03046
6
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

Unidad Académica de los Ciclos Profesional y de Postgrado

Eficiencia y Sustentabilidad Ambiental

Tesis

Maestría en Ciencias Económicas

264942

Sergio Vallejos Ortiz

Asesor: **Fidel Aroche Reyes**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

Debo confesar que no trazo ninguna distinción entre economía y ética. La economía que perjudica el bienestar de un individuo o de una nación es inmoral.

M. Gandhi

(Mi socialismo)

A Marina

A mis padres y hermanos

A mis maestros y amigos

índice

Introducción 5

1. la economía y el medio ambiente 8
    1.1 la contaminación ambiental 8
    1.2 el uso de los recursos naturales 9
    1.3 las generaciones futuras 10

2. el consumo eficiente 11
    2.1 el consumo ambientalmente eficiente. el modelo centralizado 11
        2.1.1 los supuestos básicos. las ecuaciones de estado 11
        2.1.2 el problema de la ambiental. la función objetivo 13
        2.1.3 el consumo óptimo y el costo ambiental marginal 16
    2.2 el consumo en una economía de mercado. el modelo descentralizado 19
    2.3 el papel de los precios. la igualación de los 2 modelos 21
        2.3.1 los precios y la riqueza 23
        2.3.2 la valoración del futuro en una economía decentralizada y ambientalmente eficiente 25

    2.4 los derechos de propiedad ambiental y la distribución del ingreso 24
        2.4.1 quien paga realmente los costos de la contaminación 25
        2.4.2 los derechos de propiedad ambiental. el teorema de Coase 26

3. la sustentabilidad ambiental 28
    3.1 qué es 28
    3.2 la sustentabilidad como problema ético 31
        3.2.1 la sustentabilidad y la tasa de descuento 33
        3.2.2 la sustentabilidad y las preferencias 40
    3.3 sustentabilidad y ahorro 41
        3.3.1 la tasa de descuento en una economía descentralizada 41
        3.3.2 el rendimiento de capital y el rendimiento de la naturaleza 42
        3.3.3 ¿porqué cambian los precios de los bienes privados? 46
        3.4.4 la sustetentabilidad ambiental en una economía descentralizada 46

4. soluciones 53
4.1 el papel del gobierno 53
4.2 el adelanto técnico 57
4.3 el papel de las variables culturales 58
4.3.1 el cambio de las preferencias y la tecnología 58
4.3.2 la capacidad de ver al futuro 61
4.3.3 la conciencia ecologista 61
4.4 reducir la escala social 64

5. conclusiones 66

apéndices y figuras 69

bibliografía 74

Introducción

El problema de la degradación del medio ambiente y el uso irracional de los recursos naturales, es una preocupación de creciente interés en nuestros días, siendo entonces la relación del medio ambiente y la economía un punto importante para explicar el problema y para dar posibles soluciones al ***problema ambiental*** que en esta tesis está dividido, en 2 aspectos claramente diferenciados: el de la ***eficiencia*** y el de la ***sustentabilidad ambiental.***

La ***eficiencia ambiental,*** establece las condiciones que deberá tener una economía para que funcione de forma óptima logrando que el bienestar social sea el máximo, dada unas restricciones impuestas por la naturaleza.

Mientras que la ***sustentabilidad ambiental*** establece las condiciones que deberán tener los individuos de la sociedad, para la que el funcionamiento de la economía no provoque que el bienestar de las generaciones futuras no se vea disminuido por efecto de las acciones de la generación actual, estableciendo condiciones extra económicas de carácter ético para garantizarla, ya que como se verá posteriormente, la existencia de eficiencia ambiental no implica necesariamente sustentabilidad en los términos establecidos en este trabajo.

Así mismo, la cuestión ambiental es tratada desde la perspectiva del consumidor de productos finales, a partir de donde se determina un consumo de recursos naturales renovables y no renovables y un grado de afectación al bienestar ambiental, por lo que de esta forma los resultados de

la tesis tratan de traducir el significado del problema ambiental para el consumidor descentralizado de productos finales.

Entonces partiendo de que la economía[1] es la causa principal del problema ambiental, es necesario precisar de la manera más simple las principales relaciones de la economía con el medio ambiente, aspecto que se abordará en la ***sección1*** .

La idea de esta tesis es la de plantear el problema desde una visión integral, estudiando entonces simultáneamente ***variables*** como calidad del medio ambiente, el de la biodiversidad y el nivel de los recursos naturales renovables y no renovables, estableciendo en primer lugar que todas estas variables son consecuencia de ciertos niveles de consumo de productos finales dadas unas preferencias y una tecnología.

Por tanto, la primer pregunta es la de saber cuál es el patrón de consumo de productos finales que hacen que el resultado total final, sea ambientalmente óptimo desde una perspectiva de largo plazo, para de esta forma establecer las características que deberá tener una economía ***ambientalmente eficiente***, por lo que en la ***sección2.1*** se plantea un **modelo centralizado** que intenta contestar esta pregunta.

Pero la parte central de la tesis, es la de traducir las condiciones generales de optimalidad de una economía ***ambientalmente eficiente*** a las decisiones de consumo descentralizadas, Por ello en la ***sección2.2*** se plantea un modelo descentralizado de consumo intertemporal ordinario, que en el

[1]Quizá junto con la guerra.

momento de ser igualado al modelo centralizado, permite establecer condiciones de eficiencia para una economía descentralizada.

En la ***sección3*** de la tesis se plantea el concepto de la ***sustentabilidad*** ambiental, como un concepto ético y económico. El objeto es el de establecer qué condiciones deberá satisfacer una economía eficiente, para que sea considerada sustentable y sobre todo -nuevamente- qué significado tienen estas condiciones para el consumidor descentralizado.

En la ***sección4*** se establecen algunas posibles soluciones para la resolución del problema ambiental en consecuencia directa a a las conclusiones teóricas obtenidas, tanto a nivel de eficiencia como de sustentabilidad ambiental.

Para finalizar la tesis se retoman los principales resultados de forma general, a manera de conclusión en la ***sección5***.

1. La economía y el medio ambiente

En general la relación de la economía y el medio ambiente, se ha situado fundamentalmente en el problema de la ***contaminación*** y en el ***uso de los recursos naturales***, y el impacto que tienen estos aspectos en el bienestar de las ***generaciones futuras***, [Pearce (1990)], puntos que serán comentados a continuación por separado.

1.1 la contaminación ambiental

La ***contaminación*** puede ser definida como todos aquellos factores que disminuyen el ***bienestar ambiental*** que disfruta la sociedad[2].

