consumiendo esa cantidad en el período actual, y nada en el siguiente período. Por el contrario, si decidiera invertir todas las posibilidades actuales y no consumir nada, se situaría en el punto $C_0(t+1)$, consumiendo esa cantidad el año que viene, a cambio de no consumir nada hoy. La curva CC representa, por tanto, las distintas posibilidades con que cuenta la sociedad para intercambiar el consumo presente (ahorrando e invirtiendo) por consumo futuro, posibilidades que vienen dadas por la productividad de la inversión, del capital. La pendiente de esta curva,

en cada punto, refleja pues la productividad marginal del capital, su costo de oportunidad, es decir, la cantidad de consumo del año que viene, a la que renunciamos si, en lugar de invertirlo, lo consumimos. En otras palabras, el valor de ρ . Por lo otro lado, la curva II' es una curva de indiferencia social que refleja la preferencia temporal social, es decir, la cantidad de consumo mañana que la sociedad exige para sacrificar una unidad de consumo hoy. Su pendiente, por tanto, refleja la tasa social de descuento del consumo (i) que, como puede observarse, se hace tanto mayor cuanto menor es el nivel de partida del consumo presente. La sociedad se encuentra en equilibrio en un punto como E , en el que las dos curvas son tangentes, y la tasa social de descuento del consumo es igual a la productividad marginal social del capital ($i = \rho$). Esto es lo que caracteriza una tasa de ahorro óptima.

Las economías subdesarrolladas, por el contrario no suelen encontrarse en esta situación ya que tienen una tasa de ahorro subóptima, lo que quiere decir que su nivel de ahorro e inversión está por debajo del que la sociedad desearía. Una causa muy común de este fenómeno es la incapacidad del gobierno a la hora de implantar un sistema fiscal socialmente más aceptable. La sociedad desearía un mayor nivel de ahorro e inversión públicos, pero el Ejecutivo no se muestra capaz de recaudar el volumen de impuestos necesario, por su incapacidad (o falta de voluntad), por ejemplo, para gravar las rentas más altas²².

El resultado es que la economía no se encuentra en un punto de equilibrio como E , sino en un punto como E' , caracterizado por el hecho de que la productividad marginal social de capital es mayor que la tasa social de descuento del consumo. En otras palabras la sociedad podría obtener por la inversión de una unidad adicional, dada la productividad marginal de la misma, una cantidad de consumo

²² En economías desarrolladas, que se encuentran en equilibrio, sería discutible el supuesto de que un aumento en el nivel de impuestos se traducirá en un incremento del ahorro, y suele argumentarse lo contrario. En economías subdesarrolladas, sin embargo, lo que ocurre es que el Estado no es capaz de gravar el consumo, incluso el consumo suntuario, para financiar con ella la inversión pública.

futuro mayor que la que sus miembros exigirían para aceptar el cambio, en función de sus preferencias temporales. Es decir cuando la economía no se encuentra en equilibrio, y la tasa de ahorro es subóptima:

$$\rho > i$$

El analista no puede desconocer esta situación, lo que le obliga a discriminar claramente qué tipo de activo está considerando cuando lleva a cabo la operación de **descuento del futuro** en el consumo o la inversión. El problema es ahora más complejo, por el que se mostrarán elementos esenciales, de la forma mas sencilla posible, sin entrar en complejidades técnicas, pero intentando no sacrificar lo fundamental del análisis.

CAPITULO IV

4.1 Análisis Beneficio – Costo

El análisis Beneficio - Costo es una de las herramientas más empleadas en el ámbito de la administración pública y, concretamente, en el campo de la política ambiental. Como tal, el análisis Beneficio - Costo no es sino la racionalización de una práctica cotidiana: sopesar las ventajas y los inconvenientes de cualquier decisión. Sin embargo, en el contexto del análisis económico y, sobre todo, del Sector Público, esta operación adquiere un significado particular, en función tanto de los objetivos perseguidos como de las variables incluidas en el análisis.

En el contexto ambiental, la conveniencia de muchas medidas ha de contemplarse con relación al objetivo de lograr el desarrollo sustentable. Este es, sin embargo, y desde un punto de vista aplicado, un concepto muy elusivo.

4.1.1 Descripción del análisis Beneficio - Costo

El Análisis Beneficio – Costo no es sino la formalización de una operación prácticamente cotidiana: calcular las ventajas e inconvenientes de una determinada alternativa, sea en sí misma o en comparación con otras. Esto es algo que las personas realizan todos los días, con mayor o menor rigor, en función de la importancia de la decisión a tomar.

Ahora bien, si se observa con un poco de atención la estructura de este proceso, podrían descubrirse una serie de pasos que ayudarán a formalizar el mismo:

- En primer lugar, la persona ha identificado un objetivo que pretende conseguir. Este puede ser la satisfacción de una necesidad (desayunar fuera de casa), la mejor utilización de algo que le pertenece (cómo pasar la

tarde o dónde invertir lo que acaba de ganar a la lotería), o cualquier otra aspiración que pudiera plantearse.

- En segundo lugar, tratará de identificar las alternativas factibles con las que podría lograr el objetivo que se ha propuesto: desayunar en una cafetería o comprando unos bollos en la panadería; quedarse estudiando, salir a pasear o llamar a alguien para ir al cine; escoger un fondo fijo, comprarse un coche o entrar en el negocio que le ha propuesto un amigo.
- Una vez identificado el objetivo y las alternativas, el siguiente paso consiste en identificar los criterios que permitirán comparar unas posibilidades con otras, decidir sobre sus pros y contras: precio, calidad del bien o servicio adquirido, bienestar derivado de la experiencia, personas con las que se comparte, tiempo empleado, riesgo asociado, etcétera.
- Finalmente, y una vez puestas sobre la mesa las variables anteriores, la persona toma una decisión: al hacerlo ha ordenado implícitamente las distintas alternativas en función de los criterios seleccionados, ha ponderado la importancia que otorga a, cada uno de ellos, y ha decidido en consecuencia.

Cuando la decisión no tiene mayor trascendencia (como la de desayunar o pasar la tarde en una ciudad en la que la persona se encuentra ocasionalmente por motivos de trabajo será casi intuitivo, y no será mucho el tiempo y el esfuerzo que se invierta en ello. Si la decisión es de mayor envergadura (donde pasar las vacaciones de verano con la familia, cambiar de vivienda), probablemente la persona se tomará su tiempo, tanto para buscar información como para consultar su decisión y sopesar cuidadosamente el alcance la misma.

4.1.2 Componentes del análisis Beneficio – Costo

La técnica del análisis Beneficio – Costo simplemente formaliza el proceso anterior para hacer más fácil la comparación de alternativas al decisor final. Por otro lado, el campo en el que se manifiestan las alternativas de elección contempladas, así como los criterios de valoración y los decisores finales, son ahora más específicos, lo que permite delimitar con cierta precisión el campo de aplicación de la misma. Será útil, por lo tanto, comenzar por introducir una serie de componentes para el análisis Beneficio – Costo:

- a) El decisor final, la persona o institución que lleva a cabo el análisis para sí, o en nombre de quien se elabora, puede ser público (institucional) o privado, persona física o jurídica. En el campo ambiental, lo normal es que el análisis se lleve a cabo por parte de una institución pública: la Administración, en todos sus niveles, o algún ente autónomo de la misma.
- b) La perspectiva con la que se lleva a cabo el estudio también puede ser pública o privada: la primera analiza las repercusiones de cada alternativa sobre la sociedad en general, la segunda sobre un agente privado (empresa o persona). Es perfectamente posible, por tanto, que el ente público que lleva a cabo el estudio adopte una perspectiva privada, y trate de averiguar el impacto de lo que se propone hacer sobre su presupuesto, o el del sector privado de la economía. Más que una posibilidad, como se tendrá ocasión de ver más adelante, es un paso prácticamente obligado.
- c) El tipo de alternativas a las que se aplica esta herramienta suele pertenecer a alguna de las siguientes familias:
 - *Inversiones*. En primer lugar en efecto lo normal es aplicar el análisis Beneficio – Costo a un conjunto de alternativas de inversión cuyo objetivo es resolver algún problema: por ejemplo, el de la gestión de Residuos

Sólidos Urbanos cuando la vida útil del vertedero que los acoge llega a su fin.

- *Políticas.* En segundo lugar, puede que lo que se quiera evaluar sean distintos paquetes de medidas sistemáticas y coordinadas (políticas o programas) para conseguir un determinado objetivo: preservar la diversidad biológica en un territorio, dotar de agua de riego a una Comunidad Autónoma.
- *Regulaciones.* En muchas ocasiones, finalmente, lo que está en cuestión es la posibilidad de adoptar una serie de medidas legislativas para abordar un determinado problema ambiental, y se considera conveniente conocer las implicaciones de cada una de ellas así como de sus modalidades (plazos de ejecución, excepciones, etcétera).

d) Asimismo, los objetivos que se contemplan en el marco del análisis Beneficio – Costo convencional son algo más restringidos que los que se presentaban al comienzo de este capítulo:

- Normalmente, el decisor individual tiene como objetivo ganar dinero: es decir, finalmente, en el corto o en el largo plazo, directa o indirectamente, obtener una rentabilidad financiera positiva de su decisión.
- Por su parte, el decisor público o institucional no es que no esté interesado en ganar dinero, pero no es ésta la motivación esencial de su intervención. El decisor público representa a un determinado cuerpo social, en nombre de quien toma las decisiones, y cuyos intereses debe, por tanto, defender. Buscará, en consecuencia, elevar el bienestar de las personas a las que representa, y éste será el criterio que dirigirá su actuación y con el que comparará las bondades relativas de las distintas alternativas contempladas. Este análisis Beneficio – Costo social busca descubrir la rentabilidad económica y social de cada una de ellas.

e) Finalmente, la variable ambiental puede aparecer como relevante en el análisis Beneficio – Costo por un doble motivo:

- En primer lugar, porque el problema que se trata de resolver esté enmarcado en este campo: por ejemplo, la reducción de los niveles de contaminación atmosférica de un determinado núcleo urbano.
- En segundo lugar, porque en muchas ocasiones, aunque el problema abordado no puede ser considerado ambiental, las alternativas propuestas para su solución tienen impactos ambientales significativos: por ejemplo, la construcción de una línea de ferrocarril, de debido a que su construcción produce impactos negativos en el medio ambiente.

Teniendo en cuenta estas observaciones se puede proceder a reconstruir las etapas por que atravesará el análisis Beneficio – Costo social llevado a cabo por (o en nombre de) un administrador publico que defiende los legítimos intereses de un determinado grupo social, a quien representa.

4.1.3 Las etapas del análisis Beneficio - Costo

Tal y como se mencionaba más arriba, el punto de partida del análisis Beneficio – Costo es la necesidad de resolver algún tipo de problema. Intentando estructurar la información relevante de una forma que pueda ayudar al decisor en su tarea, el analista irá atravesando una serie de etapas que pondrán resumirse como sigue:

a) Identificación de las alternativas relevantes

No ha de olvidarse en primer lugar que el análisis Beneficio – Costo es un análisis comparativo que establece la conveniencia de una alternativa en relación con otras. Cuando son varias las alternativas existentes para resolver un problema, las

ordena de acuerdo a algún indicador de rentabilidad. Incluso cuando la alternativa contemplada es aparentemente única, el análisis sigue siendo relativo: siempre queda abierta la posibilidad de no llevar a cabo la inversión, o de retrasarla un año.

b) Diseño de un escenario de referencia

El analista va a realizar la evaluación de hasta qué punto una alternativa cualquiera ayuda a conseguir el objetivo que se ha propuesto el decisor, con respecto a qué hubiera ocurrido con la consecución de dicho objetivo en ausencia de la decisión que se está evaluando. En otras palabras, las cosas siguen su marcha, y la situación normalmente cambiará con respecto a lo que se quiere conseguir.

El analista debe comparar, con respecto a ese mismo objetivo, la situación sin la alternativa contemplada (pero tomando en cuenta la evolución natural de los acontecimientos), y la situación con su puesta en práctica. Ello le obliga a simular lo que habría ocurrido si ninguna de las alternativas analizadas se pusiera en marcha: a diseñar un escenario de referencia.

c) Identificación de los beneficios y costos

El analista deberá identificar todos aquellos aspectos de cada alternativa contemplada que le acercan, o le alejan, de la consecución del objetivo propuesto.

En el caso del análisis Beneficio – Costo financiero, cuyo objetivo es maximizar la rentabilidad monetaria asociada a cada opción, la identificación del criterio que permitirá descubrir los costos y los beneficios de cada una es sencillo: el impacto que tenga sobre los flujos de caja del decisor.

Esto no quiere decir, ni mucho menos, que sea fácil identificar en la práctica los costos y los beneficios, pero sí que sus señas de identidad son bastante precisas.

En el caso del análisis Beneficio – Costo social, por el contrario, el problema es sustancialmente más complejo. Afirmar que el criterio de identificación es el «bienestar social», con ser cierto, no ayuda gran cosa.

Un camino bastante socorrido para poder identificar los costos y beneficios sociales de una determinada alternativa, es descubrir quiénes se oponen a ella y quiénes la defienden, y sus razones.

d) Valoración de los beneficios y costos

Una vez identificados los beneficios y costos de cada alternativa, el analista debe valorarlos, reducirlos a una unidad de medida común, que tenga relación con el objetivo perseguido, y que permita comparar los distintos componentes tanto de los costos como de los beneficios, como ambos entre sí. Esto es lo que se denomina un numerario. En el caso del análisis Beneficio – Costo financiero, de nuevo, el problema está bastante claro, el numerario es la unidad monetaria correspondiente y en ella quedan valorados todos los costos y beneficios, porque de esta forma se refleja su aportación a la consecución del objetivo buscado.

e) Actualización

En general, los impactos positivos y negativos de cualquiera de las opciones analizadas no se suelen manifestar instantáneamente, lo normal es que se extiendan a lo largo del tiempo. El analista se encontrará, por tanto, con una corriente de beneficios netos que se despliega a lo largo de varios ejercicios, durante la vida útil del proyecto en cuestión. El presente no vale lo mismo que el futuro, y se hace necesario reducir este flujo neto a un único valor presente que

tenga en cuenta este hecho, y permita comparar la rentabilidad relativa de distintos proyectos cuyo perfil temporal puede diferir sustancialmente.

f) Riesgo e incertidumbre

La evaluación de las alternativas contempladas es, en general, un ejercicio que se basa en lo que el analista cree que va a pasar, ya que lo que se estudia suele ser lo que ocurrirá en el futuro. Desgraciadamente, como afirmaba el físico danés Niels Bohr, «predecir es muy difícil, y sobre todo el futuro». El hecho es que algunos de los efectos tanto positivos como negativos de las opciones analizadas están sujetos por su propia naturaleza a un factor de riesgo o incertidumbre. Bien sea por desconocimiento de algunas variables implicadas, bien porque algunos resultados de la alternativa analizada positivos o negativos dependen del estado de la naturaleza y este es por definición imposible de predecir con exactitud.

g) Criterios de selección

Finalmente, y una vez que se cuenta con la información anterior, el analista deberá presentar al decisor una serie de indicadores de rentabilidad, además de los comentarios y la información adicional que considere oportunos, que resuman los aspectos esenciales del trabajo realizado, y le ayuden a formarse una opinión al respecto. En definitiva, algún indicador que condense los aspectos esenciales del proceso de evaluación seguido.

h) Seguimiento y control

Las etapas anteriores cubren el espectro de los pasos que han de darse hasta el punto en que se toma la decisión operativa. Sin embargo, sería un grave error quedarse ahí. Lo normal es que, luego, las cosas resulten de otra forma: que se produzcan desviaciones. Estas desviaciones pueden ser resultado de muchos

factores, previsibles unos, imprevisibles otros. La primera tarea del analista es la de explicarlas; la segunda, la de aprender de ellas. Al igual que ocurría con la primera de las etapas, ésta vuelve a ser esencial, en un proceso de retroalimentación.

4.2 Medidas de Rentabilidad

Una de las actividades más críticas para el tomador de decisiones es planear el futuro de la empresa, con el cual se puede asegurar y mantener un nivel adecuado de rendimiento a lo largo del tiempo. Considerando que la empresa se enfrenta a un mercado que crece en condiciones alta competitividad, donde además los clientes son mucho más receptivos y críticos, dispuestos a adquirir bienes y servicios siempre y cuando se le ofrezca, novedad, calidad, servicio y precio, así, que las decisiones de hoy en día en la empresa, tendrán efectos directos y en buena medida serán el factor de sobrevivencia. El inversionista, por su parte buscara la mejor oportunidad para lograr altos rendimientos y disminuir los riesgos que implica el desprenderse de recursos.

El adecuado manejo de la información, el conocimiento y experiencia que se tiene del mercado aunado al buen uso de las herramientas de evaluación, permitirán a los decisores disminuir el riesgo que conlleva cualquier inversión.

Un proyecto de inversión es rentable si al final de su vida útil la riqueza generada es mayor es mayor que la que se pudiesen obtener, para un mismo horizonte de planeación, invirtiendo las mismas cantidades en otros proyectos que rindan al mismo interés aplicado en el proyecto en cuestión.

La selección de proyectos de inversión se tiene como criterio el de considerar la cronología de los flujos de caja (efectivo) y se utiliza para ello el procedimiento de actualización, con el objeto de homogeneizar las cantidades de dinero percibidas

en diferentes momentos del tiempo. De estos criterios se destaca el criterio del valor presente de beneficios y costos, la tasa interna de retorno y la relación beneficio costo.

Con el fin de homogeneizar los valores estimados a los largo de la vida útil por proyecto es indispensable la aplicación de la tasa de interés, lo anterior significa la transformación de precios corrientes de cada año a precios constantes de un solo año base. La evaluación de alternativas es una pieza fundamental dentro de un proceso de planeación, lo cual contempla cuatro fases clave; la formulación del problema, el diseño de soluciones y el control de resultados.

Los principales indicadores financieros de rentabilidad en evaluación de proyectos son: el Valor Presente Neto, el Valor Anual Equivalente, la Tasa Interna de Retorno, la relación Beneficio – Costo y el Periodo de Retorno . Cada uno de los indicadores serán analizados a continuación.

4.2.1 Valor Presente Neto (VPN)

La herramienta más importante y confiable dentro de las medidas de rentabilidad, es el valor presente neto (VPN) también llamado Valor Actual del Flujo de Efectivo, en si el VPN es el valor en situación actual, que equivale en pesos a todos los ingresos y todos los egresos que se reciben y se erogan a lo largo de la vida útil del proyecto.

Cuando los ingresos actualizados son mayores que los egresos actualizados el proyecto es rentable, claro está que en un proyecto puede tener diversas alternativas, por lo que se selecciona aquella cuyo VPN sea el mayor.