El ***bienestar ambiental*** comprende en primer lugar la ***calidad del medio ambiente***, aspecto que denota por ejemplo, a la calidad del aire y agua, las cuales se han apartado de su nivel natural gracias a la acción del proceso económico, mientras que el segundo aspecto que involucra el bienestar ambiental es el de la ***biodiversidad***, que en este trabajo, representará la variedad y tamaño de especies vivientes del planeta.

La ***biodiversidad*** afecta a la sociedad, ya sea por amenazar la salud y hasta la existencia misma de la especie humana, al dañar cadenas tróficas importantes y afectar la ecología de algunos ecosistemas en forma negativa, o por afectar la calidad del paisaje natural, al quedar amenazadas especies vivas apreciadas independientemente de su impacto ecológico.

[2] Para facilitar el planteamiento de este trabajo, se plantea la cuestión en positivo: se hablará de disminución del bienestar ambiental, cuando se hable de contaminación.

Es importante advertir que los dos tipos de bienestar ambiental descritos anteriormente son ***bienes públicos*** ya que no es posible racionar su consumo, además de ser bienes no rivales , es decir, "*la cantidad que consume un individuo no reduce la cantidad que pueden consumir los demás*". [Stiglitz (1988)].

Pero también, la contaminación que afecta al bienestar ambiental es producida en forma indirecta por un proceso económico. De esta forma el bienestar ambiental es generado por una ***externalidad*** Donde el sistema económico, es incapaz de poner los costos del deterioro ambiental en el mercado, por lo que no existen incentivos para racionalizar el consumo de los bienes que generan la contaminación.

Como se verá en el desarrollo de este trabajo, estos dos elementos[3] hacen de la contaminación ambiental un problema difícil de modelar y sobre todo un aspecto de difícil solución en una economía real.

1.2 el uso de los recursos naturales[4]

Por otra parte el **uso de los recursos naturales** del planeta, particularmente los de bajo índice de renovación, plantea la pregunta, de si la forma de aprovechamiento de los mismos es la eficiente, ya que es común la existencia de actividades depredatorias y/o usos no eficientes de los mismos que se manifiestan en fenómenos como la desforestación, la sobreexplotación de la tierra y de los recursos minerales, la urbanización desordenada etc.

[3]el ser bien público y prouducto de una externalidad.
[4]tambien conocidos como bienes naturales, para evitar la conotacon depredadora que algunos ecologistas dan al término recurso

1.3 las generaciones futuras

Tanto el problema de la contaminación como el del uso de los recursos naturales tienen una dimensión en el tiempo: las decisiones de hoy tienen impacto en el futuro.

Y es que existen fenómenos dinámicos tales como la acumulación de contaminación con grado pequeño o incluso nulo de absorción - el cadmio por ejemplo- o el agotamiento de recursos naturales necesarios -como el petróleo- por citar sólo dos casos, donde es patente la responsabilidad que tiene la sociedad actual en el bienestar de las generaciones del futuro, lo que sin duda plantea un problema ético muy serio para la economía: ¿cómo hacer que tengan incidencia en la economía de hoy, agentes económicos que aún no han nacido? ¿que significado tiene este hecho en una economía descentralizada?

Este aspecto hace útil el abordar el problema ambiental en forma integral, es decir, estudiar simultáneamente el bienestar ambiental y uso de los recursos naturales en un esquema dinámico de largo plazo, como se hará en el desarrollo de este trabajo a diferencia de la algunos modelos que estudian estos aspectos por separado y en un esquema estático.

2. el consumo eficiente

2.1 el consumo ambientalmente eficiente. el modelo centralizado

2.1.1 los supuestos básicos: las ecuaciones de estado

Con el fin de poder establecer algunas conclusiones de interés, es necesario proponer ciertas relaciones que intenten describir de la forma más simplificada posible las **relaciones de la economía con el medio ambiente** descritas previamente. Estos **supuestos** constituirán las ***ecuaciones de estado*** del **modelo centralizado.**

En primer lugar se establecerá la existencia de dos tipos **recursos naturales** X1 y X2 donde el primero representa a los recursos naturales renovables. que tendrán una tasa de renovación de s1 [5] y el segundo representa a los recursos naturales no renovables.

Así mismo se supone la existencia de dos tipos de **bienestar ambiental**: E1 denota a la biodiversidad y E2 a la calidad ambiental. Ambos son considerados bienes públicos.

Por otra parte se supone la posibilidad de poder dividir el consumo de todos los bienes privados en ambientalmente "buenos" c1 que son aquellos que requieren para su producción de recursos naturales renovables X1 y no contaminan y ambientalmete "malos" c2, que usan recursos no renovables X2 y contaminan [6].

---

[5] s1 es una funcion de X1 donde $s1' > 0$ y $s1'' < 0$.

[6] donde en la realidad un mismo producto podrá tener entonces un componente de cada uno.

Es importante advertir que en este modelo, c_1 y c_2, son niveles de ***consumo total***, independientemente del número de habitantes de la economía., De esta forma las conclusiones a las que se llegarán, son independientes y válidas para cualquier nivel de población y de crecimiento demográfico.

Para consumir una unidad del bien ambientalmente buero c_1, se requiere de una cantidad A de recurso natural renovable X1 , además de no tener ningún impacto en el bienestar ecológico E1 y E2 de ahí que sea considerado un bien ambientalmente bueno.

Entonces es posible determinar la dinámica de X1 que constituirá la primer ecuación de estado [7]:

$$\dot{X}1 = s_1 - A\, c_1 \qquad \text{---(a.1}$$

Por otra parte consumo del bien ambientalmente malo denotada por c_2 requiere de una cantidad B de recurso natural no renovable X2, para la producción de una unidad del mismo, entonces, la ecuación de estado que determina la dinámica de X2 es:

$$\dot{X}2 = -\, B\, c_2 \qquad \text{---(a.2}$$

Como se mencionó antes, c_2 tiene adicionalmente un impacto negativo en el bienestar ecológico E1 , la biodiversidad, de magnitud C también por unidad producida, siendo en este caso, ε la tasa de ***regeneración*** de la biodiversidad[8] estableciéndose la dinámica del E1:

---

[7] $\dot{X}i$ = dXi/dt donde t es el tiempo.

[8] la bidiversidad tendrá un tasa de regenrtación similar a la de un recurso renovable, donde ε es una función de E1 tal que $\varepsilon' > 0$ y $\varepsilon'' < 0$.

$$\dot{E}1 = \varepsilon - C\,c2 \qquad \text{---(a.3}$$

Finalmente c2 tiene un impacto de D en E2 , la calidad ambiental, que a su vez tiene una tasa de absorción de F [9] por lo que entonces su dinámica está determinada por la siguiente ecuación de estado:

$$\dot{E}2 = F - D\,c2 \qquad \text{---(a.4}$$

•

De esta forma completamos las cuatro **ecuaciones de estado** que describen las principales relaciones del la economía con el medio ambiente. considerando en consecuencia un nivel de adelanto técnico exógeno el cual determina los niveles de los parámetros A, B, C y D.

2.1.2 el problema de la eficiencia ambiental. la función objetivo

Una economía tiene que decidir el nivel de consumo c1 y c2 que valora, tomando en cuenta que también valora el bienestar ambiental E1 y E2 ponderando de cierta manera su bienestar futuro, por lo que se deberá contemplar el uso racional de los recursos naturales X1 y X2 particularmente los no renovables X2 pero también el daño acumulado en el bienestar ecológico; es decir en la medida que la sociedad satisface su consumo de bienes privados[10] , empeora su consumo de bienestar ambiental, y pone en peligro su bienestar total futuro, constituyendo de esta forma el ***problema de la eficiencia ambiental.***

---

[9]la cual es una tasa que depende de la diferencia entre el nivel natural de calidad ambiental Eq , el que existiría si no hubiera actividad humana , y el nivel real en un momento determinado, por lo que F = F(Eq-E2). La cantidad absorbida por el medio aumenta si la contaminación es mayor, es deictr si la diferencia Eq-E2 es mayor por lo que F′ >0 pero también en la media que exista mayor conaminación se llaga a un punto de saturación donde la cantidad de contaminación absorbida aumenta cada vez menos por un aumento de la contaminación por lo que se considera que F′′ <0 .
En realidad la diferencia en la costitución de ε y F es lo que hace imposible la agregación de los 2 tipos de bienestar natural E1 y E2 en uno sólo.

[10]c2

El primer paso para resolver este problema, es definir el grado en que la sociedad valora los bienes privados c_1 y c_2 y los públicos E1 y E2 , estableciendo de esta forma una función de utilidad o bienestar social u que depende del consumo c_1 y c_2 así como del consumo del bienestar ambiental E1 y E2 de tal forma que:

$$u = f(c_1, c_2, E1, E2)$$

siendo los cuatro bienes normales para los consumidores.

Para efectos de nuestro problema la única condición que es necesario pedir a u es que esta sea creciente con respecto a la utilidad de cada consumidor individual de tal forma que al maximizarla nos de una situación eficiente en el sentido de Pareto, evitando las consideraciones valorativas para el bienestar social. [11]

Entonces en un esquema dinámico y de largo plazo, el problema consiste en determinar el nivel óptimo de consumo de cada bien c_1 y c_2 [12] que cumpla la **función objetivo** de una economía, que es la maximización de la suma total de la **utilidad social,** u con una tasa de descuento intertemporal ρ[13].

Para ello se supone un planificador central capaz de asignar la cantidades de consumo total de cada bien, lo que define entonces al **modelo centralizado**[14] que quedará entonces planteado de la siguiente manera:

[11] que toman en cuenta la distribución del ingreso como el caso de la función rawlasiana, que aunque es importante no es el tema directo de este trabajo.
[12]llamado el vector de control.
[13]la cual es descontada normalmete de forma exponencial
[14]el cual es un modelo planteado en términios reales.

$$Z = \max_{c1,\,c2} \int_0^{\infty} u(c_1, c_2, E1, E2) e^{-\rho t} dt$$

sujeto a:

$$\dot{X}1 = s_1 - A\, c_1 \qquad \text{---(a.1}$$
$$\dot{X}2 = -B\, c_2 \qquad \text{---(a.2}$$
$$\dot{E}1 = \varepsilon - C\, c_2 \qquad \text{---(a.3}$$
$$\dot{E}2 = F(Eq - E2) - D\, c_2 \qquad \text{---(a.4}$$

donde:

$s1 > 0$

$A, B, C, \varepsilon, F > 0$

planteando el *Hamiltoniano* transfomado Hc , para evitar el exponencial, se define: $\mu_i = \lambda_i e^{\rho t}$

$$Hc = u(.) + \mu_1 (s1 - A\, c1) + \mu_2 (-B\, c2) + \mu_3 (\varepsilon - C\, c2) + \mu_4 (F - D\, c2)$$

las condiciones de primer orden:

$\partial Hc / \partial c = 0$

$$u_1 = \mu_1 A \qquad \text{--- (a.5}$$
$$u_2 = \mu_2 B + \mu_3 C + \mu_4 D \qquad \text{---(a.6}$$

donde el subíndice significa la derivada parcial de la variable correspondiente[15]

$\dot{\mu} = -Hc + \rho\, \mu$

$$\dot{\mu}_1 = (\rho - s_1')\, \mu_1 \qquad \text{--- (a.7}$$

[15]donde $u_1 = \partial u / \partial c_1$, $u_2 = \partial u / \partial c_2$, $u_3 = \partial u / \partial E1$ y $u_4 = \partial u / \partial E2$.

$$\dot{\mu}_2 = \rho\ \mu_2 \qquad \text{--- (a.8}$$

$$\dot{\mu}_3 = (\rho - \varepsilon')\ \mu_3 - u_3 \qquad \text{--- (a.9}$$

$$\dot{\mu}_4 = (\rho + F')\ \mu_4 - u_4 \qquad \text{--- (a.10}$$

Como en cualquier sistema de optimización, las ecuaciones anteriores garantizan que el valor la utilidad social descontada, sea la máxima dadas las restricciones de la natuaraleza.

Las ecuaciones (a.6 y (a.7 son las condiciones del **uso óptimo de los recursos naturales** una variante de la llamada **regla de Hoteling** que establece que "*la variación del costo de los recursos naturales, donde este es igual a su precio sombra, debe ser igual a la tasa de descuento*" [Pearce y Turner (1990)] por lo que despejando el valor de ρ de las ecuaciones (a,6 y (a.7 e igualando [16] :

$$\dot{\mu}_1 / \mu_1 = \dot{\mu}_2 / \mu_2 = \rho$$

Así mismo las ecuaciones (a.8 y (a.9 establecen las condiciones óptimas de los 2 tipos de **bienestar ambiental:** biodiversidad y contaminación respectivamente, teniendo una forma más compleja, ya que estos niveles son valorados en si mismos además de ser producidos por la presencia de una externalidad.

Las ecuaciones (a.4 y (a.5 son condiciones que establecen el **consumo óptimo** que se discutirá a continuación.

2.1.3 el consumo óptimo y el Costo Ambiental Marginal

Es importante recordar que como consecuencia a la forma en que se planteó el modelo las variables de control son c_1 y c_2, Ello significa que definiendo estas variables se determinan tanto los niveles óptimos de explotación de los recursos naturales así como de bienestar ambiental.