Este indicador se determina de la relación entre beneficios generados por una alternativa y sus costos asociados, dentro del intervalo de su vida útil. Existen varias maneras de expresar el VPN, la fórmula generalizada más conocida es:

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

donde:

B_t = flujo de beneficios generados en el periodo t

C_t = flujo de costos generados en el periodo t

$(1+i)^t$ = factor de actualización

i = tasa de descuento

Criterio de decisión

El criterio aplicable al Valor Presente Neto, indica que el proyecto es rentable si el valor presente del flujo de beneficios es mayor que el valor presente del flujo de costos. Es decir, es conveniente decidir sobre una alternativa si el valor presente neto es positivo.

VPN > 0	Se acepta
VPN = 0	Indiferente en aceptar o rechazar.
VPN < 0	Se rechaza

El VPN mide en moneda actual, cuánto beneficio generará al inversionista, si invierte en el proyecto, haciendo uso de la tasa de descuento pertinente para el inversionista.

4.2.2 Valor Anual Equivalente (VAE)

Con el análisis de valor anual equivalente, todos los ingresos y gastos que ocurren durante un período son convertidos a una anualidad equivalente (uniforme). Cuando dicha anualidad es positiva, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado. Este análisis es muy popular porque la mayoría de los ingresos y gastos que origina un proyecto son medidos en bases anuales.

El valor anual significa que todos los ingresos y desembolsos (irregulares y uniformes) son convertidos en una cantidad anual uniforme equivalente, que es la misma cada periodo anual. La ventaja es que no requiere hacer la comparación sobre el mínimo común múltiplo (MCM) de los años cuando las alternativas tienen vidas diferentes. Es decir, el valor anual de la alternativa se calcula para un ciclo de vida solamente.

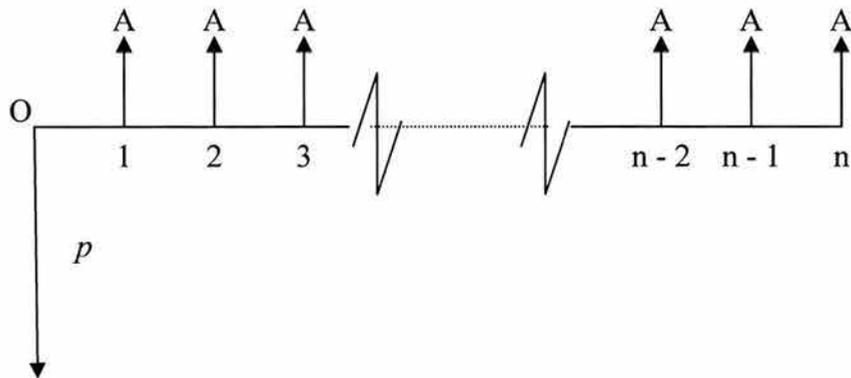


Diagrama de Flujo que relaciona una cantidad presente con una serie uniforme

Fórmula que se utiliza para determinar el valor anual equivalente de un proyecto de inversión.

$$VAE = \left(\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \right) \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

donde:

B_t = flujo de beneficios generados en el periodo t

C_t = flujo de costos generados en el periodo t

$(1+i)^t$ = factor de actualización

i = tasa de descuento

4.2.3 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa promedio por periodo que iguala beneficios a costos y que se obtiene debido al proyecto, se conoce como tasa interna de retorno. La tasa interna de retorno, es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea igual a cero.

$$TIR = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

donde:

B_t = flujo de beneficios generados en el periodo t

C_t = flujo de costos generados en el periodo t

$(1+i)^t$ = factor de actualización

i = tasa de descuento

Criterio de decisión

Los criterios de decisión para la tasa interna de retorno son los siguientes:

Si:

TIR > i Se acepta

TIR = i Indiferente en aceptar o rechazar

TIR < i Se rechaza

i = tasa de descuento

4.2.4 Relación Beneficio-Costo (B/C)

Este criterio consiste en calcular el valor presente de los beneficios de un escenario y dividirlo entre el valor presente de los costos. Para que un proyecto sea rentable, los beneficios, expresados en valor presente deben ser mayores que los costos expresados en la misma forma, se establece que los escenarios con una relación B/C mayor a 1 se consideran aceptables.

$$B / C = \frac{\sum VPN_B}{\sum VPN_C}$$

donde:

$\sum VPN_B$ = suma del valor presente de los beneficios.

$\sum VPN_C$ = suma del valor presente de los costos.

4.2.5 Periodo de Retorno (PR)

Este criterio consiste en determinar el número de periodos anuales necesarios para recuperar la inversión inicial, el cálculo se simplifica a la siguiente expresión:

$$PR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}{VAE(B_{t=1}^n)}$$

donde:

B_t = flujo de beneficios generados en el periodo t

C_t = flujo costos generados en el periodo t

$(1+i)^t$ = factor de actualización

i = tasa de descuento

4.3 Equidad en la Evaluación de Proyectos Ambientales

4.3.1 Equidad en el análisis Beneficio – Costo en el largo plazo

El análisis Beneficio – Costo para la conservación del medio ambiente opera de la siguiente manera: Identifica los servicios que el bien medioambiental provee ahora y en el futuro, valuándolos en términos monetarios, reduce estos a un valor presente descontado, y los compara con el valor presente de los costos de preservación. El problema clave es que este proceso puede discriminar alternativas muy importantes contra la preservación de activos medioambientales subvaluándolos.

Los costos de preservación están comúnmente en el presente, mientras que los beneficios de preservación y muchos activos medioambientales están en el futuro distante. Esta es una característica de cómo los activos proveen un flujo continuo de servicios indefinidamente, así que la mayor parte de sus contribuciones están *siempre* en el futuro, concretamente en el futuro lejano. Por ejemplo, el bosque Korub en Nigeria ha proporcionado la fijación del carbón y soporte a los servicios de biodiversidad por cientos de años, y el bosque tropical de Australia ha hecho lo mismo pero en una magnitud mayor. Dándoles una oportunidad, ellos pueden seguir haciendo estas funciones durante mas tiempo.

En suma, los costos de preservación son por lo general fácilmente cuantificables, mientras que los beneficios son difíciles de dar un valor. Los costos son comúnmente los costos de oportunidad asociadas con las restricciones de las actividades industrial o comercial. Los beneficios llegan a ser las diversas especies, agua pura, valores estéticos, y un rango de otras características difíciles de evaluar cuantitativamente pero de gran importancia para este.

La propuesta convencional acumula la inequidad en contra de la preservación del medioambiente en el proceso de evaluar bienes ambientales y comparando los beneficios de preservación con los costos. Estos beneficios comparados que están distantes, por lo tanto descontados, en contra del presente y aparentemente reafirma los costos. El objetivo, por lo tanto, es encontrar un proceso que permita un manejo equitativo, además desarrollar e implementar una herramienta que pueda proveer una aproximación más balanceada.

El análisis Beneficio – Costo, no sólo trata de conseguir maximizar el bienestar social de los afectados por la alternativa o alternativas que se están contemplando, sino que también hay que asegurarse de que con ello no se ponga en peligro la viabilidad de todo el proceso. Como hemos visto con anterioridad, partimos de que todas las personas tienen el mismo derecho a disfrutar de los recursos de la biosfera, independientemente del instante del tiempo en que les toque vivir. En otras palabras, el análisis Beneficio – Costo tiene que asegurarse de que las alternativas seleccionadas respeten el principio de equidad intergeneracional²³. Todo lo anterior queda resumido bajo el término de *Desarrollo Sustentable*.

Si lo que se trata es de garantizar a las generaciones futuras el mismo conjunto de oportunidades de bienestar de que goza la presente, el problema radica en legarles un stock²⁴ de capital que permita derivar del mismo lo que la generación presente ha obtenido, ya que es a partir de ese conjunto de activos del que se producirán los bienes y servicios que permiten satisfacer necesidades.

²³ Afirmaciones como “la naturaleza no es un legado de nuestros padres, sino un legado para nuestros hijos”, que parecen haberse incorporado al lenguaje común, dando a entender que existe la conciencia sobre los derechos de nuestros descendientes. De esta idea en la economía se parte del supuesto de que los miembros de las generaciones futuras tienen los mismos derechos sobre el planeta, que los de la generación presente.

²⁴ Término equivale a “reserva”

El concepto de capital está compuesto, al menos, de tres subconjuntos distintos:

1. *Capital producido*. Está constituido por los bienes de equipo e infraestructura. Son los bienes de producción producidos.
2. *Capital humano*. Mejoras en la productividad de la mano de obra que son producto de la educación, formación profesional y experiencia laboral.
3. *Capital natural*. Es el que proporciona la base de recursos naturales y ambientales de la biosfera.

Al mismo tiempo la biosfera puede proporcionar utilidad directamente, a través del consumo de alguno de sus servicios, por lo que también tendría que contemplarse esta posibilidad.

La variable clave para conseguir de una u otra forma la equidad intergeneracional es la existencia o no de sustituibilidad entre unas formas y otras de capital (y entre los servicios de la biosfera y los bienes de consumo producidos, en la función de producción de utilidad).

Por lo anterior se han articulado dos paradigmas los cuales se mencionan a continuación:

- *Sustentabilidad débil*. La equidad intergeneracional queda respetada si la generación presente deja a las generaciones siguientes un stock global de capital al menos igual al que recibió²⁵.
- *Sustentabilidad fuerte*. Por un lado se considera que el capital natural es insustituible y, por tanto, debe legarse a las generaciones futuras un *valor equivalente al recibido*²⁶. Por otro lado consideran que determinados componentes del capital natural son *físicamente insustituibles*, por lo que deben de preservarse en su integridad²⁷.

²⁵ Robert Solow (1974) y John Hartwick (1977)

²⁶ David Pearce (1980)

²⁷ Herman Daly (1978)

4.3.2 Equidad en los factores de equivalencia de flujos de efectivo en el largo plazo

Es conveniente darse cuenta de la forma en que varían los factores de equivalencia más importantes, cuando varían en n o i , para poder entender el comportamiento de los factores de equivalencia cuando el tiempo es infinito, su tasa es infinita o es igual a cero.

En la siguiente tabla se dan los límites de las expresiones respectivas, cuando $n \rightarrow \infty$, cuando $i \rightarrow 0$ y cuando $i \rightarrow \infty$.

Factor	Fórmula	Limite cuando:		
		$n \rightarrow \infty$ $(t \rightarrow \infty)^*$	$i \rightarrow 0$ $(r \rightarrow 0)^*$	$i \rightarrow \infty$ $(r \rightarrow \infty)^*$
F/P	$F = P(1+i)^n$ $F = Pe^{rt} *$	∞	1	∞
P/F	$P = F(1+i)^{-n}$ $P = Fe^{-rt} *$	0	1	0
F/A	$F = \frac{(1+i)^n - 1}{i} A$ $F = \frac{e^{rt} - 1}{e^r - 1} A *$	∞	n t	∞
A/F	$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} F$ $A = \frac{e^r - 1}{e^{rt} - 1} F *$	0	$\frac{1}{n}$ $\frac{1}{t}$	0
P/A	$P = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} A$	$\frac{1}{i}$	n t	0

	$P = \frac{e^{rt} - 1}{(e^r - 1)e^{rt}} A^*$	$\frac{1}{e^r - 1}$		
A/P	$A = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} P$ $A = \frac{e^{rt}(e^r - 1)}{e^{rt} - 1} P^*$	i $e^r - 1$	$\frac{1}{n}$ $\frac{1}{t}$	∞

* Estas expresiones corresponden a las fórmulas utilizadas para la capitalización continua.

Con esto nos podemos dar cuenta de las tendencias de los factores de equivalencia y su comportamiento con sus valores límites, en donde podemos entender de una manera analítica su funcionamiento en periodos muy largos (infinito) y el resultado que nos proporciona.

Si observamos con detenimiento, cuando el tiempo (n, t) tiende a infinito y al valor futuro lo mandamos a un valor presente P/F , el valor presente de ese valor futuro es prácticamente **cero**, por lo que aquí se muestra claramente que el futuro no tiene valor para periodos muy grandes. Como ya se ha venido explicando con anterioridad, debe de dársele un trato igual al presente y al futuro.

Pero, cómo podemos remediar este descuento que se le hace al futuro y así poder llegar a lo que se pretende con el *desarrollo sustentable*, ya que como hemos podido estudiar con anterioridad estamos mediante posturas que lo descuentan, los individuos descuentan el futuro, la sociedad descuenta el futuro y nuestras herramientas para analizar estas equivalencias entre el presente y el futuro también lo descuentan.

CAPITULO V

5.1 El Problema del Largo Plazo

Cuando se modifica la capacidad de un determinado recurso natural o ambiental para continuar desempeñando sus funciones, en multitud de ocasiones el impacto se deja sentir durante mucho tiempo, a veces, incluso, de forma irreversible. La transformación del bosque tropical primario en terreno agrícola, por ejemplo, puede suponer, entre otras cosas, la pérdida de un determinado acervo de diversidad biológica; la desaparición de un activo ecoturístico; la devolución de una cantidad de carbono previamente secuestrado en la atmósfera, así como la reducción de su papel positivo en la fijación del mismo y en la producción de oxígeno; una mayor incidencia en el fenómeno de la erosión en la zona circundante; la pérdida de la calidad del agua; etc. Algunos de estos impactos son irreversibles, como la pérdida de la biodiversidad o de un activo turístico o cultural. Otros, aún siendo teóricamente, dejarán sentir su efecto durante muchos años, si la degradación del terreno no ha llegado demasiado lejos, sería posible reforestar la zona y recuperar algunas de las funciones anteriormente perdidas del bosque, pero el proceso no es instantáneo, y pasarán muchos años antes de que éste recupere su estado original.

La discusión planteada anteriormente sobre la tasa de descuento, es aceptable en el campo del análisis de Beneficio – Costo tradicional, en el que el horizonte temporal contemplado, aún siendo de largo plazo, se encuentra dentro de unos límites manejables, como diez, quince ... veinticinco años. Quizá hasta cuarenta o cincuenta años en ocasiones. Sin embargo, en el contexto de toma de decisiones con respecto al medio ambiente, no puede perderse de vista el hecho de que algunos impactos harán sentir su presencia durante cientos de años, o a partir de un lapso temporal de esta misma magnitud, como es el caso de los residuos nucleares, del cambio climático o de la pérdida de la diversidad biológica.

Un proyecto de inversión hoy que garantizara un mejor manejo de los residuos nucleares, pero cuyos resultados positivos aparecieran dentro de doscientos años (una inversión que prolongara la seguridad de almacenamiento de estos residuos a partir de ese punto), no tendría muchas posibilidades de superar un *análisis de Beneficio - Costo* tradicional.

Como recuerda Heal²⁸, si descontáramos una magnitud equivalente al actual producto interno bruto (PNB) mundial (alrededor de 38 billones de dólares) dentro de doscientos años, con una tasa de descuento del 5%, obtendríamos un valor presente equivalente al de un buen departamento; si la tasa de descuento hubiera sido del 10%, el valor presente sería el de un coche de segunda mano.

Algo resulta insatisfactorio pues con un planteamiento que parece no tener en cuenta lo que ocurre en el futuro lejano, es de enorme importancia, sin embargo, en el campo del medio ambiente.

Una solución evidente a este dilema sería la de utilizar una tasa de descuento *cero* para las consecuencias ambientales de la actividad económica. Esta solución, sin embargo, es más aparente que real. Por un lado, porque produce soluciones paradójicas en la resolución de algunos problemas ambientales, debido a que la tasa de utilización de un recurso no renovable, por ejemplo, resultaría ser también cero. Por otro lado, implica, y de forma simétrica a la práctica tradicional del descuento, introducir la *tiranía del futuro*. Con esta práctica lo que ocurría es que el presente carece prácticamente de importancia.

²⁸ Geoffrey Heal, *Valuing our future* (1997)

5.1.1 El problema del Interés

El problema del interés no encuentra una respuesta fiable para su interpretación, existen diversas escuelas del pensamiento económico que lo intentan, pero hasta ahora no se han podido unificadas criterios.

El problema del interés se centra en dos aspectos; el teórico que gira en torno al saber como se genera el interés, el segundo es del orden político social, si el interés debe o no existir, si es justo y equitativo. Mientras que el problema teórico se basa en indagar las causas y razones del interés, el político social pregunta por sus efectos y analiza su oportunidad o conveniencia.

Algunos autores se manifiestan por abolir el interés, pero lo anterior traería como consecuencia un freno en la generación de la riqueza y obstáculo al desarrollo del bienestar de la sociedad. El estudio del interés deberá buscar las causas en razón de su oportunidad.

El comportamiento de la función de la tasa de interés propicia que en el tiempo su valor tienda a cero, lo anterior se presenta con un ejemplo, donde el modelo (2) de capitalización se aplica a una tasa del 12%, en varios años y suponiendo un valor futuro de la unidad.

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n} = 1 \frac{1}{(1+0.12)^n}$$

El comportamiento del valor presente, calculado por un serial de años se presenta a continuación:

AÑO (n)	FACTOR DE ACTUALIZACIÓN
1	0.892857143
5	0.567426856
15	0.182696261
20	0.103666765
50	0.003460181
80	0.000115494
100	0.000011973

Consideremos los daños esperados por una inundación de una zona urbana dentro de veinte años, si esta crece a una tasa anual del 2%, su valor se verá incrementado en casi cuarenta y nueve puntos, al enviarlo a valor presente, como se puede ver en la tabla anterior, el valor de esa posible inundación al multiplicarse por el factor de actualización correspondiente a la tasa del 12%, se tendrá un valor presente del 10% de su valor.

Cuando se habla del desarrollo sustentable, se supone que con este se logran satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin que por esto se comprometa la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Lo anterior requiere de una equidad intrageneracional que defienda los derechos de las nuevas generaciones.

Cuando se habla de proyectos de inversión como un medio para cubrir las necesidades materiales de la sociedad y se jerarquizan por medio de las medidas de rentabilidad, donde se aplica la tasa de interés como medio para realizar una supuesta "equidad" del valor en el tiempo, se cae en el error de desvalorizar al futuro los bienes al mínimo, privando a las nuevas generación es de disfrutar de esos bienes, como lo sería por ejemplo los ambientales. Sí a todo eso se le agrega el que los recursos sobre la tierra son finitos y escasos, que los ecosistemas son complejos y frágiles.

Desde la perspectiva ambiental, el comportamiento de la tasa significa que el valor que los recursos en el futuro tienden a un menor valor depreciable, lo anterior es un estímulo al consumo en el presente, y un desdén por el futuro, significa privar a las nuevas generaciones del beneficios que hoy discutimos y que probablemente no alcancen a conocer.

Cualquier decisión que se tome basado en la tasa de interés tradicional, afectará el bienestar de las próximas generaciones, este desajuste en la equidad intergeneracional, propicia el cuestionamiento de estas técnicas y las búsqueda de opciones.