Partiendo de las condiciones de primer orden, y para poder tener una interpretación que nos de sentido económico, es recesario recordar la

[16]es importante advertir, que aunque comunmnete los precios sombra son considerados como precios [Kolstad y Krautkraemer (1993)] esto es inexacto. Los precios sombra están expresados en unidades de utilidad descontada J, mientras que un precio debe estar expresado en unidades de riqueza y/o de otro bien .

definición de las variables μ , que para evitar la exponencial dentro del Hamiltoniano fueron definidas como $\mu(t) = \lambda(t)e^{\rho t}$ donde $\lambda(t)$ es la variable conocida como ***precio sombra de una restricción***, [Chiang (1984)], la cual es una medida de lo que afecta la restricción a la función objetivo en un momento dado, siendo su expresión general $\lambda(t) = \partial Z / \partial X$, donde J es el valor óptimo de la función objetivo y X es la restricción, existiendo entonces tantos precios sombra como número de restricciones existan que en este caso son cuatro.

Por lo que en el problema que nos atañe:

$$\mu_1 = \frac{\partial Z}{\partial X1} e^{\rho t}$$

$$\mu_2 = \frac{\partial Z}{\partial X2} e^{\rho t}$$

$$\mu_3 = \frac{\partial Z}{\partial E1} e^{\rho t}$$

$$\mu_4 = \frac{\partial Z}{\partial E2} e^{\rho t}$$

De ahí que la ecuación (a.4 y (a.5 pueden ser expresadas como sigue:

$$u_1(t)\ e^{-\rho t} = A\frac{\partial Z}{\partial X1} \qquad \text{--- (a.5'}$$

$$u_2(t)\ e^{-\rho t} = B\frac{\partial Z}{\partial X2} + C\frac{\partial Z}{\partial E1} + D\frac{\partial Z}{\partial E2} \qquad \text{--- (a.6'}$$

Lo cual significa que para que una economía sea **ambientamente eficiente,**[17] el valor presente de la utilidad marginal del consumo del bien c1 y c2 debe ser igual al valor presente del impacto negativo que tiene su consumo el cual llamaremos **Costo Ambiental Marginal (CAM)** .

[17]que es equivalente a decir que los nivel de cosumo son los **ambientalmete óptimos** que maximizan función objetivo.

De esta forma podemos definir el Costo Ambiental Marginal (CAM) para un bien, como ***el grado en que el consumo de una unidad del mismo disminuye la suma total de utilidad social descontada***[18] ***por efecto de la utilización de los recursos naturales X1 y X2, y por el deterioro del bienestar ambiental E1 y E2 .***

Este costo es el equivalente al costo óptimo de los recursos naturales, acordes a la regla de Hotteling, planteado en modelos como el de Krautkraemer (1986) por ejemplo, pero en este caso el costo es establecido para los bienes privados de consumo final.

Este resultado es especialmente significativo para el consumo del bien ambientalemente malo c2, [19] el cual deberá de consumirse a un ritmo en cual la felicidad marginal de su consumo descontado en cada momento, $(u_2(t)e^{-\rho t})$, sea igual al placer que dejarán de tener las generaciones futuras por ese hecho, .

Este resultado es compatible con los resultados de los modelos de explotación de recursos naturales clásicos, como el de Hoteling(1930), Koopmans(1973) y Vousden(1973)[20] donde se establece que *"en cada punto del tiempo se deberá elegir un nivel de consumo de recurso tal que el valor marginal del mismo iguale el valor marginal de no consumirlo"* con la diferencia que el modelo aquí planteado parte de las decisiones de consumo de bienes finales y no de recursos naturales[21], sumando al costo del usos de recursos naturales, el costo por el daño al bienestar ambiental que causa su consumo.

El CAM del bien ambientalmente malo está medido como lo que se dejará de consumir del mismo bien al agotarse el recurso natural escaso X2 expresado por, $(B\frac{\partial Z}{\partial X2})$ del cual se provee, más el impacto que su consumo

[18]En este caso es J.
[19]expresado en la ecuación (a.5'
[20]referidos en Kolstad C.D. y Krautkraemer (1993).
[21]que son insumos

tendrá en el bienestar ambiental consumido por las generaciones futuras expresado por ($C\frac{\partial Z}{\partial E1} + D\frac{\partial Z}{\partial E2}$)[22].

De esta forma el bien c2, **deberá consumirse sólo cuando la utilidad de hacerlo en ese momento sea lo suficientemente grande para compensar la pérdida de utilidad que provoque tanto en el presente como en el futuro, evitando de esta forma su consumo indiscriminado,** aspecto que es frecuentemente observado en la realidad.

2.2 el consumo en una economía de mercado. el modelo descentralizado

Los resultados anteriores garantizan por definición, el cumplimiento de la función objetivo que además por suponer un planeador central, es igual al nivel máximo de utilidad social descontada, que podrá alcanzar una economía dadas las restricciones impuestas por la naturaleza y dadas unas preferencias.

Pero es evidente que en una economía de mercado real, los consumidores, operan de manera descentralizada maximizando su utilidad personal en base a una dotación de riqueza inicial, solamente sujetos a una restricción presupuestal usual, determinada por los precios relativos, y por el nivel de crecimiento natural de la riqueza,

De esta forma es necesario desarrollar un modelo descentralizado , [23] que parte de una función de utilidad social *u* idéntica a la del modelo centralizado pero donde se establece que los consumidores toman el nivel de bienestar ecológico E1 y E2, como dado, sin influencia directa sobre él estableciéndose entonces el problema de **externalidad ambiental**, ya descrito. además de no contar con conocimiento sobre las restricciones de la naturaleza[24] tomando por tanto en cuenta sólo la restricción presupuestaria.

---

[22]recordar que las derivadas parciales de Z, son también funciones del tiempo.
[23]donde los precios y riqueza son tomados por los consumidores en forma exogena.
[24]dadas por las ecuaciones (a.1 , (a.2 , (a.3 y (a 4

Así es como en el planteamiento formal se establece una función objetivo idéntica a la del modelo centralizado:

$$J = \max_{c1,\, c2} \int_0^{\infty} u(c_1, c_2, E1, E2) e^{-\rho t} dt$$

pero ahora sujeto a:

$$\dot{K} = g - p_1 c_1 - p_2 c_2 \qquad \text{--- (b.1}$$

donde:
p_1 y p_2 son los precios de
c_1 y c_2 respectivamente
K es el capital o riqueza
g es el crecimiento natural de K[25]

-el cual es un modelo descentralizado usual, con 2 bienes privados donde cada agente consumidor maximiza en base a su riqueza y con 2 bienes públicos E1 y E2 en el que cada consumidor los toma como dados.

planteando el Hamiltoniano transformado Hd

$$Hd = u(.) + \mu_5 (g - p_1 c_1 - p_2 c_2)$$

las condiciones de primer orden:

$$u_1 = \mu_5 \; p_1 \qquad \text{--- (b.2}$$

$$u_2 = \mu_5 \; p_2 \qquad \text{--- (b.3}$$

$$\dot{\mu}_5 = \rho \, \mu_5 \qquad \text{--- (b.4}$$

Estas condiciones garantizan la existencia de un equi ibrio competitivo que es por definición un óptimo de Pareto, **dado unos precios** pero debido al problema de la externalidad, este consumo no tiene que ser **ambientalmente óptimo o eficiente .**

[25] donde g =g(K) y g' >0

2.3 el papel de los precios, la igualación de los 2 modelos

Quizá la cuestión más importante por ahora, es la de saber qué condiciones se tendrán que cumplir en el modelo descentralizado para que la utilidad lograda sea la máxima posible dada en el modelo centralizado y de esta forma la economía descentralizada sea **ambientalmente eficiente** .

Sabemos que "*toda asignación que maximice el bienestar social es una asignación eficiente en el sentido de Pareto* " [Varian(1987)] y que "*cualquier punto eficiente en el sentido de Pareto puede ser alcanzado por una economía de mercado descentralizada*" [26] lo que asegura la posibilidad de que el bienestar social Z del modelo centralizado puede ser alcanzado por la del modelo descentralizado J. Así podemos razonar que para que la función objetivo arroje el mismo valor y dado que las preferencias son idénticas, entonces la relación marginal de sustitución u_1 / u_2 debe ser igual en ambos modelos en todo momento.

Entonces del modelo centralizado dividiendo (a.5 /(a.6 se tiene :

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{A\mu_1}{B\mu_2 + C\mu_3 + D\mu_4} \qquad \text{---(c.1}$$

si se toma en cuenta que $\lambda = \mu^{-\alpha}$ para las dos variables, y se sustituye μ_1 y μ_2 , simplificando el exponencial:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{A\lambda_1}{B\lambda_2 + C\lambda_3 + D\lambda_4} \qquad \text{---(c.1}'$$

Por otra parte, si del modelo descentralizado, se despeja μ_5 de (b.2 y de (b.3 y se igualan entre sí, se tiene:

[26] 2º teorema de la economía del bienestar en Stiglitz (1988).

$$\frac{u_1}{p_1} = \frac{u_2}{p_2} \qquad \text{---(c.2}$$

por lo que:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{p_1}{p_2} \qquad \text{---(c.2'}$$

la cual es la condición habitual de optimalidad para cada consumidor individual que maximiza su utilidad, independientemente de su nivel de riqueza inicial.

Entonces igualando (c,1' con (c,2' :

$$\frac{A\lambda_1}{B\lambda_2 + C\lambda_3 + D\lambda_4} = \frac{p_1}{p_2} \qquad \text{---(c.3}$$

Por tanto en el problema concreto que nos atañe, la expresión $A\lambda 1$ es el **Costo Ambiental Marginal** (CAM) del consumo de una unidad de c_1 a cada instante de tiempo determinado por el costo de uso del recurso abundante X1.

Igualmente la expresión $B\lambda 2 + C\lambda 3 + D\lambda 4$ es el CAM de c_2 determinado en este caso por el costo por usar un recurso escaso X2 , como por el impacto que tiene por afectar el bienestar ecológico E1 y E2 .

De esta forma se puede concluir por (c.3 que una condición para que el modelo descentralizado funcione óptimamente y se pueda llagar a un punto de eficiencia ambiental la relación de precios p_1 y p_2 que enfrenta el consumidor descentralizado, deberá guardar la misma proporción que el CAM de los bienes privados . .

En otras palabras la relación de precios debe transmitir la información sobre el costo relativo que pagan los **consumidores actuales** por el deterioro ambiental que conlleva el consumo del bien c_2 ecológicamente malo, más el costo que pagarán loa **consumidores futuros** por el agotamiento del

recurso escaso X2 así como por el daño acumulado del bienestar ambiental que incurre el consumo de dicho bien.

2.3.1 los precios y la riqueza

Sin embargo, para que el consumo de ambos modelos sea igual, no basta con que la relación de utilidades marginales, analizada anteriormente sea igual .

Más exactamente, es necesario que la utilidad marginal de cada bien por separado sean iguales en ambos modelos también, para de esta forma satisfacer el cumplimiento de dos ecuaciones - dadas por la igualación de las utilidades marginales de cada bien - que determinan el nivel de dos variables - que son cada utilidad marginal- [27], por lo que:

$$A\,\mu_1 = p_1\,\mu_5 \qquad \text{--- (c.4}$$

$$B\,\mu_2 + C\,\mu_3 + D\mu_4 = p_2\,\mu_5 \qquad \text{--- (c.5}$$

siendo la ecuación (c.4 resultado de la igualación de u_1 de ambos modelos[28] y la ecuación (c.5 la de u_2. [29]

Si ponemos ambas ecuaciones y desarrollamos el valor de los precios sombra:

$$A\,\frac{\partial Z}{\partial X_1}\,e^{\rho t} = p_1\,\frac{\partial Z}{\partial K}\,e^{\rho t} \qquad \text{--- (c.4'}$$

$$B\frac{\partial Z}{\partial X_2}\,e^{\rho t} + C\,\frac{\partial Z}{\partial E1}e^{\rho t} + D\,\frac{\partial Z}{\partial E2}\,e^{\rho t} = p_2\,\frac{\partial Z}{\partial K}\,e^{\rho t} \qquad \text{---(c.5'}$$

simplificando los exponenciales, la diferenciales de Z y despejando los precios:

$$p_1 = A\,\frac{\partial K}{\partial X_1} \qquad \text{---(c.6}$$

---

[27] Para garantizar que el consumo de ambos modelos sea igual, además sería necesario suponer que las condiciones iniciales de cada modelo sean equivalentes .

[28] (a.4 = (b.2

[29] (a.5 = (b.3

$$p2 = B\frac{\partial K}{\partial X_2} + C\frac{\partial K}{\partial E1} + D\frac{\partial K}{\partial E2} \qquad \text{---(c.7}$$

las cuales son condiciones de optimalidad para el valor de cada precio por separado [30].