5.1.2 Evidencia experimental para el descuento hiperbólico

Diversos experimentos han medido como las personas evalúan a lo largo del tiempo²⁹. Estos experimentos se contraponen con el descuento tradicional, ya que las personas han mostrado evaluar al presente y al futuro diferente, pero no como un análisis estándar que pudiera predecir.

Comúnmente realizamos un descuento al futuro pero el trato entre hoy y mañana se muestra difuso cuando nos movemos hacia el futuro. El mañana adquiere incrementos relativos cuando el tiempo progresa. Esto es si nosotros vemos el futuro a través de una curva objetivo.

El peso relativo dado a los dos periodos subsecuentes en el futuro está inversamente relacionado a su distancia para el presente. La tasa de descuento periodo a periodo está inversamente relacionado a la distancia en el futuro. La evidencia experimental muestra que la tasa de descuento entre el periodo t y el periodo $t+1$ disminuye con t .

²⁹ Lowenstein y Thaler 1989, Cropper, Aydede y Portney 1994 y Lowenstein y Elster 1992

De igual forma, estudios de respuesta humana hacia el sonido sumadas en la Ley Webwe-Fechner, indica respuestas similares a cambios en intensidad de sonido. El hombre escucha respuestas al sonido estimulante en una relación inversa a la estimulación inicial.

5.2 Determinación del Descuento Hiperbólico

La siguiente sección mostrará que las preferencias sustentables se adecuan bien a la intuición económica acerca de nuestro horizonte de optimización finito.

5.2.1 Teorema Turnpike

Tenemos un horizonte finito de planeación. La vida en la tierra será de una duración finita, aunque es difícil determinar la fecha final. Es por lo tanto importante determinar si las preferencias sustentables son meramente un artificio de horizonte infinito, o están razonablemente dentro de un mundo finito.

En esta sección mostrará que las preferencias sustentables pueden ser vistas como una generalización adecuada para un horizonte infinito a un criterio atractivo intuitivamente para horizontes finitos, y cuyos valores de todas las generaciones proporcionan un “trato equivalente”. Efectivamente para una clase general de problemas de optimización dinámica, veremos que el límite de la solución óptima de acuerdo a una preferencia sustentable tiene dos propiedades:

- i. Es la “Regla de Oro Verde”³⁰, que es la configuración de la economía dando el máximo nivel de utilidad sustentable y
- ii. Cuando el horizonte finito incrementa, la solución óptima del trato equivalente de los problemas de horizonte finito pasa a una cantidad

³⁰ Beltratti, Chichilnisky y Heal 1995

creciente de tiempo progresivamente cerca al límite de la tasa que es óptima según las preferencias sustentables.

En otras palabras, el óptimo de acuerdo a las preferencias sustentables, determina una dirección en que el horizonte finito tiene un trato equivalente al incremento óptimo al moverse en el aumento del horizonte. Eso es lo que se conoce como propiedad de "Turnpike".

Para ver esto se formaliza un problema típico de optimización en una preferencia sustentable sobre una restricción impuesta por las dinámicas de una reserva renovable. Una reserva renovable s_t crece en el tiempo t de acuerdo con su propia dinámica biológica, con una tasa de crecimiento $r(s_t)$; c_t es lo extraído por el consumo. La utilidad depende del consumo y del nivel de la reserva.

Se asume que la reserva de un recurso es un argumento de la función de utilidad, así que el recurso está en la categoría de activo medioambiental tales como los bosques, paisajes, biodiversidad, etc., que proveen servicios y valor para la sociedad humana por medio de reservas así como flujos de consumo. El problema expresado matemáticamente quedaría de la siguiente forma:

$$\max \alpha \int_0^x u(c_t, s_t) e^{-\delta(t)t} dt + (1 - \alpha) \lim_{t \rightarrow \infty} u(c_t, s_t)$$

Dado que:

$$s_t = r(s_t) - c_t, s_0 \quad (1)$$

Para estudiar las propiedades asintóticas de un máximo para este problema es útil introducir la siguiente definición³¹:

Definición 1. La “Regla de Oro Verde” g^* es una tasa estable $g^* = \{c^*, s^*\}$ que logra el nivel máximo de utilidad y que es sustentable para siempre, esta es:

$$g^* = \max u(c, s) \quad \text{sujeto a} \quad c \leq R(s)$$

Equivaliendo a:

$$g^* = \max u(R(s), s)$$

Así que esto satisface:

$$\frac{\delta u}{\delta c} \frac{\delta R}{\delta s} = -\frac{\delta u}{\delta s}, \quad \text{o} \quad \frac{\delta R}{\delta s} = -\frac{\frac{\delta u}{\delta s}}{\frac{\delta u}{\delta c}} \quad (2)$$

Definición 2. El problema del trato equivalente para un horizonte T es:

$$\max \int_0^T u(c_t, s_t) dt$$

Dado que:

$$s_t = r(s_t) - c_t, s_0 \quad (3)$$

Esta solución es llamada como el trato equivalente óptimo para las T generaciones.

³¹ Beltratti, Chichilnisky y Heal (1995)

Definición 3. El problema del descuento de utilidad tiene la misma restricción del problema 1 pero la función para ser maximizado es la integral de descuento de utilidades por una constante positiva de tasa de descuento:

$$\int_0^{\infty} u(c, s) e^{-\delta t} dt, \text{ para un solución } \delta > 0$$

Teorema 1. La tasa óptima para el problema 1 con una preferencia sustentable existe si y solo si la tasa de descuento $\delta(t)$ se aproxima a cero en el límite, en cuyo caso el óptimo es la propiedad "Turnpike", del problema del horizonte finito (3) que cada generación es tratada igualmente. Esto significa que como el número de generaciones T crece, el trato equivalente óptimo para T generaciones están incrementándose cerca de la "Regla de Oro Verde", un plan que es asintóticamente aproximado por el óptimo de (1) las preferencias sustentables.

Formalmente:

1. La Regla del Oro Verde g^* tiene una "propiedad de Turnpike" para un trato equivalente óptimo. Este es, como $T \rightarrow \infty$ la distancia entre el trato igual óptimo para T y $g_g^* \varepsilon(T)_g$ se dirige a cero.
2. La solución óptima para el problema 1 existe si y solo si $\delta(t) \rightarrow 0$ cuando $t \rightarrow \infty$, cuyo caso es una tasa (c_t, s_t) que converge asintóticamente a la "Regla de Oro Verde" g^* , hacia la propiedad "Turnpike" del trato equivalente óptimo.
3. Para contrastar, el descuento utilitario óptimo no tiene una propiedad "Turnpike" para un trato equivalente óptimo. Para una tasa de descuento cero, el problema de descuento de la utilidad no tiene solución.

5.2.2 Evidencia empírica de preferencias sustentables

Las preferencias sustentables ayudan a explicar la evidencia empírica sobre las preferencias en el tiempo. Reciente evidencia empírica sobre las preferencias en el tiempo se enfrentan con el descuento estándar de máxima utilidad. De cualquier forma esta evidencia es consistente con la solución obtenida para optimizar preferencias sustentables en el contexto de un recurso renovable, en **el sentido de que un óptimo existe si y solo si la tasa de descuento cae a través del tiempo**, descrito en la parte 2 del teorema 1.

Hay un crecimiento en la evidencia empírica que sugiere que la tasa de descuento que se aplica para proyectos a futuro depende sobre, y disminuye con, el futuro del proyecto³². Sobre periodos de tiempo relativamente cortos, quizás cinco años, se usan tasas de descuento que son mas altas incluso que las tasas comerciales.

Para proyectos mas largos cerca de diez años, la tasa de descuento implicada está mas cerca de las tasas estándares. Cuando el horizonte se amplía la tasa de descuento implicada cae, a una región del 5% para los treinta a cincuenta años y baja por el orden del 2% para los cien años. La evidencia de esta declaración es tentativa, y se necesita mas investigación para documentar completamente como las personas tratan el futuro en contra del presente.

De cualquier forma, el marco para la optimización intertemporal tiene una implicación para el descuento que racionaliza un comportamiento que ha sido encontrado irracional.

³² Loenstein y Thaler (1989)

5.2.3 Obtención del descuento hiperbólico

Bien conocidos son los resultados para estabilizar las ciencias naturales y que la respuesta humana a un cambio en un estímulo no es lineal, y es inversamente proporcional a los niveles existentes de estímulos. Por ejemplo, la respuesta humana a un cambio en la intensidad de un sonido es inversamente proporcional al nivel de sonido inicial: en un principio el sonido es alto, es menor nuestra respuesta a un incremento dado. Este es un ejemplo de la Ley de Weber-Fechner³³, que puede ser formalizada en la declaración de que la respuesta humana a un cambio en un estímulo es inversamente proporcional al estímulo preexistente. En símbolo sería:

$$\frac{dr}{ds} = \frac{K}{s} \quad o \quad r = K \log s$$

donde:

r es una respuesta

s un estímulo

K es una constante

Esta ley ha sido descubierta para aplicar las respuestas humanas a la intensidad de ambas señales luz y sonido.

El resultado empírico en el descuento sobre todo sugiere que algo similar está pasando en las respuestas humanas para cambios en el futuro de un evento: un cambio dado en el futuro conduce a una respuesta pequeña en términos de la disminución en el peso, el evento más lejano ya está en el futuro. En este caso, la

³³ La llamada Ley de Weber-Fechner, relaciona la intensidad de una sensación con la intensidad del estímulo recibido. Ley que afirma que la intensidad con la que se siente un determinado estímulo depende de la cantidad previa existente del mismo. Fue formulada originalmente por el fisiólogo alemán Ernst Heinrich Weber (1795-1878), y modificada por su discípulo Gutav Theodor Fechner (1801-1878), fundador de la psicofísica y la psicología experimental.

Ley Weber-Fechner puede ser aplicada para respuestas en distancias de tiempo, así como en la intensidad del sonido y la luz, con el resultado de que la tasa de descuento es inversamente proporcional a la distancia a través del futuro.

En nuestro problema económico descrito anteriormente tenemos que:

$$\max \int_0^{\infty} u(c, s) \Delta(t) dt + \lim u(c, s)$$

la tasa de descuento es $q(t) = \frac{\dot{\Delta}(t)}{\Delta(t)}$, donde $\Delta(t)$ es el factor de descuento.

Ahora puede ser formalizada la interpretación Weber-Fechner como sigue:

$$q(t) = \frac{1}{\Delta} \frac{d\Delta}{dt} = \frac{K}{t}$$

$$\Delta(t) = e^{K \log(t)} = t^K$$

Donde K es una constante negativa.

Así un factor de descuento conoce todas las condiciones requeridas para la existencia del óptimo sustentable:

La tasa de descuento q se dirige a cero en el límite, el factor de descuento $\Delta(t)$

se dirige a cero y la integral $\int_1^{\infty} \Delta(t) dt = \int_1^{\infty} e^{K \log t} dt = \int_1^{\infty} t^K dt$ converge para una K

negativa, como siempre.

Formalmente tendríamos al factor del **descuento hiperbólico** como:

$$e^{K \log t}$$

Y para obtener el valor futuro de un valor presente quedaría:

$$F = Pe^{K \log t}$$

Donde:

F es el valor futuro

P es el valor presente

K es la tasa de interés

t es el tiempo

El factor de descuento $\Delta(t) = e^{K \log t}$ tiene una interpretación interesante: el reemplazo de t por $\log t$ implica que estamos midiendo tiempos diferentemente: por un incremento proporcional igual en lugar de un incremento absoluto igual. Es decir, reaccionamos del mismo modo ante un determinado porcentaje de incremento en el número de años hasta un evento, más que ante un determinado incremento absoluto en ese número de años hasta el evento.

Esto es consistente con la propuesta tomada, por ejemplo, el sonido, donde en respuesta a la Ley Weber-Fechner, la intensidad del sonido es medida en decibeles que responde al logaritmo del contenido de energía de las ondas de sonido.

En general una tasa de descuento no constante puede ser interpretada como una transformación no lineal del eje del tiempo.

5.3 Modelos de Equivalencia para los Flujos de Efectivo del Descuento Hiperbólico

5.3.1 Obtención del valor futuro a partir de un valor presente

De acuerdo mencionado con anterioridad, para el cálculo de un valor futuro dado que tenemos un valor presente, utilizamos el siguiente modelo:

$$F = Pe^{K \log t} \quad (1)$$

Donde:

F es el valor futuro

P es el valor presente

K es la tasa de interés

t es el tiempo

5.3.2 Obtención del valor presente a partir de un valor futuro

Si despejamos el valor presente del valor futuro del modelo (1), el modelo para el cálculo de un valor presente dado que tenemos un valor futuro, quedaría de la siguiente manera:

$$F = Pe^{K \log t}$$

Despejando P :

$$P = \frac{F}{e^{K \log t}}$$

Lo que sería igual a:

$$P = Fe^{-K \log t} \quad (2)$$

Donde:

P es el valor presente

F es el valor futuro

K es la tasa de interés

t es el tiempo

5.3.3 Obtención del interés (K) a partir del modelo de descuento hiperbólico

Tenemos la ecuación (2) igual a:

$$P = Fe^{-K \log t}$$

Utilizando propiedades de los logaritmos:

$$\ln P = \ln (Fe^{-K \log t})$$

$$\ln P = \ln F + \ln e^{-K \log t}$$

$$\ln P = \ln F - K \log t$$

$$K \log t = \ln F - \ln P$$

$$K \log t = \ln(F/P)$$

$$K = \frac{\ln(F/P)}{\log t} \text{ para } t > 1 \quad (3)$$

Donde:

K es la tasa de interés

P es el valor presente

F es el valor futuro

t es el tiempo

Y de esta manera podemos nosotros calcular el valor de la tasa (K), **cuando tenemos el valor presente P y el valor futuro F en un intervalo de tiempo t .**

5.3.4 Obtención del tiempo t a partir del modelo de descuento hiperbólico

Tenemos de la ecuación (3) que:

$$K = \frac{\ln(F/P)}{\log t}$$

Despejando a $\log t$ de la ecuación:

$$\log t = \frac{\ln(F/P)}{K}$$

Utilizando las propiedades de los logaritmos podemos conocer que:

$$\log t = 0.434 \ln t$$

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$0.434 \ln t = \frac{\ln(F/P)}{K}$$

Despejando a $\ln t$:

$$\ln t = \frac{\ln(F/P)K^{-1}}{0.434}$$

Utilizando propiedades de los exponentes:

$$e^{\ln t} = e^{\left(\frac{\ln(F/P)K^{-1}}{0.434}\right)}$$

$$t = e^{\ln(F/P)^{\frac{1}{0.434K}}}$$

$$t = \left(\frac{F}{P}\right)^{\frac{1}{0.434K}} \text{ para todo } K > 0 \quad (4)$$

Donde:

t es el tiempo

P es el valor presente

F es el valor futuro

K es la tasa de interés

Así es como podemos calcular al tiempo t , a partir del modelo del descuento hiperbólico, a partir del valor presente P , el valor futuro F y una tasa de interés K .

5.4 Aplicación del Descuento Hiperbólico

5.4.1 Comparación de los factores de descuento

A manera de poder comprender el funcionamiento de la tasa de interés a través del tiempo se mostrarán cada uno de los factores de descuento³⁴ durante esta investigación, para poder visualizar el comportamiento que tienen cada una de ellas en periodos de largo plazo.

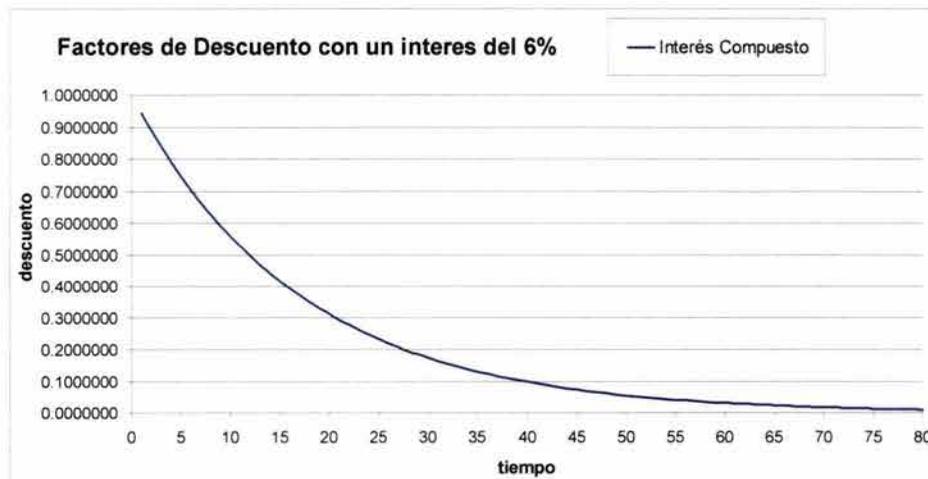
1. Interés Compuesto

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

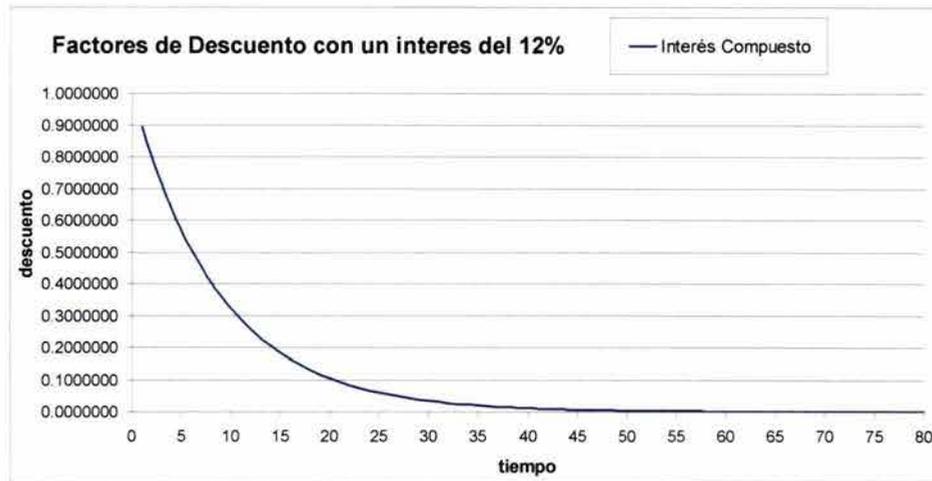
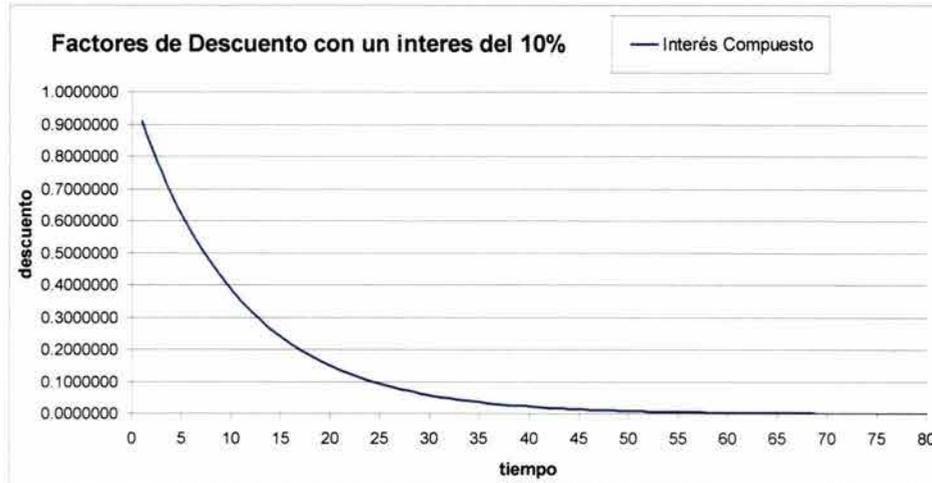
Siendo el factor de descuento:

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

Si lo representáramos en una grafica con un periodo de 80 años obtendríamos lo siguiente:



³⁴ Cálculos de cada uno de los factores de descuento Anexo 1



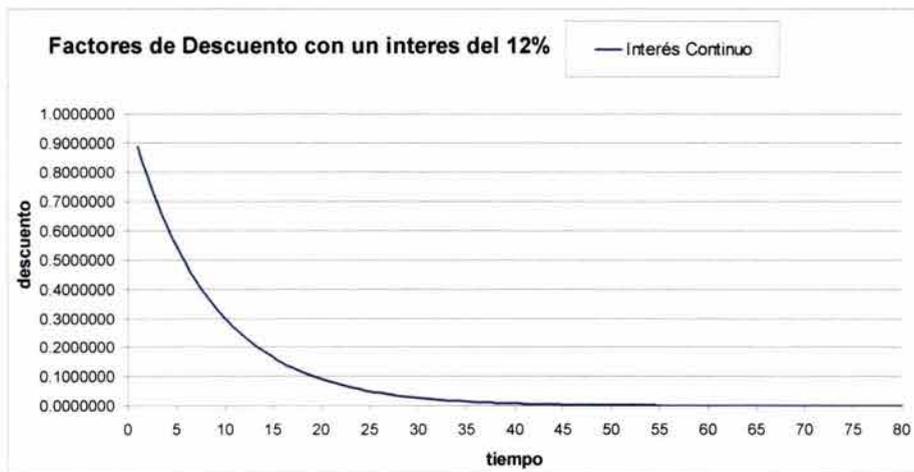
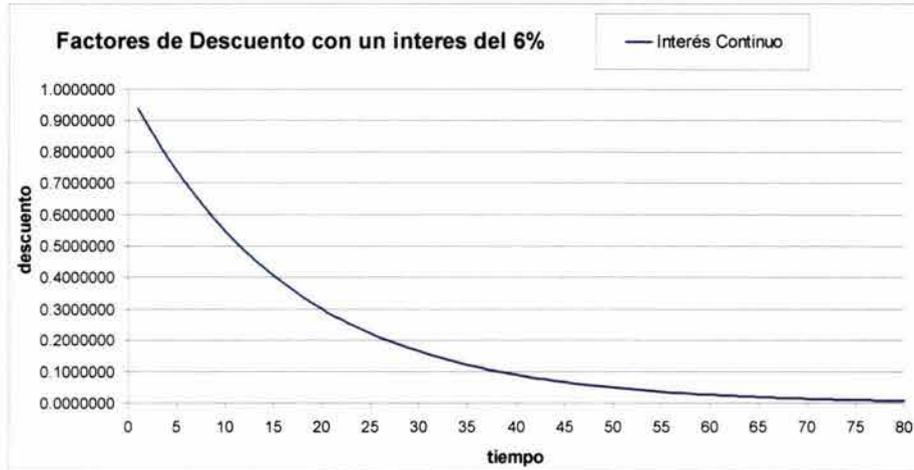
2. Interés Continuo

$$F = Pe^{-rt}$$

Siendo el factor de descuento:

$$e^{-rt}$$

Si lo representáramos en una gráfica con un periodo de 80 años obtendríamos lo siguiente:



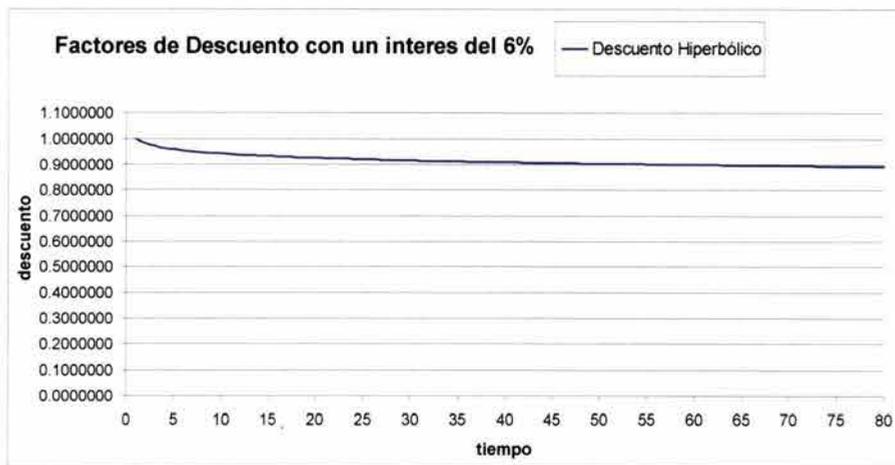
3. Descuento Hiperbólico

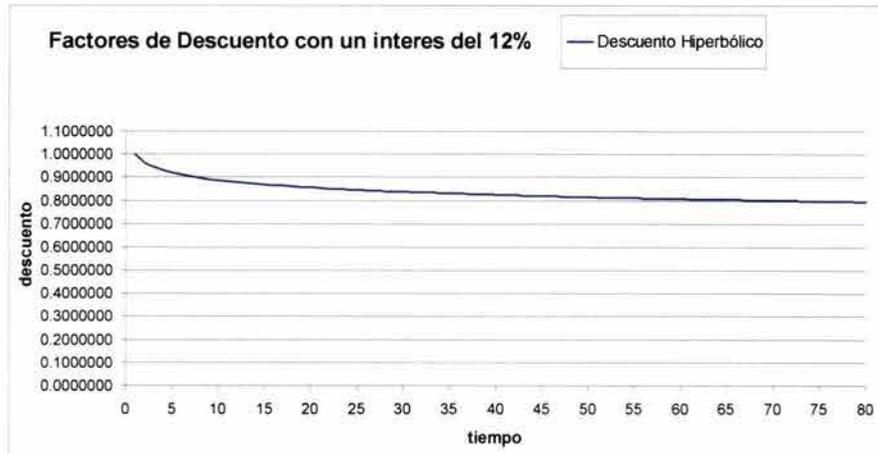
$$P = Fe^{-K \log t}$$

Siendo el factor de descuento:

$$e^{-K \log t}$$

Si lo representáramos en una grafica con un periodo de 80 años obtendríamos lo siguiente:





Comparando los distintos factores de descuento tenemos que:





Podemos observar claramente el comportamiento de los factores de descuento, comparados con los distintos intereses 6%, 10% y 12%. El **interés compuesto** y el **interés continuo** tienen una forma muy similar y tienden a caer precipitadamente en los primeros años, haciendo que prácticamente los años subsecuentes se les asigne un valor muy cercano a cero, en cambio el **descuento hiperbólico** presenta en las tres comparaciones una uniformidad durante todo el periodo tiempo, aunque si tiene una caída, esta nos es tan precipitada como en los otros factores, ya que entre el los primeros años y los últimos no hay una diferencia tan abrumadora en comparación con los otros factores de descuento, permitiendo así poder dar una equidad entre el presente y el futuro y con ello no hacer una discriminación dándole valor tanto al presente como al futuro.

Estas evidencias gráficas nos permiten conocer la forma en la cual el descuento hiperbólico actúa al momento de ser evaluado y poder observar las diferencias que existe entre la forma tradicional y esta propuesta de evaluación.

5.4.2 Aplicación de los distintos factores en la evaluación (Beneficios Netos)

a) *Primer Caso.* A continuación se realizará una evaluación utilizando los distintos modelos (interés compuesto, interés continuo y el descuento hiperbólico), para poder observar su comportamiento en periodos largos de tiempo.

Tenemos los beneficios netos de una evaluación ambiental, en los primeros años se tienen costos de inversión y posteriormente los beneficios producidos a lo largo del tiempo por este proyecto, además el interés es del 12%³⁵ y un horizonte de planeación de 57 años, mostrados en la siguiente tabla.

La manera en la que se evaluó fue la siguiente: Los beneficios netos fueron llevados a un valor presente para cada año y para cada uno de los modelos (interés compuesto, interés continuo y el descuento hiperbólico) aplicándole su respectivo factor de descuento³⁶.

Posteriormente los beneficios netos llevados a valor presente se sumaron para obtener un indicador económico, se decidió que fuera el Valor Presente Neto (VPN) por ser una herramienta de las más importantes y confiables dentro de las medidas de rentabilidad, descrito con anterioridad en el capítulo IV.

Para los criterios de decisión sabemos que si el VPN es positivo decimos que el proyecto es rentable y por lo tanto se acepta y si el VPN es negativo rechazamos el proyecto y decimos que no es rentable.

Los resultados de la evaluación se muestran en la siguiente tabla, mostrando en cada columna el interés compuesto, el interés continuo y el descuento hiperbólico, y al final de la tabla el VPN de cada uno de ellos:

³⁵ El Banco Mundial señala que esta debe de ser la tasa de interés a utilizar para evaluar proyectos.

³⁶ Para cada caso se tomo su factor de descuento correspondiente, mismo que fueron mostrados en el inciso anterior. “Comparación de los factores de descuento”

Tabla de resultados de la evaluación

Tiempo	Beneficio Neto	Factor de Desc.	Interés Compuesto	Factor de Desc.	Interés Continuo	Factor de Desc.	Descuento Hiperbólico
1	-1,055,568,977.25	0.8929	-942,472,301.12	0.8869	-936,205,698.29	1.0000	-1,055,568,977.25
2	-1,643,704,616.18	0.7972	-1,310,351,256.52	0.7866	-1,292,983,846.45	0.9645	-1,585,387,738.15
3	-1,682,170,052.74	0.7118	-1,197,335,417.00	0.6977	-1,173,610,222.22	0.9444	-1,588,563,434.29
4	-765,054,277.12	0.6355	-486,205,824.07	0.6188	-473,402,880.52	0.9303	-711,730,681.01
5	400,652,217.22	0.5674	227,340,827.86	0.5488	219,882,598.84	0.9195	368,417,704.76
6	-1,229,931,457.68	0.5066	-623,121,553.38	0.4868	-598,671,911.70	0.9108	-1,120,281,835.31
7	-1,480,740,371.73	0.4523	-669,811,745.27	0.4317	-639,251,200.94	0.9036	-1,337,939,105.46
8	-1,671,594,487.30	0.4039	-675,128,977.40	0.3829	-640,041,637.42	0.8973	-1,499,913,073.29
9	-1,060,988,016.93	0.3606	-382,602,915.29	0.3396	-360,306,783.31	0.8918	-946,193,168.55
10	-933,373,206.00	0.3220	-300,521,192.08	0.3012	-281,126,607.20	0.8869	-827,827,771.49
11	-1,398,682,886.50	0.2875	-402,087,907.08	0.2671	-373,637,575.24	0.8825	-1,234,373,897.84
12	329,651,293.91	0.2567	84,613,276.50	0.2369	78,103,542.21	0.8785	289,609,557.14
13	-804,129,116.77	0.2292	-184,285,639.10	0.2101	-168,976,533.34	0.8749	-703,513,205.14
14	-1,434,280,256.85	0.2046	-293,482,157.39	0.1864	-267,312,514.22	0.8715	-1,249,980,305.93
15	1,421,008,401.14	0.1827	259,612,922.11	0.1653	234,891,108.86	0.8684	1,233,969,008.06
16	2,623,656,025.33	0.1631	427,975,130.96	0.1466	384,646,239.55	0.8655	2,270,668,716.01
17	2,272,229,452.88	0.1456	330,937,361.11	0.1300	295,455,066.58	0.8627	1,960,319,787.42
18	1,871,521,781.82	0.1300	243,371,925.40	0.1153	215,833,476.01	0.8602	1,609,814,872.53
19	2,025,123,298.39	0.1161	235,130,538.98	0.1023	207,138,130.08	0.8577	1,737,035,899.69
20	2,036,686,487.34	0.1037	211,136,699.63	0.0907	184,764,029.62	0.8555	1,742,290,482.64
21	2,185,334,122.97	0.0926	202,273,677.81	0.0805	175,831,124.15	0.8533	1,864,704,169.34
22	2,682,050,360.10	0.0826	221,651,374.85	0.0714	191,394,518.71	0.8512	2,283,001,078.73
23	2,654,024,129.33	0.0738	195,835,014.99	0.0633	167,977,880.41	0.8492	2,253,917,215.74
24	2,711,302,062.74	0.0659	178,626,282.88	0.0561	152,198,298.26	0.8474	2,297,458,785.99
25	2,658,450,158.73	0.0588	156,378,828.64	0.0498	132,356,439.81	0.8456	2,247,886,642.56
26	2,549,290,536.41	0.0525	133,890,802.42	0.0442	112,569,451.57	0.8438	2,151,183,805.22
27	2,209,621,824.13	0.0469	103,617,077.43	0.0392	86,537,397.33	0.8422	1,860,895,323.97
28	2,725,718,317.78	0.0419	114,123,829.96	0.0347	94,678,531.58	0.8406	2,291,193,893.24
29	2,476,535,855.69	0.0374	92,581,020.31	0.0308	76,295,658.04	0.8390	2,077,931,632.62
30	2,745,405,169.82	0.0334	91,635,924.78	0.0273	75,014,688.87	0.8376	2,299,459,548.36
31	2,643,084,092.83	0.0298	78,768,446.12	0.0242	64,052,414.92	0.8361	2,209,979,079.17
32	2,383,101,173.53	0.0266	63,411,168.34	0.0215	51,221,426.59	0.8348	1,989,303,656.59
33	2,726,418,767.28	0.0238	64,773,567.10	0.0191	51,974,032.57	0.8334	2,272,242,588.77
34	2,727,066,270.71	0.0212	57,847,277.07	0.0169	46,107,779.30	0.8321	2,269,248,989.70
35	2,410,485,926.94	0.0189	45,653,471.49	0.0150	36,146,626.89	0.8309	2,002,787,962.85
36	2,171,577,900.40	0.0169	36,722,022.91	0.0133	28,881,733.18	0.8296	1,801,640,693.74
37	2,317,777,641.61	0.0151	34,994,913.98	0.0118	27,340,362.56	0.8285	1,920,190,896.96
38	2,417,900,374.64	0.0135	32,595,191.81	0.0105	25,296,216.24	0.8273	2,000,356,707.07
39	2,035,537,355.76	0.0120	24,500,570.25	0.0093	18,887,779.39	0.8262	1,681,745,240.92
40	2,823,168,871.53	0.0107	30,340,026.10	0.0082	23,233,965.69	0.8251	2,329,404,762.98
41	2,027,429,917.62	0.0096	19,453,910.85	0.0073	14,798,476.25	0.8240	1,670,686,930.85
42	1,714,374,017.21	0.0086	14,687,525.17	0.0065	11,098,425.91	0.8230	1,410,942,745.22
43	1,694,949,254.09	0.0076	12,965,274.78	0.0057	9,731,889.60	0.8220	1,393,246,432.81
44	1,253,996,679.22	0.0068	8,564,527.12	0.0051	6,385,891.30	0.8210	1,029,549,649.24
45	1,335,426,221.35	0.0061	8,143,458.35	0.0045	6,031,560.62	0.8201	1,095,121,160.69
46	756,164,863.07	0.0054	4,117,062.41	0.0040	3,029,081.46	0.8191	619,385,888.93
47	829,338,289.34	0.0049	4,031,666.97	0.0036	2,946,529.81	0.8182	678,562,369.80
48	1,109,303,914.33	0.0043	4,814,879.88	0.0032	3,495,540.43	0.8173	906,634,185.27
49	1,640,328,091.49	0.0039	6,356,932.67	0.0028	4,584,364.80	0.8164	1,339,200,438.27
50	1,395,344,519.25	0.0035	4,828,145.14	0.0025	3,458,713.26	0.8156	1,137,991,596.77
51	1,117,023,987.45	0.0031	3,450,987.16	0.0022	2,455,728.05	0.8147	910,063,932.55
52	1,330,790,623.59	0.0028	3,670,900.00	0.0019	2,594,849.45	0.8139	1,083,127,639.27
53	471,931,184.81	0.0025	1,162,314.02	0.0017	816,142.08	0.8131	383,722,669.07
54	657,208,614.53	0.0022	1,445,206.89	0.0015	1,008,033.59	0.8123	533,849,648.84
55	455,996,364.55	0.0020	895,303.19	0.0014	620,322.88	0.8115	370,051,177.73
56	-603,705,105.05	0.0018	-1,058,316.53	0.0012	-728,393.28	0.8108	-489,460,262.45
57	-1,096,826,240.41	0.0016	-1,716,763.77	0.0011	-1,173,717.49	0.8100	-888,443,512.93
	VPN		-3,391,254,699.82		-3,675,663,454.32		52,639,618,198.98

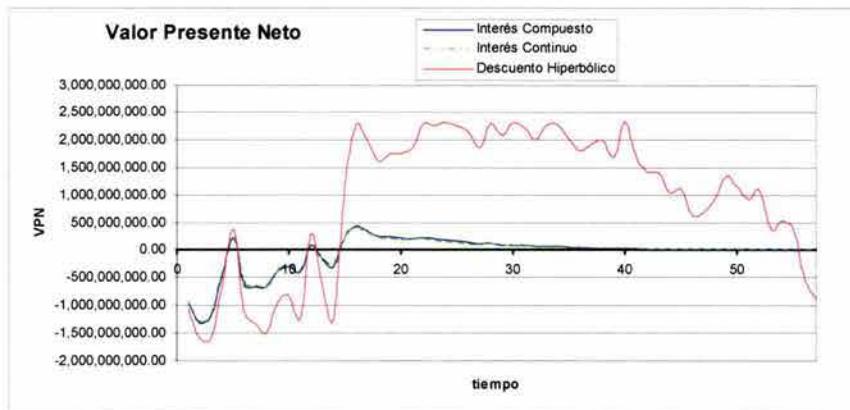
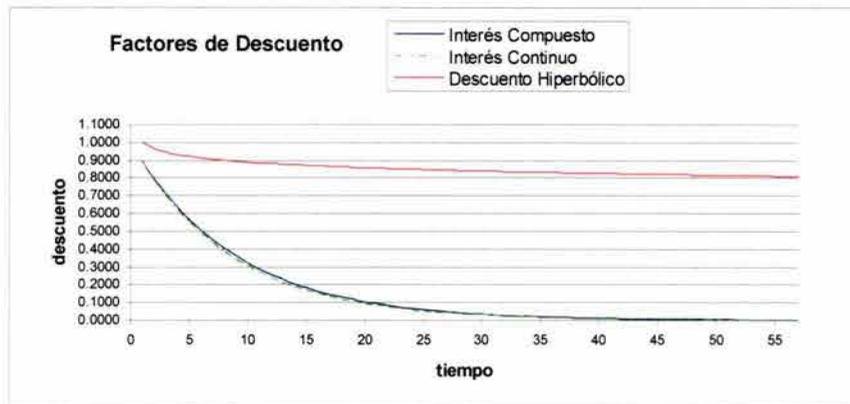
* Las cantidades están en pesos \$ a precios del 2003

Como se puede observar, el VPN para cada uno de estos modelos queda resumida de la siguiente manera:

Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
-3,391,254,699.82	-3,675,663,454.32	52,639,618,198.98

Y de acuerdo a los criterios de decisión para el Valor Presente Neto, al evaluar con el interés compuesto o con el interés continuo, obtenemos un VPN negativo y por lo tanto el proyecto no es rentable así que tenemos que rechazarlo, en cambio al evaluar con el descuento hiperbólico podemos darnos cuenta que el VPN es positivo y de acuerdo a los criterios el proyecto es rentable y tendríamos que aceptarlo.