En este caso las diferenciales de K, con respecto a cada recurso, X1 , X2, E1 y E2 , por suponer que estamos en el valor máximo posible de Z, dado en el modelo centralizado, son las **Relaciones Marginales de Sustitución** respectivas, equivalentes a las ***Tasas Marginales de Transformación*** de otros modelos que estudian bienes públicos como Stiglitz (1988), lo que en un esquema dinámico como el presente significa la relación marginal de sustitución de capital con respecto a cada recurso, que hace que la utilidad social descontada óptima Z no varíe. Este resultado significa que el precio de cada bien debe ser igual a lo que el consumidor esta dispuesto a sacrificar de su riqueza para poder consumir una unidad del mismo,

Ya que este resultado proviene de la igualación de la utilidades marginales de cada modelo, se puede afirmar que ***para que el modelo descentralizado funcione de manera óptima, el CAM expresado en términos de riqueza, es igual a cada precio,*** es decir, debe ser efectivamente pagado por los consumidores que de esta forma ***compensarán*** el daño causado. No basta entonces con que el costo relativo de cada bien sea igual a sus precios relativos. [31]

La solución teórica pues del problema de la eficiencia ambiental en una economía, es el de establecer mercados sobre el derecho al bienestar ambiental lo que desaparecería a la externalidad ambiental y se lograría que el punto de equilibrio una economía descentrlizada sea el punto de **eficiencia ambiental**, dado en el modelo centralizado.

[30]recordar que son funciones del tiempo.
[31]dada en (c.1, que es entonces una condición de optimalidad necesaria pero nc sufuciente.

2.3.2. la valoración del futuro en una economía descentralizada y ambientalmente eficiente

En el apartado anterior antes de incorporar directamente precios y riqueza, se había valorado a las generaciones futuras por medio del CAM que estaba expresado en unidades de utilidad social descontada.

En el momento que el modelo centralizado se iguala al descentralizado, y se obtienen las ecuaciones (c.6 y (c.7, el valor que los consumidores dan al consumo futuro está determinado dentro del capital o riqueza K. ya que esta no es más que ***la posibilidad de consumir bienes privados en el tiempo***, teniendo esta un crecimiento natural g, por lo que el factor futuro se encuentra implícito automáticamente, cuando se establecen los precios de los bienes privados en función de K.

En el apartado dedicado al ahorro se verá que *esa posibilidad de consumo en el tiempo* que otorga K , no es mas que la existencia de acervos de recursos naturales, y de bienestar ambiental que en realidad lo hacen posible,

2.4 los derechos de propiedad y la distribución del ingreso

2.4.1 ¿quién paga realmente el costo de la contaminación?

Para que los precios sean iguales a su CAM expresado en términos de riqueza, en el caso de c1 la ecuación (c.6 debe ser satisfecha para cada consumidor en forma independiente por tratarse de un bien que requiere para su producción de un recurso natural privado X1 .

Pero en el caso de c2, ésta variable determina el nivel de E1 y E2, los cuales son bienes públicos, por lo que su precio refleja su costo $C\frac{\partial K}{\partial E1} + D\frac{\partial K}{\partial E2}$

Siendo en este caso la cantidad de riqueza que la sociedad . y no de cada consumidor individual por separado, estaría dispuesto a intercambiar para elevar el consumo de E1 y E2 en una unidad, ya que por definición los bienes públicos son no racionales y el consumo de cada agente individual es igual para todos lo miembros de la sociedad.

En realidad este razonamiento supone que:

$$\frac{\partial K}{\partial E1} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial K}{\partial E1}(i)$$

$$\frac{\partial K}{\partial E2} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial K}{\partial E2}(i)$$

donde n es el número de consumidores de la sociedad, que obviamente pagan el costo del bienestar ambiental vía el aumento p2, el cual depende de las preferencias del resto de los consumidores, y no únicamente de cada uno por separado, como en el caso del bien privado.

Esta situación plantea un problema de elección social ya que la forma en la que cada consumidor valora los bienes ambientales son diferentes, pero el consumo del mismo es por definición igual para todos, siendo además los consumidores que valoren mucho el bien c2 y por tanto lo consumen quienes pagarán este costo vía , p2.

2.4.2 los derechos de propiedad ambiental y el teorema de Coase

En el caso del costo de los recursos naturales X1 y X2 dados por las expresiones $A\frac{\partial K}{\partial X_1}$ y $B\frac{\partial K}{\partial X_2}$, éste deberá ser pagado al dueño de cada recurso[32] como en cualquier bien privado. Pero en el caso del costo por uso de los bienestares ambientales E1 y E2 , dado por la expresión $C\frac{\partial K}{\partial E1} + D\frac{\partial K}{\partial E2}$, -el costo ambiental de los bienes públicos-, éste deberá ser pagado dependiendo el establecimiento de los derechos ambientales respectivos [33].

[32]el cual lo suponemos como el productor de cada bien.
[33]eauivalentes a lo derechos de contaminación.

Estos son asignados en el momento que una ley establece si es o no posible afectar el bienestar ambiental, lo cual define quien sería el que deberá compensar, ya sea por dañar el bienestar ambiental si la ley lo sanciona o por que no dañarlo en caso que la ley lo permitiera, siendo *cualquier arreglo equivalente, es decir arrojaría el mismo nivel de bienestar ambiental* como lo establece el ***Teorema de Coase.***[34]

Por tanto los derechos de bienes públicos, tienen una función equivalente a las dotaciones iniciales de bienes privados ya que es posible la existencia de equilibrios de Pareto para cualquier asignación inicial tanto de derechos así como de riqueza.

De esta forma existe un infinito número de soluciones óptimas que arrojan el mismo nivel de consumo de E1 y E2, dependiendo los derechos de propiedad ambiental, pero con efectos distintos en la distribución del ingreso,[35] por lo que entonces es necesario establecer los derechos de propiedad en base a un criterio de justicia, para que la distribución del ingreso no empeore al pagar el costo ambiental CAM los más pobres, lo que se discutirá en el último apartado dedicado a las soluciones.

---

[34]Stiglitz Joseph E. (1988).

[35]En este caso no se habla de una distribución de la riqueza inicial. Se afirma que el cambio de distribución de la riqueza producto de los derechos de contaminación se determina endógenamente.

3. la sustentabilidad ambiental

En esta sección se define en forma particular la sustentabilidad ambiental, mencionando otras definiciones del mismo usuales en otros trabajos y explicando porqué es necesario definir la sustenabilidad en términos de bienestar social . A continuación se mencionará el porqué las sustentabilidad ambiental es un problema independiente al de la eficiencia ambiental discutida anteriormente, razón por la cual merece un capítulo especial.

También se analizan los casos en los que una economía ambientalemente eficiente implica o no la sustentabilidad ambiental, para finalizar concluyendo las implicaciones que tiene la sustentabilidad, en el de ahorro de los consumidores descentralizados,

3.1 qué es

El concepto más directo de la sustentabilidad[36] es la *capacidad de mantener*[37] *un estado de cosas a lo largo del tiempo.* Hablando de economía y medio ambiente, normalmente se establece que una economía ambientalmente sustentable, *es aquella que evita que el consumo presente sea a costa del consumo y el bienestar de las generaciones futuras.*

La Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo, la definió de la siguiente manera: *"una sociedad sostenible es aquella que atiende las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para hacerse cargo de sus propias necesidades"*[38]

Para asegurar la sustentabilidad se han desarrollado varias condiciones, que en general implican mantener constante tanto el nivel de consumo total de recursos naturales[39] y así como el bienestar ecológico, en un horizonte de largo plazo. En esta línea de pensamiento, Herman Daly (1993) propone que una economía sustentable deberá satisfacer:

---

[36]también llamada ***sostenibilidad***

[37]sostener.

[38]WCED, *Our common future* , Oxford University Press, 1987, pp102

[39]renovables y no renovables.

1) que las tasas de utilización de los recursos naturales no excedan sus tasas de regeneración.
2) que las tasas de utilización de recursos no renovables no excedan la tasa a la cual los sustitutos renovables se desarrollan.
3) que las tasa de emisión de agentes contaminantes no exceda la capacidad de asimilación del medio ambiente.

A estas condiciones se añaden con frecuencia otras, sobre todo cuando se analiza la sustentabilidad a escala regional o cuando se estudian proyectos de aprovechamiento de algún recurso natural, en las cuales es común afirmar la necesidad de mantener el nivel de acervo del recurso estudiado[40].

Por su parte, Janvry, Sadoulet y Santos (1995) han definido desde el enfoque del productor, que para que exista sustentabilidad en la explotación de un recursos natural, el Valor Presente del aprovechamiento del mismo en la siguiente generación, sea por lo menos igual al Valor Presente del aprovechamiento de la generación actual .

Aunque en términos generales las condiciones de Daly, son válidas, dicen poco acerca del impacto que tiene en el **bienestar social**, tanto el agotamiento de los recursos así como los cambios en el bienestar ecológico.

En primer lugar , es necesario precisar cómo se mide la sustitución de recursos no renovables por renovables[41] en un horizonte de largo plazo, donde existe progreso técnico, y cambio en las preferencias de los consumidores. Por ejemplo a nivel energético la humanidad ha pasado por uso generalizado del carbón, y después la electricidad y el petróleo.

Pero es claro que un concepto termodinámico de sustentabilidad, -como el que se puede desprender del de Daly- en el que se establezca por ejemplo, que el consumo de energía por habitante no disminuya, dice poco de qué tan necesaria es esta para los consumidores, sobre todo si tomamos en cuenta que un foco eléctrico es mucho más eficiente e términos energéticos que la vela usada en el siglo pasado, o que la computadora de microchips actual hace muchas más operaciones por minuto con mucha menos energía, que una

[40]condición equivalente a la (1 de Daly.
[41]expresado en la condición (2.

computadora de bulbos de los años cincuenta, o que la cantidad de hierro por automóvil es cada vez menor en estos años de autos de plástico y más pequeños.

Por otra parte como se vió anteriormente es diferente el grado de bienestar ecológico óptimo en una sociedad rica y con un grado de valoración del mismo alto, que una sociedad pobre, en la que además la ecología sea poco valorada. por lo que el primer caso el mantenimiento de cierto nivel "sustentable" de contaminación puede ser insuficiente y en el segundo, los consumidores preferirían sacrificar un tanto el bienestar ecológico con tal de tener mayor consumo de bienes.Desde esta perspectiva, un criterio conservacionista puede ser perjudicial para el bienestar social.

Estos ejemplos muestran que en algunos casos las generaciones futuras no necesitarían de un nivel mínimo constante de consumo de recursos naturales, ni de bienestar ecológico, para sostener el mismo nivel de vida.

Por esta razón se propone que **una economía sustentable es aquella en la que el nivel de vida de las generaciones futuras no disminuya por efecto de las decisiones de las del presente.** De lo que se trata es que el nivel de bienestar social u, no disminuya en el tiempo, lo que planteado en los términos de este trabajo, significaría que:

$$\dot{u} \geq 0 \qquad \text{---(d.1}$$

Por lo que en el modelo propuesto en el que $u = f(c_1, c_2, E_1, E_2)$ se tiene al diferenciar con respecto al tiempo, que la condición de sustentabilidad es:

$$u_1 \dot{c}_1 + u_2 \dot{c}_2 + u_3 \dot{E}_1 + u_4 \dot{E}_2 \geq 0 \qquad \text{---(d.1}'$$

Esta expresión define que la forma adecuada de sustitución de bienes son los consumidores mismos por medio de la función de bienestar social.

3.2 la sustentabilidad como problema ético

Es importante advertir que los resultados de la sección 2, al maximizar la utilidad intertemporal, se obtienen condiciones de eficiencia. Nos dicen cual es la mejor forma de consumir para maximizar la utilidad intertemporal.

Estas condiciones, aseguran un consumo racional de los recursos y un nivel óptimo de bienestar ecológico, lo que en muchos casos puede implicar la sustentabilidad de la economía, al evitar el exceso del consumo de bienes contaminantes, y la disminución de recursos no renovables cuando no estén justificados eficientemente.

Pero no en todos casos la eficiencia es sinónimo de sustentabilidad. Desde el punto de vista de la racionalidad económica, tanto la tasa de descuento del futuro, como las preferencias del consumidor están dadas exógenamente.

Económicamente no es posible decir que una persona que no valore el futuro, o que prefiera consumir bienes ambientalmente sucios , sea más feliz que otra que valora más el futuro y tenga gustos limpios. De ahí que el concepto de sustentabilidad esté sujeto a consideraciones extraeconómicas de carácter ético, ya que es necesario hacer juicios de valor sobre las preferencias y sobre las tasa de descuento de los consumidores, variables que son determinados por la cultura.

De esta forma es posible decir que los casos en que la insustentabilidad de un economía se deba a la falta de eficiencia, la responsabilidad recae en el sistema económico, pero cuando incluso en condiciones de eficiencia existiera insustetabilidad, la responsabilidad es de los miembros de la sociedad.

Entonces en este último caso, es necesario introducirse en los factores culturales que determinan el comportamiento de los consumidores individuales.

En muchos casos se asume que dado que las generaciones futuras deberán tener el mismo derecho que las actuales, Sen (1987), la tasa de descuento p éticamente deseable es cero, lo que significaría que no existe ninguna razón

por el que el consumo futuro tenga que ser menos valorado por la sociedad que consumo el presente.

Pearce (1990), aborda el problema ético de la tasa de descuento de forma similar, planteando los casos de emisión radioactiva o de cloroflurocarbonos (CFCs) donde debido a la casi nula tasa de absorción de ambos, el efecto en el bienestar de las generaciones futuras puede verse seriamente afectado[42].