A continuación se mostrará gráficamente el comportamiento a lo largo del tiempo de los modelos y sus factores:



Se puede observar que los factores de descuento caen muy rápido (interés compuesto e interés continuo), dando como motivo que en los primeros 20 años se obtenga un 85% del total de la evaluación y en los años subsecuentes disminuye el factor de descuento hasta tener valores muy cercanos a cero.

Como los primeros años se tienen inversiones y esto se traduce en costos, al evaluar con los modelos de interés compuesto e interés continuo, lo que sucede es que se cargan los primeros años la evaluación (20 años), y los años subsecuentes no se les da importancia, ya que como podemos observar, prácticamente tienen valores de cero o muy cercanos a cero, que al compararse con los costos de los primeros años no hay una afectación en el resultado, y esto provoca que el Valor Presente Neto sea negativo.

En otras palabras, por un lado los primeros años (principalmente costos), se cuantifican y los años subsecuentes (beneficios), prácticamente no se toman en cuenta, por que lo se está despreciando al futuro, como bien se ha venido señalando con anterioridad, dando como resultado que el proyecto no sea rentable.

Ahora bien, al evaluar con el descuento hiperbólico en primer lugar el factor de descuento presenta una uniformidad a lo largo del tiempo y no cae tan rápido como con los otros factores, como bien se puede observar en la gráfica y al aplicar el descuento hiperbólico para encontrar el VPN, nuestros costos y beneficios se ven afectados de una manera por igual durante los 57 años, dándole un trato equivalente tanto al presente como al futuro, y esto nos da como resultado que el VPN sea positivo, concluyendo de acuerdo a los criterios de evaluación que el proyecto sea rentable.

Al evaluar un mismo proyecto utilizando el criterio tradicional y el descuento hiperbólico, encontramos dos resultados completamente diferentes, aceptar o rechazar el proyecto, ¿qué implicaciones tiene?, que si evaluamos de la manera tradicional se desprecia el futuro y por lo se afectan a las generaciones futuras, ya que el proyecto no es rentable, y esto no obedece a lo que describe el *Desarrollo Sustentable*. Pero si evaluamos con el descuento hiperbólico se puede observar que mantiene una equidad entre el presente y el futuro, y este proyecto es rentable, obedeciendo así a lo estipulado con el *Desarrollo Sustentable*.

b) Segundo Caso. Continuando con este análisis, se mantienen las características del proyecto anterior, tasa de interés del 12% y un horizonte de planeación de 57 años, pero ahora los beneficios netos se cargan de una manera en la cual los valores están de una manera ascendente, y la evaluación se realizó de acuerdo al mismo procedimiento detallado anteriormente, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Tabla de resultados de la evaluación

Tiempo	Beneficio Neto	Factos de Desc.	Tasa Nominal	Factos de Desc.	Desc. Continuo	Factos de Desc.	Desc. Hiper.
1	-1,682,170,052.74	0.8929	-1,501,937,547.09	0.8869	-1,491,950,997.81	1.0000	-1,682,170,052.74
2	-1,671,594,487.30	0.7972	-1,332,584,891.02	0.7866	-1,314,922,796.12	0.9645	-1,612,288,106.53
3	-1,643,704,616.18	0.7118	-1,169,956,479.04	0.6977	-1,146,773,797.77	0.9444	-1,552,238,458.77
4	-1,480,740,371.73	0.6355	-941,037,275.66	0.6188	-916,257,549.60	0.9303	-1,377,534,097.48
5	-1,434,280,256.85	0.5674	-813,849,136.36	0.5488	-787,149,694.38	0.9195	-1,318,885,101.58
6	-1,398,682,886.50	0.5066	-708,616,278.96	0.4868	-680,812,050.37	0.9108	-1,273,988,905.09
7	-1,229,931,457.68	0.4523	-556,358,529.80	0.4317	-530,974,353.38	0.9036	-1,111,317,976.93
8	-1,096,826,240.41	0.4039	-442,989,722.51	0.3829	-419,966,964.61	0.8973	-984,176,503.11
9	-1,060,988,016.93	0.3606	-382,602,915.29	0.3396	-360,306,783.31	0.8918	-946,193,168.55
10	-1,055,568,977.25	0.3220	-339,864,960.05	0.3012	-317,931,266.22	0.8869	-936,205,698.29
11	-933,373,206.00	0.2875	-268,322,492.93	0.2671	-249,336,933.23	0.8825	-823,726,045.09
12	-804,129,116.77	0.2567	-206,399,915.79	0.2369	-190,520,509.33	0.8785	-706,454,006.67
13	-765,054,277.12	0.2292	-175,330,694.37	0.2101	-160,765,500.05	0.8749	-669,327,568.64
14	-603,705,105.05	0.2046	-123,530,025.47	0.1864	-112,514,920.78	0.8715	-526,131,129.74
15	329,651,293.91	0.1827	60,226,058.92	0.1653	54,490,992.38	0.8684	286,261,136.69
16	400,652,217.22	0.1631	65,355,055.49	0.1466	58,738,404.44	0.8655	346,748,372.07
17	455,996,364.55	0.1456	66,413,289.98	0.1300	59,292,619.45	0.8627	393,401,597.39
18	471,931,184.81	0.1300	61,369,737.84	0.1153	54,425,521.01	0.8602	405,938,016.59
19	657,208,614.53	0.1161	76,306,373.98	0.1023	67,222,061.78	0.8577	563,716,272.45
20	756,164,863.07	0.1037	78,389,165.22	0.0907	68,597,728.73	0.8555	646,863,841.06
21	829,338,289.34	0.0926	76,763,230.01	0.0805	66,728,232.62	0.8533	707,658,636.58
22	1,109,303,914.33	0.0826	91,675,660.31	0.0714	79,161,335.65	0.8512	944,255,958.33
23	1,117,023,987.45	0.0738	82,422,916.55	0.0633	70,698,423.47	0.8492	948,627,244.15
24	1,253,996,679.22	0.0659	82,615,938.81	0.0561	70,392,806.18	0.8474	1,062,591,191.10
25	1,330,790,623.59	0.0588	78,281,504.81	0.0498	66,256,163.76	0.8456	1,125,267,087.29
26	1,335,426,221.35	0.0525	70,137,666.07	0.0442	58,968,640.57	0.8438	1,126,881,075.11
27	1,395,344,519.25	0.0469	65,432,699.62	0.0392	54,647,126.38	0.8422	1,175,128,731.46
28	1,421,008,401.14	0.0419	59,496,581.17	0.0347	49,359,094.78	0.8406	1,194,476,241.25
29	1,640,328,091.49	0.0374	61,320,835.72	0.0308	50,534,261.74	0.8390	1,376,313,458.72
30	1,694,949,254.09	0.0334	56,573,887.18	0.0273	46,312,322.98	0.8376	1,419,632,806.54
31	1,714,374,017.21	0.0298	51,091,290.58	0.0242	41,546,084.81	0.8361	1,433,450,688.22
32	1,871,521,781.82	0.0266	49,798,717.77	0.0215	40,225,743.09	0.8348	1,562,260,622.97
33	2,025,123,298.39	0.0238	48,112,366.83	0.0191	38,605,156.89	0.8334	1,687,771,321.61
34	2,027,429,917.62	0.0212	43,006,399.02	0.0169	34,278,701.70	0.8321	1,687,066,919.37
35	2,035,537,355.76	0.0189	38,552,121.62	0.0150	30,524,056.79	0.8309	1,691,256,384.65
36	2,036,686,487.34	0.0169	34,440,969.32	0.0133	27,087,693.09	0.8296	1,689,728,586.43
37	2,171,577,900.40	0.0151	32,787,520.45	0.0118	25,615,799.40	0.8285	1,799,069,954.57
38	2,185,334,122.97	0.0135	29,460,016.49	0.0105	22,863,094.41	0.8273	1,807,951,980.12
39	2,209,621,824.13	0.0120	26,595,922.98	0.0093	20,503,111.59	0.8262	1,825,572,484.06
40	2,272,229,452.88	0.0107	24,419,191.35	0.0082	18,699,873.63	0.8251	1,874,823,062.65
41	2,317,777,641.61	0.0096	22,239,900.49	0.0073	16,917,762.28	0.8240	1,909,945,582.24
42	2,383,101,173.53	0.0086	20,416,699.11	0.0065	15,427,597.21	0.8230	1,961,310,238.11
43	2,410,485,926.94	0.0076	18,438,671.43	0.0057	13,840,286.29	0.8220	1,981,416,795.19
44	2,417,900,374.64	0.0068	16,513,738.57	0.0051	12,312,990.32	0.8210	1,985,131,638.59
45	2,476,535,855.69	0.0061	15,101,969.89	0.0045	11,185,474.65	0.8201	2,030,892,292.96
46	2,549,290,536.41	0.0054	13,880,026.36	0.0040	10,212,070.25	0.8191	2,088,161,804.60
47	2,623,656,025.33	0.0049	12,754,394.06	0.0036	9,321,504.60	0.8182	2,146,668,341.45
48	2,643,084,092.83	0.0043	11,472,178.42	0.0032	8,328,652.94	0.8173	2,160,192,857.99
49	2,654,024,129.33	0.0039	10,285,413.50	0.0028	7,417,427.56	0.8164	2,166,804,492.10
50	2,658,450,158.73	0.0035	9,198,719.78	0.0025	6,589,639.12	0.8156	2,168,134,033.80
51	2,682,050,360.10	0.0031	8,286,054.24	0.0022	5,896,369.61	0.8147	2,185,125,230.47
52	2,711,302,062.74	0.0028	7,478,951.65	0.0019	5,286,647.30	0.8139	2,206,722,943.88
53	2,725,718,317.78	0.0025	6,713,141.03	0.0017	4,713,766.52	0.8131	2,216,255,127.24
54	2,726,418,767.28	0.0022	5,995,416.22	0.0015	4,181,810.22	0.8123	2,214,666,194.74
55	2,727,066,270.71	0.0020	5,354,321.50	0.0014	3,709,813.79	0.8115	2,213,074,848.13
56	2,745,405,169.82	0.0018	4,812,792.94	0.0012	3,312,436.25	0.8108	2,225,866,111.96
57	2,823,168,871.53	0.0016	4,418,853.10	0.0011	3,021,082.61	0.8100	2,286,803,485.72
	VPN		-7,258,974,503.95		-7,262,733,734.11		51,409,248,871.41

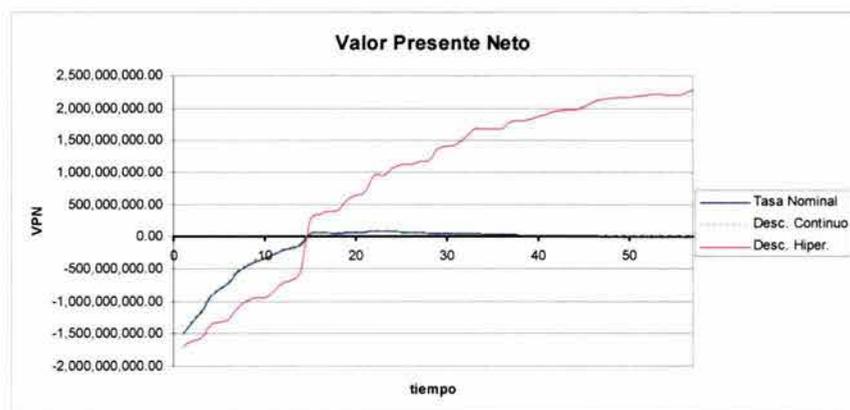
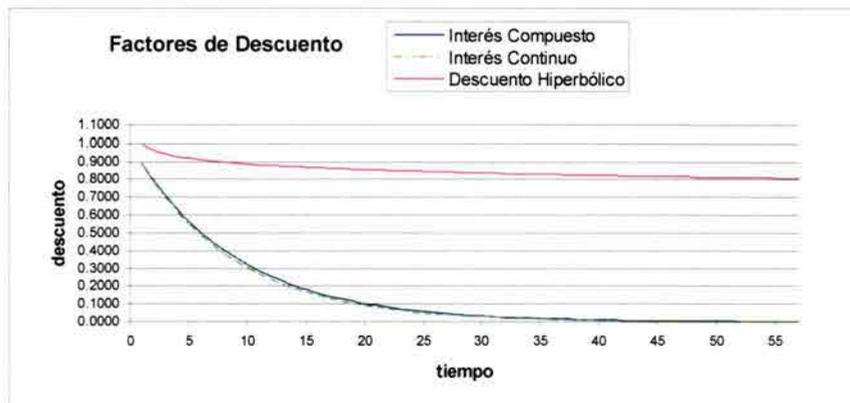
* Las cantidades están en pesos \$ a precios del 2003

Ahora se puede observar, que el VPN para cada uno de estos modelos queda resumida de la siguiente manera:

Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
-7,258,974,503.95	-7,262,733,734.11	51,409,248,871.41

El VPN, al evaluar con el interés compuesto o con el interés continuo, es negativo y por lo tanto el proyecto no es rentable así que tenemos que rechazarlo, en cambio al evaluar con el descuento hiperbólico podemos observar que el VPN es positivo y de acuerdo a los criterios el proyecto es rentable y tendríamos que aceptarlo.

A continuación se mostrará gráficamente el comportamiento a lo largo del tiempo de los modelos y sus factores:



c) *Tercer Caso.* Siguiendo con este mismo ejemplo, vamos a mantener las características de los proyectos anteriores, tasa de interés del 12% y un horizonte de planeación de 57 años, pero ahora los beneficios netos se cargan de una manera en la cual los valores están de una manera descendente, y la evaluación se realizará de acuerdo al mismo procedimiento detallado anteriormente, la siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

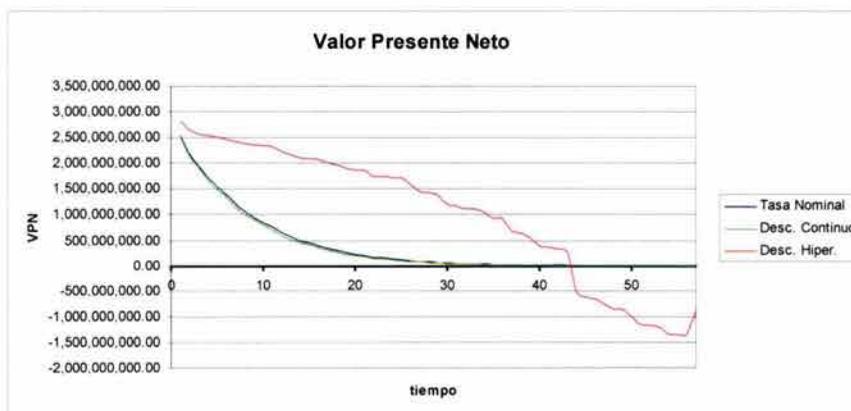
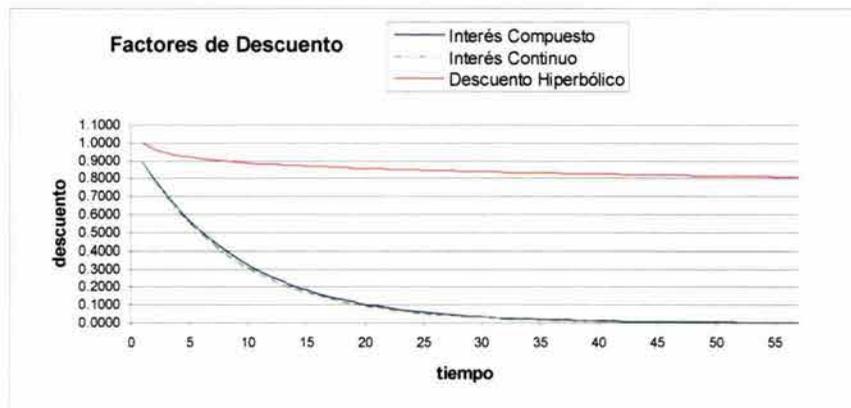
Tiempo	Beneficio Neto	Factos de Desc.	Tasa Nominal	Factos de Desc.	Desc. Continuo	Factos de Desc.	Desc. Hiper.
1	2,823,168,871.53	0.8929	2,520,686,492.44	0.8869	2,503,926,168.47	1.0000	2,823,168,871.53
2	2,745,405,169.82	0.7972	2,188,620,192.78	0.7866	2,159,612,196.50	0.9645	2,648,001,136.95
3	2,727,066,270.71	0.7118	1,941,071,905.97	0.6977	1,902,609,576.70	0.9444	2,575,314,994.74
4	2,726,418,767.28	0.6355	1,732,688,415.91	0.6188	1,687,062,652.30	0.9303	2,536,389,827.45
5	2,725,718,317.78	0.5674	1,546,645,774.63	0.5488	1,495,905,929.51	0.9195	2,506,420,389.79
6	2,711,302,062.74	0.5066	1,373,630,003.90	0.4868	1,319,732,395.63	0.9108	2,469,586,765.96
7	2,682,050,360.10	0.4523	1,213,223,375.88	0.4317	1,157,869,364.82	0.9036	2,423,395,841.78
8	2,658,450,158.73	0.4039	1,073,703,431.53	0.3829	1,017,901,653.50	0.8973	2,385,413,554.58
9	2,654,024,129.33	0.3606	957,067,707.58	0.3396	901,294,719.27	0.8918	2,366,868,862.10
10	2,643,084,092.83	0.3220	851,002,339.95	0.3012	796,081,630.36	0.8869	2,344,205,297.89
11	2,623,656,025.33	0.2875	754,238,412.66	0.2671	700,871,144.58	0.8825	2,315,444,441.22
12	2,549,290,536.41	0.2567	654,339,385.38	0.2369	603,997,693.02	0.8785	2,239,635,993.86
13	2,476,535,855.69	0.2292	567,558,099.06	0.2101	520,409,514.90	0.8749	2,166,661,598.42
14	2,417,900,374.64	0.2046	494,750,321.58	0.1864	450,633,706.49	0.8715	2,107,208,710.13
15	2,410,485,926.94	0.1827	440,386,766.68	0.1653	398,450,643.80	0.8684	2,093,207,137.85
16	2,383,101,173.53	0.1631	388,735,423.77	0.1466	349,379,223.50	0.8655	2,062,478,171.52
17	2,317,777,641.61	0.1456	337,571,197.04	0.1300	301,377,638.84	0.8627	1,999,615,561.68
18	2,272,229,452.88	0.1300	295,479,786.70	0.1153	262,045,136.68	0.8602	1,954,489,016.68
19	2,209,621,824.13	0.1161	256,552,068.15	0.1023	226,009,415.42	0.8577	1,895,288,270.25
20	2,185,334,122.97	0.1037	226,546,519.15	0.0907	198,249,038.89	0.8555	1,869,451,615.41
21	2,171,577,900.40	0.0926	201,000,407.19	0.0805	174,724,303.89	0.8533	1,852,966,245.47
22	2,036,686,487.34	0.0826	168,316,884.27	0.0714	145,340,533.42	0.8512	1,733,657,770.49
23	2,035,537,355.76	0.0738	150,198,140.31	0.0633	128,832,758.81	0.8492	1,728,670,300.59
24	2,027,429,917.62	0.0659	133,571,347.34	0.0561	113,809,297.59	0.8474	1,717,970,395.56
25	2,025,123,298.39	0.0588	119,124,448.59	0.0498	100,824,952.11	0.8456	1,712,368,989.52
26	1,871,521,718.82	0.0525	98,293,838.83	0.0442	82,641,102.52	0.8438	1,579,257,950.65
27	1,714,374,017.21	0.0469	80,393,134.85	0.0392	67,141,564.17	0.8422	1,443,808,418.85
28	1,694,949,254.09	0.0419	70,966,284.08	0.0347	58,874,501.24	0.8406	1,424,746,407.21
29	1,640,328,091.49	0.0374	61,320,835.72	0.0308	50,534,261.74	0.8390	1,376,313,458.72
30	1,421,008,401.14	0.0334	47,430,310.25	0.0273	38,827,239.15	0.8376	1,190,189,110.24
31	1,395,344,519.25	0.0298	41,583,663.53	0.0242	33,814,734.21	0.8361	1,166,698,480.81
32	1,335,426,221.35	0.0266	35,533,924.40	0.0215	28,703,118.83	0.8348	1,114,752,615.10
33	1,330,790,623.59	0.0238	31,616,586.85	0.0191	25,369,013.76	0.8334	1,109,102,962.44
34	1,253,996,679.22	0.0212	26,600,121.21	0.0169	21,201,905.78	0.8321	1,043,476,914.36
35	1,117,023,987.45	0.0189	21,155,909.77	0.0150	16,750,419.01	0.8309	928,095,937.53
36	1,109,303,914.33	0.0169	18,758,656.43	0.0133	14,753,612.87	0.8296	920,329,440.37
37	829,338,289.34	0.0151	12,521,745.65	0.0118	9,782,823.47	0.8285	687,075,328.15
38	756,164,863.07	0.0135	10,193,694.92	0.0105	7,911,041.37	0.8273	625,583,862.50
39	657,208,614.53	0.0120	7,910,434.95	0.0093	6,098,247.86	0.8262	542,980,681.07
40	471,931,184.81	0.0107	5,071,749.20	0.0082	3,883,874.28	0.8251	389,391,779.14
41	455,996,364.55	0.0096	4,375,447.23	0.0073	3,328,377.13	0.8240	375,760,049.78
42	400,652,217.22	0.0086	3,432,500.41	0.0065	2,593,721.62	0.8230	329,739,796.32
43	329,651,293.91	0.0076	2,521,620.98	0.0057	1,892,758.73	0.8220	270,973,003.00
44	-603,705,105.05	0.0068	-4,123,175.79	0.0051	-3,074,326.47	0.8210	-495,650,737.71
45	-765,054,277.12	0.0061	-4,665,317.74	0.0045	-3,455,429.57	0.8201	-627,385,560.17
46	-804,129,116.77	0.0054	-4,378,211.58	0.0040	-3,221,218.97	0.8191	-658,674,122.71
47	-933,373,206.00	0.0049	-4,537,412.51	0.0036	-3,316,152.17	0.8182	-763,683,460.31
48	-1,055,568,977.25	0.0043	-4,581,645.99	0.0032	-3,326,215.65	0.8173	-862,716,616.53
49	-1,060,988,016.93	0.0039	-4,111,756.31	0.0028	-2,965,233.69	0.8164	-866,214,280.33
50	-1,229,931,457.68	0.0035	-4,255,785.95	0.0025	-3,048,695.28	0.8156	-1,003,086,796.22
51	-1,398,682,886.50	0.0031	-4,321,157.59	0.0022	-3,074,942.73	0.8147	-1,139,537,612.78
52	-1,434,280,256.85	0.0028	-3,956,369.47	0.0019	-2,796,639.28	0.8139	-1,167,357,630.21
53	-1,480,740,371.73	0.0025	-3,646,898.83	0.0017	-2,560,743.11	0.8131	-1,203,975,634.44
54	-1,643,704,616.18	0.0022	-3,614,519.32	0.0015	-2,521,131.69	0.8123	-1,335,178,986.91
55	-1,671,594,487.30	0.0020	-3,282,008.36	0.0014	-2,273,983.71	0.8115	-1,356,536,053.36
56	-1,682,170,052.74	0.0018	-2,948,903.95	0.0012	-2,029,602.45	0.8108	-1,363,837,059.87
57	-1,096,826,240.41	0.0016	-1,716,763.77	0.0011	-1,173,717.49	0.8100	-888,443,512.93
	VPN		21,112,249,380.52		20,052,215,574.49		57,313,877,893.18

El VPN para cada uno de los modelos queda resumida de la siguiente manera:

Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
21,112,249,380.52	20,052,215,574.49	57,313,877,893.18

El VPN, al evaluar con el interés compuesto o con el interés continuo, ahora ya es positivo y por lo tanto el proyecto es rentable así que tenemos que aceptarlo, al evaluar con el descuento hiperbólico podemos observar que el VPN es positivo y de acuerdo a los criterios el proyecto es rentable y tenemos que aceptarlo.

A continuación se mostrará gráficamente el comportamiento a lo largo del tiempo de los modelos y sus factores:



Se realizaron tres evaluaciones con los mismos beneficios netos, el primer caso se asemeja a la realidad, y los otros dos casos pueden parecer idealista, ya que se ordenaron los beneficios netos, pero para este análisis servirán a manera de ejemplo.

Resumiendo los datos obtenidos en una tabla quedaría de la siguiente forma:

Valor Presente Neto			
	Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
a) Primer Caso	-3,391,254,699.82	-3,675,663,454.32	52,639,618,198.98
b) Segundo Caso	-7,258,974,503.95	-7,262,733,734.11	51,409,248,871.41
c) Tercer Caso	21,112,249,380.52	20,052,215,574.49	57,313,877,893.18

Interpretando los datos obtenidos podemos observar que al evaluar con el Interés Compuesto y con el Interés Continuo en los dos primeros casos el proyecto no es rentable y en el tercer caso el proyecto es rentable, aún teniendo las mismas cifras pero ubicadas en distintos periodos de tiempo vemos que las variaciones entre un caso y otro son grandes, a tal grado que se puede aceptar o rechazar un proyecto, y estas variaciones fluctúan para el interés compuesto de -3,391,254,699.82 a 21,112,249,380.52 y para el interés Continuo de -3,675,663,454.32 a 20,052,215,574.49, estos saltos tan grandes se deben a que después de cierto periodo de tiempo (20 años para estos casos), el valor presente de los años subsecuentes es muy cercano a cero, y el resultado de la evaluación va a depender de donde se carguen los Costos y los Beneficios, para entender esto de una mejor manera en este mismo capítulo se presentará el primer criterio pero dividiendo ahora los costos y los beneficios de los beneficios netos.

En lo correspondiente al Descuento Hiperbólico, observamos que en los tres casos el VPN conserva una misma tendencia, es decir los valores no son iguales, pero la diferencia entre cada uno de ellos es mínima, en comparación con el

Interés Compuesto y el Interés Continuo, por lo que el descuento hiperbólico evalúa de una manera equivalente tanto al presente y al futuro, sin importar en donde se carguen los beneficio y los costos, obteniendo resultados semejantes, permitiendo así una sustentabilidad en el proyecto evaluado, en un horizonte de planeación largo.

5.4.3 Aplicación de los distintos factores en la evaluación (Beneficios y Costos)

Para poder comprender mejor la influencia que tienen los beneficios y los costos dentro de la evaluación en un periodo de tiempo, se separaron de los beneficios netos y se evaluaron con los distintos factores de descuento, la manera de evaluar es muy similar a la rescrita anteriormente, solo que ahora se obtuvo el Valor Presente Neto de los Costos, a partir de los Costos Totales, para cada año, y el Valor Presente Neto de los Beneficios, a partir de los Beneficios Totales, y con su diferencia obtener el Valor Presente Neto.

A continuación se muestran las tablas de esta evaluación utilizando el interés compuesto, interés continuo y el descuento hiperbólico:

Aplicación del Descuento Hiperbólico
como Propuesta para la Sustentabilidad de Proyectos

Interés Compuesto

Años	COSTOS TOTALES (\$)	BENEFICIOS TOTALES (\$)	VPN (COSTOS)	VPN (BENEFICIOS)	VPN (Beneficios Netos)
1	2,256,436,700.77	1,200,867,723.52	2,014,675,625.68	1,072,203,324.57	-942,472,301.12
2	2,407,411,444.06	763,706,827.88	1,919,173,663.95	608,822,407.43	-1,310,351,256.52
3	2,932,301,617.46	1,250,131,564.72	2,087,154,371.94	889,818,954.93	-1,197,335,417.00
4	2,062,989,761.62	1,297,935,484.49	1,311,067,289.07	824,861,465.00	-486,205,824.07
5	924,301,044.63	1,324,953,261.85	524,473,235.49	751,814,063.35	227,340,827.86
6	2,390,634,874.95	1,160,703,417.27	1,211,170,027.02	588,048,473.65	-623,121,553.38
7	2,509,363,492.59	1,028,623,120.86	1,135,108,606.87	465,296,861.60	-669,811,745.27
8	2,729,976,595.85	1,058,382,108.55	1,102,591,759.84	427,462,782.44	-675,128,977.40
9	2,388,005,497.66	1,327,017,480.73	861,138,722.17	478,535,806.88	-382,602,915.29
10	2,291,961,576.28	1,358,588,370.27	737,950,286.86	437,429,094.77	-300,521,192.08
11	2,669,500,476.66	1,270,817,590.16	767,417,596.92	365,329,689.84	-402,087,907.08
12	1,030,570,656.07	1,360,221,949.99	264,521,818.93	349,135,095.44	84,613,276.50
13	1,922,242,371.49	1,118,113,254.73	440,528,338.72	256,242,699.63	-184,285,639.10
14	2,277,670,260.91	843,390,004.06	466,056,461.99	172,574,304.59	-293,482,157.39
15	1,000,450,122.94	2,421,458,524.08	182,778,497.04	442,391,419.16	259,612,922.11
16	1,006,632,067.79	3,630,288,093.12	164,203,495.76	592,178,626.72	427,975,130.96
17	631,411,655.20	2,903,641,108.08	91,961,534.38	422,898,895.49	330,937,361.11
18	742,234,456.47	2,613,756,238.29	96,519,864.49	339,891,789.89	243,371,925.40
19	704,532,672.63	2,729,655,971.02	81,801,017.83	316,931,556.81	235,130,538.98
20	1,013,848,830.96	3,050,535,318.30	105,102,428.59	316,239,128.21	211,136,699.63
21	920,967,547.93	3,106,301,670.90	85,244,398.61	287,518,076.42	202,273,677.81
22	993,795,903.91	3,675,846,264.01	82,129,788.35	303,781,163.20	221,651,374.85
23	1,000,992,900.49	3,655,017,029.82	73,861,219.84	269,696,234.82	195,835,014.99
24	1,005,069,383.09	3,716,371,445.83	66,216,084.96	244,842,367.64	178,626,282.68
25	1,035,414,927.56	3,693,865,086.29	60,906,529.69	217,285,358.33	156,378,828.64
26	538,771,561.85	3,088,062,098.26	28,296,718.52	162,187,520.94	133,890,802.42
27	1,016,878,689.32	3,226,500,513.45	47,685,082.01	151,302,159.43	103,617,077.43
28	1,001,088,606.83	3,726,806,924.61	41,914,846.89	156,038,676.85	114,123,829.96
29	875,822,422.66	3,352,358,278.35	32,741,110.25	125,322,130.56	92,581,020.31
30	992,044,191.57	3,737,449,361.39	33,112,375.51	124,748,300.29	91,635,924.78
31	787,107,799.01	3,430,191,891.84	23,457,164.46	102,225,610.59	78,768,446.12
32	797,444,463.54	3,180,545,637.07	21,218,941.81	84,630,110.15	63,411,168.34
33	983,857,573.15	3,710,276,340.44	23,374,239.24	88,147,806.34	64,773,567.10
34	824,856,703.83	3,551,922,974.54	17,497,086.45	75,344,363.52	57,847,277.07
35	970,037,756.49	3,380,523,683.43	18,372,059.58	64,025,531.06	45,653,471.49
36	462,696,937.15	2,634,274,837.56	7,824,341.70	44,546,364.61	36,722,022.91
37	877,146,928.38	3,194,924,569.99	13,243,583.32	48,238,497.30	34,994,913.98
38	1,029,595,134.17	3,447,495,508.81	13,879,749.24	46,474,941.05	32,595,191.81
39	647,218,139.84	2,682,755,495.60	7,790,185.46	32,290,755.71	24,500,570.25
40	805,332,769.29	3,628,501,640.82	8,654,748.74	38,994,774.84	30,340,026.10
41	722,823,173.03	2,750,253,090.65	6,935,745.32	26,389,656.17	19,453,910.85
42	917,858,349.47	2,632,232,366.68	7,863,551.05	22,551,076.22	14,687,525.17
43	875,049,785.20	2,569,999,039.29	6,693,569.66	19,658,844.44	12,965,274.78
44	674,148,191.08	1,928,144,870.31	4,604,286.89	13,168,814.01	8,564,527.12
45	658,082,434.45	1,993,508,655.80	4,013,001.10	12,156,459.44	8,143,458.35
46	627,031,065.99	1,383,195,929.06	3,413,972.48	7,531,034.88	4,117,062.41
47	996,330,752.00	1,825,669,041.34	4,843,468.39	8,875,135.36	4,031,666.97
48	1,011,027,867.38	2,120,331,781.71	4,388,317.46	9,203,197.35	4,814,879.88
49	1,007,853,107.52	2,648,181,199.02	3,905,837.12	10,262,769.79	6,356,932.67
50	846,636,783.62	2,241,981,302.87	2,929,516.85	7,757,661.99	4,828,145.14
51	811,229,555.74	1,928,253,543.19	2,506,251.26	5,957,238.42	3,450,987.16
52	593,277,593.07	1,924,068,216.66	1,636,517.93	5,307,417.92	3,670,900.00
53	538,605,614.36	1,010,536,799.17	1,326,525.72	2,488,839.73	1,162,314.02
54	497,638,654.44	1,154,847,268.97	1,094,311.30	2,539,518.19	1,445,206.89
55	927,942,897.31	1,383,939,261.85	1,821,922.94	2,717,226.14	895,303.19
56	1,786,786,737.80	1,183,081,632.76	3,132,300.72	2,073,984.20	-1,058,316.53
57	2,266,287,110.14	1,169,460,869.73	3,547,216.01	1,830,452.24	-1,716,763.77
		VPN	16,337,471,210.37	12,946,216,510.56	-3,391,254,699.82

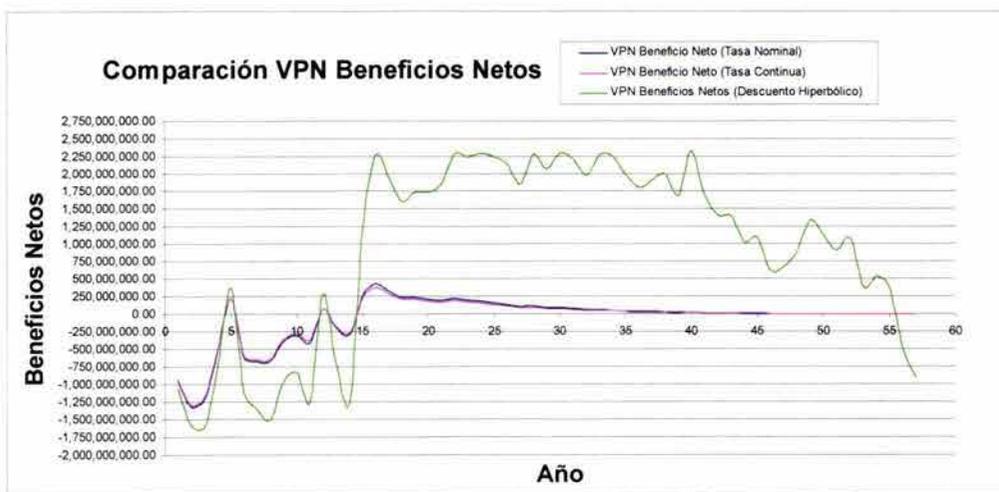
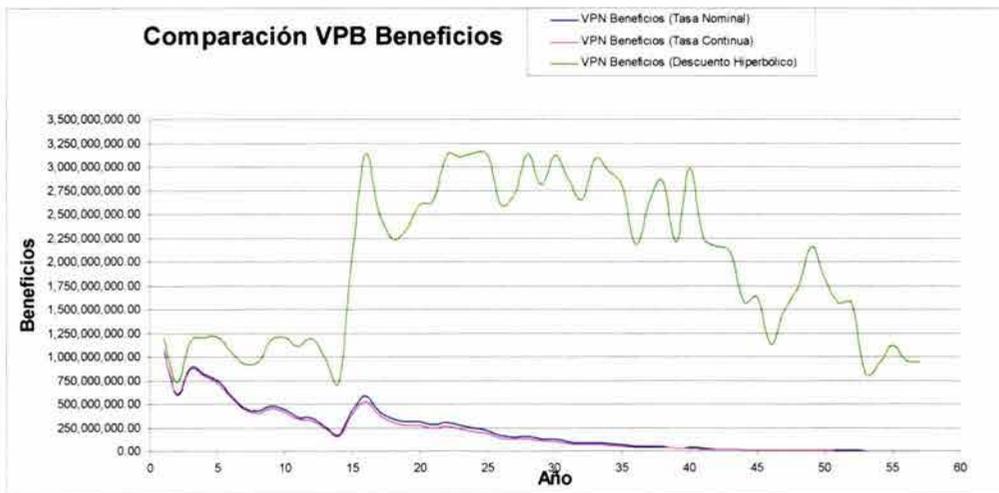
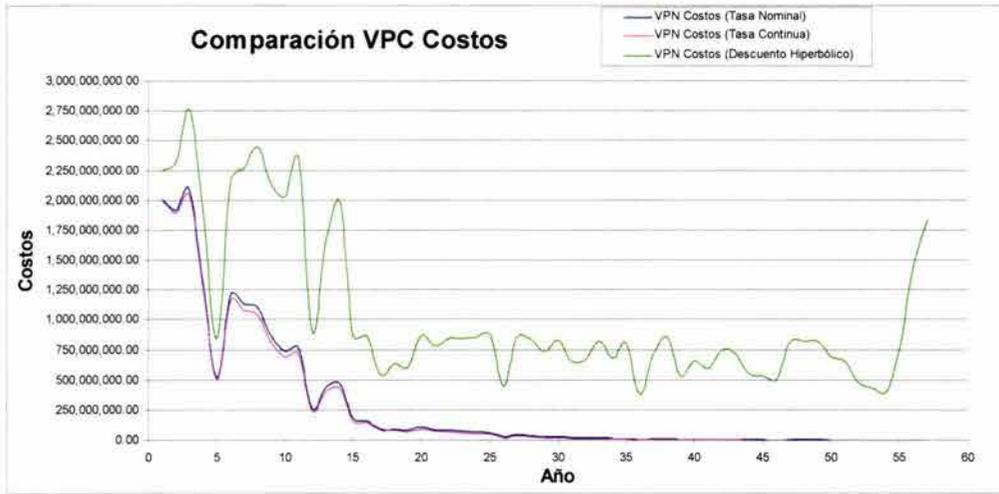
Interés Continuo

Años	COSTOS TOTALES (\$)	BENEFICIOS TOTALES (\$)	VPN (COSTOS)	VPN (BENEFICIOS)	VPN (Beneficios Netos)
1	2,256,436,700.77	1,200,867,723.52	2,001,279,824.07	1,065,074,125.78	-936,205,698.29
2	2,407,411,444.06	763,706,827.88	1,893,736,914.95	600,753,068.50	-1,292,983,846.45
3	2,932,301,617.46	1,250,131,564.72	2,045,797,419.40	872,187,197.18	-1,173,610,222.22
4	2,062,989,761.62	1,297,935,484.49	1,276,543,801.95	803,140,921.44	-473,402,880.52
5	924,301,044.63	1,324,953,261.85	507,267,168.55	727,149,767.39	219,882,598.84
6	2,390,634,874.95	1,160,703,417.27	1,163,646,918.56	564,975,006.86	-598,671,911.70
7	2,509,363,492.59	1,028,623,120.86	1,083,318,626.86	444,067,425.92	-639,251,200.94
8	2,729,976,595.85	1,058,382,108.55	1,045,288,617.43	405,246,980.01	-640,041,637.42
9	2,388,005,497.66	1,327,017,480.73	810,955,982.22	450,649,198.91	-360,306,783.31
10	2,291,961,576.28	1,358,588,370.27	690,325,560.70	409,198,953.50	-281,126,607.20
11	2,669,500,476.66	1,270,817,590.16	713,117,815.93	339,480,240.69	-373,637,575.24
12	1,030,570,656.07	1,360,221,949.99	244,170,795.71	322,274,337.92	78,103,542.21
13	1,922,242,371.49	1,118,113,254.73	403,932,459.84	234,955,926.51	-168,976,533.34
14	2,277,670,260.91	843,390,004.06	424,498,462.63	157,185,948.41	-267,312,514.22
15	1,000,450,122.94	2,421,458,524.08	165,373,293.04	400,264,401.91	234,891,108.86
16	1,006,632,067.79	3,630,288,093.12	147,579,269.44	532,225,508.99	384,646,239.55
17	631,411,655.20	2,903,641,108.08	82,101,643.56	377,556,710.14	295,455,066.58
18	742,234,456.47	2,613,756,238.29	85,598,278.53	301,431,754.54	215,833,476.01
19	704,532,672.63	2,729,655,971.02	72,062,565.53	279,200,695.60	207,138,130.08
20	1,013,848,830.96	3,050,535,318.30	91,974,290.89	276,738,320.51	184,764,029.62
21	920,967,547.93	3,106,301,670.90	74,100,686.74	249,931,810.89	175,831,124.15
22	993,795,903.91	3,675,846,264.01	70,918,537.38	262,313,056.09	191,394,518.71
23	1,000,992,900.49	3,655,017,029.82	63,354,610.79	231,332,491.20	167,977,880.41
24	1,005,069,383.09	3,716,371,445.83	56,419,331.45	208,617,629.71	152,198,298.26
25	1,035,414,927.56	3,693,865,086.29	51,550,273.79	183,906,713.59	132,356,439.81
26	538,771,561.85	3,088,062,098.26	23,790,626.60	136,360,078.16	112,569,451.57
27	1,016,878,689.32	3,226,500,513.45	39,824,930.32	126,362,327.65	86,537,397.33
28	1,001,088,606.83	3,726,806,924.61	34,773,071.98	129,451,603.56	94,678,531.58
29	875,822,422.66	3,352,358,278.35	26,981,821.37	103,277,479.41	76,295,658.04
30	992,044,191.57	3,737,449,361.39	27,106,340.15	102,121,029.01	75,014,688.87
31	787,107,799.01	3,430,191,891.84	19,074,745.09	83,127,160.01	64,052,414.92
32	797,444,463.54	3,180,545,637.07	17,139,953.39	68,361,379.98	51,221,426.59
33	983,857,573.15	3,710,276,340.44	18,755,389.36	70,729,421.93	51,974,032.57
34	824,856,703.83	3,551,922,974.54	13,946,236.39	60,054,015.69	46,107,779.30
35	970,037,756.49	3,380,523,683.43	14,546,275.70	50,692,902.59	36,146,626.89
36	462,696,937.15	2,634,274,837.56	6,153,815.38	35,035,548.56	28,881,733.18
37	877,146,928.38	3,194,924,569.99	10,346,771.24	37,687,133.80	27,340,362.56
38	1,029,595,134.17	3,447,495,508.81	10,771,684.98	36,067,901.22	25,296,216.24
39	647,218,139.84	2,682,755,495.60	6,005,546.11	24,893,325.50	18,887,779.39
40	805,332,769.29	3,628,501,640.82	6,627,684.98	29,861,650.67	23,233,965.69
41	722,823,173.03	2,750,253,090.65	5,275,980.92	20,074,457.17	14,798,476.25
42	917,858,349.47	2,632,232,366.68	5,941,983.95	17,040,409.86	11,098,425.91
43	875,049,785.20	2,569,999,039.29	5,024,273.08	14,756,162.68	9,731,889.60
44	674,148,191.08	1,928,144,870.31	3,433,053.01	9,818,944.31	6,385,891.30
45	658,082,434.45	1,993,508,655.80	2,972,282.58	9,003,843.20	6,031,560.62
46	627,031,065.99	1,383,195,929.06	2,511,791.11	5,540,872.57	3,029,081.46
47	996,330,752.00	1,825,669,041.34	3,539,832.05	6,486,361.86	2,946,529.81
48	1,011,027,867.38	2,120,331,781.71	3,185,861.64	6,681,402.07	3,495,540.43
49	1,007,853,107.52	2,648,181,199.02	2,816,733.02	7,401,097.82	4,584,364.80
50	846,636,783.62	2,241,981,302.87	2,098,602.77	5,557,316.03	3,458,713.26
51	811,229,555.74	1,928,253,543.19	1,783,452.45	4,239,180.50	2,455,728.05
52	593,277,593.07	1,924,068,216.66	1,156,805.59	3,751,655.04	2,594,849.45
53	538,605,614.36	1,010,536,799.17	931,446.62	1,747,588.70	816,142.08
54	497,638,654.44	1,154,847,268.97	763,283.48	1,771,317.07	1,008,033.59
55	927,942,897.31	1,383,939,261.85	1,262,343.86	1,882,666.74	620,322.88
56	1,786,786,737.80	1,183,081,632.76	2,155,826.48	1,427,433.20	-728,393.28
57	2,266,287,110.14	1,169,460,869.73	2,425,161.54	1,251,444.05	-1,173,717.49
		VPN	15,588,036,757.12	11,912,373,302.80	-3,675,663,454.32

Descuento Hiperbólico

Años	COSTOS TOTALES (\$)	BENEFICIOS TOTALES (\$)	VPN (COSTOS)	VPN (BENEFICIOS)	VPN (Beneficios Netos)
1	2,256,436,700.77	1,200,867,723.52	2,256,436,700.77	1,200,867,723.52	-1,055,568,977.25
2	2,407,411,444.06	763,706,827.88	2,321,999,066.32	736,611,328.18	-1,585,387,738.15
3	2,932,301,617.46	1,250,131,564.72	2,769,129,744.18	1,180,566,309.89	-1,588,563,434.29
4	2,062,989,761.62	1,297,935,484.49	1,919,201,227.74	1,207,470,546.73	-711,730,681.01
5	924,301,044.63	1,324,953,261.85	849,936,315.67	1,218,354,020.43	368,417,704.76
6	2,390,634,874.95	1,160,703,417.27	2,177,507,379.41	1,057,225,544.10	-1,120,281,835.31
7	2,509,363,492.59	1,028,623,120.86	2,267,362,740.06	929,423,634.60	-1,337,939,105.46
8	2,729,976,595.85	1,058,382,108.55	2,449,593,856.04	949,680,782.75	-1,499,913,073.29
9	2,388,005,497.66	1,327,017,480.73	2,129,632,429.66	1,183,439,261.11	-946,193,168.55
10	2,291,961,576.28	1,358,588,370.27	2,032,787,562.17	1,204,959,790.68	-827,827,771.49
11	2,669,500,476.66	1,270,817,590.16	2,355,903,357.70	1,121,529,459.86	-1,234,373,897.84
12	1,030,570,656.07	1,360,221,949.99	905,390,383.16	1,194,999,940.30	289,609,557.14
13	1,922,242,371.49	1,118,113,254.73	1,681,723,573.51	978,210,368.38	-703,513,205.14
14	2,277,670,260.91	843,390,004.06	1,984,997,671.09	735,017,365.16	-1,249,980,305.93
15	1,000,450,122.94	2,421,458,524.08	868,766,465.30	2,102,735,473.36	1,233,969,008.06
16	1,006,632,067.79	3,630,288,093.12	871,199,548.57	3,141,868,264.58	2,270,668,716.01
17	631,411,655.20	2,903,641,108.08	544,737,574.86	2,505,057,362.28	1,960,319,787.42
18	742,234,456.47	2,613,756,238.29	638,443,045.94	2,248,257,918.47	1,609,814,872.53
19	704,532,672.63	2,729,655,971.02	604,308,165.25	2,341,344,064.94	1,737,035,899.69
20	1,013,848,830.96	3,050,535,318.30	867,300,480.46	2,609,590,963.10	1,742,290,482.64
21	920,967,547.93	3,106,301,670.90	785,844,145.48	2,650,548,314.83	1,864,704,169.34
22	993,795,903.91	3,675,846,264.01	845,933,825.26	3,128,934,904.00	2,283,001,078.73
23	1,000,992,900.49	3,655,017,029.82	850,088,402.10	3,104,005,617.84	2,253,917,215.74
24	1,005,069,383.09	3,716,371,445.83	851,659,251.27	3,149,118,037.26	2,297,458,785.99
25	1,035,414,927.56	3,693,865,086.29	875,508,377.52	3,123,395,020.08	2,247,886,642.56
26	538,771,561.85	3,088,062,098.26	454,634,982.56	2,605,818,787.78	2,151,183,805.22
27	1,016,878,689.32	3,226,500,513.45	856,393,061.17	2,717,288,385.14	1,860,895,323.97
28	1,001,088,606.83	3,726,806,924.61	841,498,583.18	3,132,692,476.43	2,291,193,893.24
29	875,822,422.66	3,352,358,278.35	734,856,760.67	2,812,788,393.29	2,077,931,632.62
30	992,044,191.57	3,737,449,361.39	830,903,035.29	3,130,362,583.66	2,299,459,548.36
31	787,107,799.01	3,430,191,891.84	658,129,559.17	2,868,108,638.33	2,209,979,079.17
32	797,444,463.54	3,180,545,637.07	665,670,096.12	2,654,973,752.71	1,989,303,656.59
33	983,857,573.15	3,710,276,340.44	819,963,208.08	3,092,205,796.85	2,272,242,588.77
34	824,856,703.83	3,551,922,974.54	686,380,548.18	2,955,629,537.88	2,269,248,989.70
35	970,037,756.49	3,380,523,683.43	805,970,248.77	2,808,758,211.62	2,002,787,962.85
36	462,696,937.15	2,634,274,837.56	383,874,615.18	2,185,515,308.91	1,801,640,693.74
37	877,146,928.38	3,194,924,569.99	726,682,972.92	2,646,873,869.88	1,920,190,896.96
38	1,029,595,134.17	3,447,495,508.81	851,795,861.33	2,852,152,568.40	2,000,356,707.07
39	647,218,139.84	2,682,755,495.60	534,726,628.05	2,216,471,868.96	1,681,745,240.92
40	805,332,769.29	3,628,501,640.82	664,482,386.26	2,993,887,149.23	2,329,404,762.98
41	722,823,173.03	2,750,253,090.65	595,636,484.40	2,266,323,415.26	1,670,686,930.85
42	917,858,349.47	2,632,232,366.68	755,404,343.69	2,166,347,088.91	1,410,942,745.22
43	875,049,785.20	2,569,999,039.29	719,289,966.25	2,112,536,399.05	1,393,246,432.81
44	674,148,191.08	1,928,144,870.31	553,485,543.60	1,583,035,192.84	1,029,549,649.24
45	658,082,434.45	1,993,508,655.80	539,662,909.05	1,634,784,069.74	1,095,121,160.69
46	627,031,065.99	1,383,195,929.06	513,610,474.60	1,132,996,363.53	619,385,888.93
47	996,330,752.00	1,825,669,041.34	815,195,156.03	1,493,757,525.82	678,562,369.80
48	1,011,027,867.38	2,120,331,781.71	826,313,163.58	1,732,947,348.84	906,634,185.27
49	1,007,853,107.52	2,648,181,199.02	822,833,755.21	2,162,034,193.48	1,339,200,438.27
50	846,636,783.62	2,241,981,302.87	690,485,777.51	1,828,477,374.28	1,137,991,596.77
51	811,229,555.74	1,928,253,543.19	660,926,504.71	1,570,990,437.26	910,063,932.55
52	593,277,593.07	1,924,068,216.66	482,867,362.77	1,565,995,002.05	1,083,127,639.27
53	538,605,614.36	1,010,536,799.17	437,935,001.06	821,657,670.13	383,722,669.07
54	497,638,654.44	1,154,847,268.97	404,231,190.90	938,080,839.73	533,849,648.84
55	927,942,897.31	1,383,939,261.85	753,046,271.22	1,123,097,448.95	370,051,177.73
56	1,786,786,737.80	1,183,081,632.76	1,448,656,137.43	959,195,874.98	-489,460,262.45
57	2,266,287,110.14	1,169,460,869.73	1,835,722,019.81	947,278,506.89	-888,443,512.93
		VPN	60,076,655,898.27	112,716,274,097.25	52,639,618,198.98

Para poder observar su comportamiento, se presentan estos resultados gráficamente:



Como se puede observar, tanto los costos como los beneficios tienden a cero conforme el tiempo avanza, y llegan a convertirse en valores muy cercanos a cero, ahora bien en esta evaluación el Valor Presente de los Costos es mayor al Valor Presente de los Beneficios, por lo que al calcular el Valor Presente de los Beneficios Netos obtenemos valores negativos, esto nos indica que si se cargan los costos en los primeros años y en esos primeros años los beneficios son menores, el proyecto tiende a no ser rentable, ya que los beneficios de los años subsecuentes no importan, es decir, tienden a cero.

Con esta separación de los beneficios y costos, podemos observar como con el interés compuesto y el interés continuo, desprecian al futuro, y prácticamente dependen de los beneficios y costos que se tengan en los primeros años de la evaluación.

Con lo que respecta al descuento hiperbólico, se puede observar que realiza una mejor representación a lo largo de tiempo, ya que entre el presente y el futuro existe una igualdad, caso contrario a como trabaja el interés compuesto y el continuo.

Estos casos fueron evaluados en un horizonte de planeación de 57 años, un periodo no muy grande, como los expuestos en la problemática ambiental que pueden llegar a ser de mas de 100 años, por lo que debemos de tener en cuenta que la manera actual de evaluar no va de acuerdo con las políticas planteadas para el desarrollo sustentable y en necesario utilizar nuevas herramientas para le evaluación de proyectos como el *Descuento Hiperbólico*, que permitan dar una equidad entre el presente y el futuro.

Conclusiones y Recomendaciones

- El hombre, ya está tomando conciencia de los problemas ambientales, de su duración y de sus posibles consecuencias, si no les pone un freno.
- El Desarrollo Sustentable a permitido que los individuos se preocupen por el impacto de la problemática ambiental en el horizonte de planeación, para así conocer los límites de los recursos naturales y del medio ambiente en los modelos de desarrollo y consumo.
- Se ha creado una conciencia por el bienestar de las generaciones futuras, y particularmente que tan lejos afecta su acceso a los recursos naturales y los bienes ambientales.
- El Descuento Hiperbólico es consistente con un conjunto de resultados muy generales que encuentran que las respuestas humanas al cambio de estímulos son no lineales e inversamente proporcionales al nivel existente de estímulos.
- Podemos decir que el Descuento Hiperbólico nos describe un determinado cambio en el momento futuro (por ejemplo, aplazamiento de un año) y que este conduce a una respuesta más pequeña en términos de decremento en la ponderación, cuanto más alejado esté el suceso en el futuro.
- Si aceptamos que la reacción humana ante el aplazamiento de un ingreso o un costo para un período dado de tiempo es, en efecto, inversamente proporcional a su distancia inicial en el futuro, entonces la ley de Weber-Fechner puede ser aplicada a las respuestas a la distancia en el tiempo, así como a la intensidad de la luz o el sonido, con el resultado de que el ratio de descuento es inversamente proporcional a la distancia en el futuro.

Dicho de otra manera, reaccionamos más a incrementos proporcionales que a incrementos absolutos de la distancia en el tiempo.

- Como pudimos observar las herramientas actualmente empleadas nos permiten evaluar proyectos a corto plazo, pero al incrementar esos períodos de tiempo prácticamente descuentan el futuro.
- Se ha mostrado que, las razones que harían, desde el punto de vista del bienestar social, lo que ocurra dentro de cincuenta años tiene ahora, en el momento de tomar la decisión, un valor menor que si hubiera ocurrido hoy.
- La práctica tradicional de utilizar una única tasa de descuento no es correcta cuando, como es el caso de muchos cambios en la calidad del medioambiente, éstos perduren en el muy largo plazo. Es su lugar, debería utilizarse una tasa de descuento que va decreciendo con el paso del tiempo.

Bibliografía

Arrow, K. J. 1953. *Social Choice and Individual Values*. Cowles Foundation Monographs. New York: Wiley 1964. *Aspects of the Theory of Risk-Bearing*. Yrjo Jahnsson Lectures, Yrjo Jahonssonin Saatio, Helsinki .

Asheim, G. 1988. "Rawlsian Intergenerational Justice as a Markov-Perfect Equilibrium in a Resource Economy." *Review of Economic Studies* 55 (3):469-84. 1991 . "Unjust Intergenerational Allocations." *Journal of Economic Theory* 54 (2): 350-71 .

Beltratti, A., G. Chichilnisky, and G. M. Heal. 1995. "The Green Golden Rule: Valuing the Long Run." *Economics Letters* 49 (2):175-79.

Broome, J. 1992. *Counting the Cost of Global Warming*. London: White Horse Press.

Brundtland, G. H. 1987. *The U.N. World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford : Oxford University Press.

Chichilnisky, G. 1977a. "Economic Development and Efficiency Criteria in the Satisfaction of Basic Needs.", "Development Patterns and the International Order." *Journal of International Affairs*. 1982.

Chichilnisky, G., and G. Heal. 1983. "Necessary and Sufficient Conditions for a Resolution of the Social Choice Paradox." *Journal of Economic Theory* .

Chichilnisky, G, "What is sustainable development?" Workin Paper, Stanford Institute for Theoretical Economics, 1993

Chichilnisky, G., and P. J. Kalman. 1980. "Application of Functional Analysis to Models of Efficient Allocation of Economic Resources." *Journal of Optimization Theory and Applications* 30:19-32.

Cline, W. R. 1992. *The Economics of Global Warming*. Washington, DC: Institute for International Economics.

Cropper, M. L., S. K. Aydede, and P. Portney. 1994. "Preferences for Life Saving Programs : How the Public Discounts Time and Age." *Journal of Risk and Uncertainty* 8 :243-65.

Dasgupta, P., and G. Heal. 1979. *Economic Theory and Exhaustible Resources*. Cambridge: Cambridge University Press.

Debreu, G. 1954. "Valuation Equilibrium and Pareto Optimum." Proceedings of the National Academy of Sciences 40 (July) :588-92.

Dutta, P. 1991 . "What Do Discounted Optima Converge To? Journal of Economic Theory 55 :64-94 .

Hammond, P. J. 1993. "Is There Anything New in the Concept of Sustainable Development?" Paper presented at the conference The Environmental after Rio, Courmayeur, Italy, 10-12 February .

Heal, G. 1995 . Valuing the Future : Economic Theory and Sustainability, book manuscript; also Working Paper University of Oslo, 1995.

Herrera, A., H. Scolnik, G. Chichilnisky et al . 1976. Catastrophe or New Society: A Latin American World Model (The Bariloche Model).

Lauwers, L. 1993. "Infinite Chichilnisky Rules." Discussion Paper, Katholik Universitaet, Leuven, March; Economics Letters, April 1993, 42 (4):349-52. 1997. "A Note on Weak –Chichilnisky Rules." Social Choice and Welfare 14 (2):357-59.

Lowenstein, G., and J. Elster, eds. 1992. Choice Over Time. New York: Russell Sage Foundation

Solow, R. 1992. "An Almost Practical Step Toward Sustainability ." Lecture on the Occasion of the Fortieth Anniversary of Resources for the Future, Washington, DC, October.

AZQUETA, D. (1994). *Valoración Económica de la Calidad Ambiental*. McGraw Hill.

BARRO, R. J. y X. SALA-I-MARTIN (1995). *Economic Growth*. McGraw-Hill, Inc.

CROPPER, M. L. y D. LAIBSON (1999). "The Implications of Hyperbolic Discounting for Project Evaluation", en Paul R. Portney y John P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity*. Washington, DC: *Resources for the Future*, pp. 163-72.

DASGUPTA, P. (2001). *Human Well Being and the Natural Environment*, Oxford University Press.

EDWARDS, G. (2002). "The Effect of Choosing Between a Constant or a Declining Discount Rate on Optimal Investment Timing". *Documento de Trabajo N° 227*. Instituto de Economía, Pontificia Universidad Católica de Chile.

NEWELL, R. y W. PIZER (2001). "Discounting the Distant Future: How Much do Uncertain Rates Increase Valuations?". *Resources for the Future, Discussion Paper* 00-45.

NORDHAUS, W. D. (1999). "Discounting and Public Policies that Affect the Distant Future", en P.

R. Portney y J. P. Weyant (eds.), *Discounting and Intergenerational Equity*. Resources for the Future.

STROTZ, R. H. (1955-1956). "Myopia and Inconsistency in Dynamic Utility Maximization", *Review of Economic Studies*, 23 (3), pp. 165-180.

TURNER, R. K.; D. PEARCE e I. BATEMAN (1993). *Environmental Economics: An Elementary Introduction*. The Johns Hopkins University Press.

TURNOVSKY, S. (2000). *Methods of Macroeconomic Dynamics*, MIT Press, segunda edición.

WEITZMAN, M. L. (2001). "Gamma Discounting". *American Economic Review*, 91 (1), pp. 260-71.

ANEXO

1. Para el cálculo de los factores de descuento se utilizaron las siguientes fórmulas:

Interés Compuesto

$$P = F \frac{1}{(1+i)^n}$$

Siendo el factor de descuento:

$$\frac{1}{(1+i)^n}$$

Interés Continuo

$$F = Pe^{-rt}$$

Siendo el factor de descuento:

$$e^{-rt}$$

Descuento Hiperbólico

$$P = Fe^{-K \log t}$$

Siendo el factor de descuento:

$$e^{-K \log t}$$

Cuyos valores se sustituyeron para obtener los factores de descuento respectivos a distintas tasas de interés, que se muestran en las siguientes tablas.

Aplicación del Descuento Hiperbólico
como Propuesta para la Sustentabilidad de Proyectos

Interés	6%		
Tiempo	Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
1	0.9433962	0.9417645	1.0000000
2	0.8899964	0.8869204	0.9821003
3	0.8396193	0.8352702	0.9717766
4	0.7920937	0.7866279	0.9645211
5	0.7472582	0.7408182	0.9589290
6	0.7049605	0.6976763	0.9543841
7	0.6650571	0.6570468	0.9505582
8	0.6274124	0.6187834	0.9472565
9	0.5918985	0.5827483	0.9443537
10	0.5583948	0.5488116	0.9417645
11	0.5267875	0.5168513	0.9394285
12	0.4969694	0.4867523	0.9373009
13	0.4688390	0.4584080	0.9353480
14	0.4423010	0.4317105	0.9335435
15	0.4172651	0.4065697	0.9318867
16	0.3936483	0.3828929	0.9303009
17	0.3713644	0.3605949	0.9288324
18	0.3503438	0.3395955	0.9274500
19	0.3305130	0.3198190	0.9261443
20	0.3118047	0.3011942	0.9249073
21	0.2941554	0.2836540	0.9237321
22	0.2775051	0.2671353	0.9226131
23	0.2617973	0.2515786	0.9215450
24	0.2469785	0.2369278	0.9205236
25	0.2329986	0.2231302	0.9195449
26	0.2198100	0.2101381	0.9186056
27	0.2073680	0.1978987	0.9177027
28	0.1956301	0.1863740	0.9168334
29	0.1845567	0.1755204	0.9159955
30	0.1741101	0.1652989	0.9151866
31	0.1642548	0.1556726	0.9144050
32	0.1549574	0.1466070	0.9136488
33	0.1461862	0.1380692	0.9129165
34	0.1379115	0.1300287	0.9122066
35	0.1301052	0.1224564	0.9115179
36	0.1227408	0.1153251	0.9108490
37	0.1157932	0.1086091	0.9101989
38	0.1092389	0.1022842	0.9095666
39	0.1030555	0.0963276	0.9089512
40	0.0972222	0.0907180	0.9083517
41	0.0917190	0.0854350	0.9077675
42	0.0865274	0.0804596	0.9071976
43	0.0816296	0.0757740	0.9066416
44	0.0770091	0.0713613	0.9060986
45	0.0726501	0.0672055	0.9055681
46	0.0685378	0.0632918	0.9050497
47	0.0646583	0.0596059	0.9045426
48	0.0609964	0.0561348	0.9040465
49	0.0575457	0.0528657	0.9035609
50	0.0542884	0.0497871	0.9030854
51	0.0512154	0.0468877	0.9026195
52	0.0483164	0.0441572	0.9021629
53	0.0455816	0.0415857	0.9017152
54	0.0430015	0.0391639	0.9012761
55	0.0405674	0.0368832	0.9008453
56	0.0382712	0.0347353	0.9004224
57	0.0361049	0.0327124	0.9000072
58	0.0340612	0.0308074	0.8995994
59	0.0321332	0.0290133	0.8991988
60	0.0303143	0.0273237	0.8988051
61	0.0285984	0.0257325	0.8984180
62	0.0269797	0.0242340	0.8980375
63	0.0254525	0.0228227	0.8976631
64	0.0240118	0.0214936	0.8972948
65	0.0226526	0.0202419	0.8969324
66	0.0213704	0.0190631	0.8965756
67	0.0201608	0.0179530	0.8962244
68	0.0190196	0.0169075	0.8958784
69	0.0179430	0.0159229	0.8955377
70	0.0169274	0.0149956	0.8952020
71	0.0159692	0.0141223	0.8948712
72	0.0150653	0.0132999	0.8945451
73	0.0142125	0.0125254	0.8942236
74	0.0134081	0.0117959	0.8939067
75	0.0126491	0.0111090	0.8935941
76	0.0119331	0.0104621	0.8932857
77	0.0112577	0.0098528	0.8929815
78	0.0106204	0.0092790	0.8926813
79	0.0100193	0.0087386	0.8923850
80	0.0094522	0.0082297	0.8920925

Aplicación del Descuento Hiperbólico
como Propuesta para la Sustentabilidad de Proyectos

Interes		10%	
Tiempo	Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
1	0.9090909	0.9048374	1.0000000
2	0.8264463	0.8187308	0.9703456
3	0.7513148	0.7408182	0.9534082
4	0.6830135	0.6703200	0.9415706
5	0.6209213	0.6065307	0.9324899
6	0.5644739	0.5488116	0.9251354
7	0.5131581	0.4965853	0.9189626
8	0.4665074	0.4493290	0.9136488
9	0.4240976	0.4065697	0.9089872
10	0.3855433	0.3678794	0.9048374
11	0.3504939	0.3328711	0.9010998
12	0.3186308	0.3011942	0.8977011
13	0.2896644	0.2725318	0.8945859
14	0.2633313	0.2465970	0.8917113
15	0.2393920	0.2231302	0.8890435
16	0.2176291	0.2018965	0.8865551
17	0.1978447	0.1826835	0.8842240
18	0.1798588	0.1652989	0.8820317
19	0.1635080	0.1495688	0.8799631
20	0.1486436	0.1353353	0.8780050
21	0.1351306	0.1224564	0.8761465
22	0.1228460	0.1108032	0.8743782
23	0.1116782	0.1002588	0.8726918
24	0.1015256	0.0907180	0.8710803
25	0.0922960	0.0820850	0.8695373
26	0.0839055	0.0742736	0.8680575
27	0.0762777	0.0672055	0.8666359
28	0.0693433	0.0608101	0.8652682
29	0.0630394	0.0550232	0.8639505
30	0.0573086	0.0497871	0.8626794
31	0.0520987	0.0450492	0.8614518
32	0.0473624	0.0407622	0.8602648
33	0.0430568	0.0368832	0.8591159
34	0.0391425	0.0333733	0.8580028
35	0.0355841	0.0301974	0.8569233
36	0.0323492	0.0273237	0.8558756
37	0.0294083	0.0247235	0.8548578
38	0.0267349	0.0223708	0.8538683
39	0.0243044	0.0202419	0.8529056
40	0.0220949	0.0183156	0.8519683
41	0.0200863	0.0165727	0.8510551
42	0.0182603	0.0149956	0.8501649
43	0.0166002	0.0135686	0.8492966
44	0.0150911	0.0122773	0.8484490
45	0.0137192	0.0111090	0.8476214
46	0.0124720	0.0100518	0.8468127
47	0.0113382	0.0090953	0.8460221
48	0.0103074	0.0082297	0.8452489
49	0.0093704	0.0074466	0.8444923
50	0.0085186	0.0067379	0.8437517
51	0.0077441	0.0060987	0.8430264
52	0.0070401	0.0055166	0.8423158
53	0.0064001	0.0049916	0.8416192
54	0.0058183	0.0045166	0.8409363
55	0.0052894	0.0040868	0.8402664
56	0.0048085	0.0036979	0.8396091
57	0.0043714	0.0033460	0.8389640
58	0.0039740	0.0030276	0.8383306
59	0.0036127	0.0027394	0.8377084
60	0.0032843	0.0024788	0.8370972
61	0.0029857	0.0022429	0.8364965
62	0.0027143	0.0020294	0.8359060
63	0.0024675	0.0018303	0.8353253
64	0.0022432	0.0016616	0.8347542
65	0.0020393	0.0015034	0.8341923
66	0.0018539	0.0013604	0.8336394
67	0.0016853	0.0012309	0.8330951
68	0.0015321	0.0011138	0.8325592
69	0.0013929	0.0010078	0.8320316
70	0.0012662	0.0009119	0.8315118
71	0.0011511	0.0008251	0.8309997
72	0.0010465	0.0007466	0.8304951
73	0.0009513	0.0006755	0.8299978
74	0.0008649	0.0006113	0.8295075
75	0.0007862	0.0005531	0.8290240
76	0.0007148	0.0005005	0.8285473
77	0.0006498	0.0004528	0.8280771
78	0.0005907	0.0004097	0.8276131
79	0.0005370	0.0003707	0.8271554
80	0.0004882	0.0003355	0.8267036

Aplicación del Descuento Hiperbólico
como Propuesta para la Sustentabilidad de Proyectos

Interés		12%	
Tiempo	Interés Compuesto	Interés Continuo	Descuento Hiperbólico
1	0.8928571	0.8869204	1.0000000
2	0.7971939	0.7866279	0.9645211
3	0.7117802	0.6976763	0.9443537
4	0.6355181	0.6187834	0.9303009
5	0.5674269	0.5488116	0.9195449
6	0.5066311	0.4867523	0.9108490
7	0.4523492	0.4317105	0.9035609
8	0.4038832	0.3828929	0.8972948
9	0.3606100	0.3395955	0.8918038
10	0.3219732	0.3011942	0.8869204
11	0.2874761	0.2671353	0.8825259
12	0.2566751	0.2369278	0.8785331
13	0.2291742	0.2101361	0.8748759
14	0.2046198	0.1863740	0.8715035
15	0.1826963	0.1652989	0.8683756
16	0.1631217	0.1466070	0.8654598
17	0.1456443	0.1300287	0.8627297
18	0.1300396	0.1153251	0.8601636
19	0.1161068	0.1022842	0.8577433
20	0.1036668	0.0907180	0.8554535
21	0.0925596	0.0804596	0.8532810
22	0.0826425	0.0713613	0.8512148
23	0.0737880	0.0632918	0.8492452
24	0.0658821	0.0561348	0.8473636
25	0.0588233	0.0497871	0.8455628
26	0.0525208	0.0441572	0.8438363
27	0.0468936	0.0391639	0.8421782
28	0.0418693	0.0347353	0.8405835
29	0.0373833	0.0308074	0.8390477
30	0.0333779	0.0273237	0.8375666
31	0.0298017	0.0242340	0.8361365
32	0.0266087	0.0214936	0.8347542
33	0.0237577	0.0190631	0.8334166
34	0.0212123	0.0169075	0.8321210
35	0.0189395	0.0149956	0.8308648
36	0.0169103	0.0132999	0.8296459
37	0.0150985	0.0117959	0.8284621
38	0.0134808	0.0104621	0.8273115
39	0.0120364	0.0092790	0.8261923
40	0.0107468	0.0082297	0.8251029
41	0.0095954	0.0072991	0.8240418
42	0.0085673	0.0064737	0.8230075
43	0.0076494	0.0057417	0.8219989
44	0.0068298	0.0050924	0.8210147
45	0.0060980	0.0045166	0.8200537
46	0.0054447	0.0040058	0.8191149
47	0.0048613	0.0035529	0.8181973
48	0.0043405	0.0031511	0.8173001
49	0.0038754	0.0027948	0.8164223
50	0.0034602	0.0024788	0.8155632
51	0.0030894	0.0021985	0.8147219
52	0.0027584	0.0019499	0.8138979
53	0.0024629	0.0017294	0.8130903
54	0.0021990	0.0015338	0.8122986
55	0.0019634	0.0013604	0.8115222
56	0.0017530	0.0012065	0.8107605
57	0.0015652	0.0010701	0.8100130
58	0.0013975	0.0009491	0.8092792
59	0.0012478	0.0008418	0.8085585
60	0.0011141	0.0007466	0.8078506
61	0.0009947	0.0006622	0.8071550
62	0.0008881	0.0005873	0.8064713
63	0.0007930	0.0005209	0.8057991
64	0.0007080	0.0004620	0.8051380
65	0.0006322	0.0004097	0.8044877
66	0.0005644	0.0003634	0.8038478
67	0.0005040	0.0003223	0.8032181
68	0.0004500	0.0002859	0.8025962
69	0.0004018	0.0002535	0.8019878
70	0.0003587	0.0002249	0.8013866
71	0.0003203	0.0001994	0.8007944
72	0.0002860	0.0001769	0.8002109
73	0.0002553	0.0001569	0.7996359
74	0.0002280	0.0001391	0.7990691
75	0.0002035	0.0001234	0.7985103
76	0.0001817	0.0001095	0.7979593
77	0.0001623	0.0000971	0.7974159
78	0.0001449	0.0000861	0.7968799
79	0.0001294	0.0000764	0.7963510
80	0.0001155	0.0000677	0.7958291