De ahí que incluso el que $\rho = 0$ se considere una condición extra de sustentabilidad, lo que como se analizará después no es exacto, en base a los conceptos definidos.

No obstante la tasa de descuento intertemporal ρ, definida como el ***grado en el que un mismo nivel de consumo es cada vez menos valorado por la sociedad, en la medida que pasa el tiempo,***[43] es la variable más importante para determinar la sustentabilidad de una economía.

Retomando la idea de Solow(1974), que estableció un modelo de crecimiento con capital productivo y recursos naturales, donde se determinan niveles de consumo sostenibles a largo plazo, la idea del presente trabajo es que estos niveles de consumo, son consecuencia del la magnitud de la tasa de descuento . bajo el supuesto de eficiencia ambiental y dadas una preferencias,

Entonces una vez determinado la variación del consumo tanto de los bienes privados como de los bienestar(es) ambiental(es) en el tiempo, es posible determinar la sustentabilidad de una economía. Se analizará por tanto el efecto de la variables culturales: ρ, u_1, u_2, u_3 y u_4 . **suponiendo la existencia de eficiencia ambiental.**

Además de valorar la sustentabilidad inicial, $\dot{u}(0)$ es importante analizar el valor de $\dot{u}$ cuando el tiempo avanza, por que se hará un ***análisis de equilibrio*** que se entiende como el encontrar el valor de cada variable cuando

---

[42] además de la tas de descuento, Pearce (1990), incorpora la ética en la economia en la valoración que los sociedad tiene en la preservación de las especies, variable E2 de los modelos de este trabajo.

[43] $u > u^{\alpha}$ si $\rho > 0$.

el tiempo tiende al infinito, y en la mayoría de los casos los cambios de la variables con respecto al tiempo son cero, lo que permitirá establecer la sustentabilidad o no de una economía en forma permanente .

3.2.1 la sustentabilidad y la tasa de descuento

Para analizar el papel de la tasa de descuento ρ, en el establecimiento de la sustentabilidad se analizarán 2 casos: cuando la sociedad le otorga poca importancia al futuro y ρ es grande, y cuando el futuro es valorado ρ es pequeña.

caso 1. Poca importancia al futuro

$\rho > 0$, s_1', $\varepsilon' - u_3/\mu_3$, $-u_4/\mu_4 - F'$ [44]

Por (a.7 :

$$\dot{\mu}_1 > 0$$

entonces de derivar (a.5 se obtiene que:

$$\dot{u}_1 > 0$$

Es importante tomar en cuenta que dado que se supone una función de bienestar creciente de los bienes privados y ambientales y estos a su vez dependen de los acervos de recursos naturales y ambientales, entonces μ_1, μ_2, μ_3 y μ_4 son mayores a cero.

Dada la poca importancia que tiene el futuro en esta economía. el consumo óptimo de c_1 , no justifica esperar a mantener un nivel alto de X1, por lo que c_1 empezará de un nivel muy alto tal que X1 se irá agotando y c_1 tendrá que ir disminuyendo .

Además por (a.9

$$\dot{\mu}_3 > 0$$

Y por apéndice1 (a:

:

$$\dot{u}_3 > 0$$

---

[44]En este caso de losque se trata es de asegurar que los valores de $\dot{\mu}_1$, $\dot{\mu}_2$, $\dot{\mu}_3$ y $\dot{\mu}_4$, expresados en las ecuaciones (a.7 , (a.8, (a.9 y (a.10 sean mayores a cero.

y por (a.8

$$\mu_4 > 0$$

entonces por **apéndice1** (a :

$$\dot{u}_4 > 0$$

Esto puede interpretarse como que en este caso, el consumo óptimo no permitirá que la biodiversidad E1 , se regenere ni que la contaminación E2 se absorba ya que el permitirlo implicaría una disminución del consumo del bien c_2, que es cada vez más valorado ($\dot{u}_2 > 0$) .

Por (a.6 :

$$\mu_2 > 0$$

por lo que como $\mu_3 > 0$ y $\mu_4 > 0$ entonces por (a.10' :

$$\dot{u}_2 > 0$$

El recurso no renovable X2 se agotará demasiado rápido por la misma razón: el consumo inicial de c_2 es demasiado alto[45].

Ya que :

$$\dot{u}_1, \dot{u}_2, \dot{u}_3, \dot{u}_4 > 0$$

entonces al suponer una función de utilidad de rendimientos marginales decrecientes se concluye :

$$\dot{c}_1, \dot{c}_2, \dot{E}1, \dot{E}2 < 0$$

Entonces debido a que las utilidades marginales son positivas y crecientes, y el consumo de todos los bienes va cayendo, se tiene que :

$$\dot{u} < 0$$

por lo que este caso asegura una economía INSUSTENTABLE.

el equilibrio

para el **caso de** X1 como $\mu_1 > 0$:

[45]como el recurso X2 es no renovable, en cualquier caso su nivel irá disminuyendo siempre que c_2 sea positivo.

Entonces ya que se consideran rendimientos decrecientes y ρ es positivo:

$$\dot{X}_1 < 0$$

entonces:

$$\dot{s}_1' > 0$$

ya que se suponen rendimientos marginales decrecientes
De esta forma:

$$\lim_{t \to \infty} (\rho - s_1') = 0$$

por lo que:

$$\lim_{t \to \infty} \dot{\mu}_1 = 0$$

lo que significa que:

$$\lim_{t \to \infty} \dot{u}_1 = 0$$

Por otra parte para el **caso de** X2 , μ_2 , aumenta en forma exponencial de acuerdo (a.8.

$$\lim_{t \to \infty} \dot{\mu}_2 = 0$$

entonces por **apéndice1 (a**:

$$\lim_{t \to \infty} \dot{u}_2 = 0$$

Para el **caso de** E1, al igual que X1, [46] como $\dot{\mu}_3 > 0$ y se supone que la utilidad marginal de E es decreciente:

$$\dot{E}1 < 0$$

entonces por el supuesto de rendimientos decrecientes a escala de la tasa de regeneración:

$$\dot{\varepsilon}' > 0$$

por lo que para cualquier valor de u_3/μ_3, $\dot{\mu}_3$ será cada vez menor de ahí que:

[46]ya que la biodiversidad tiene un comportamento análogo al de un recurso renovable, pero con la diferencia económica que la primera es un bien público, y el segundo es un factor para la producción de un bien privado.

$$\lim_{t\to\infty} \dot{\mu}_3 = 0$$

entonces por **apéndice1 (a:**

$$\lim_{t\to\infty} \dot{u}_3 = 0$$

Esto implica que E1 tenderá a un valor muy bajo, ya que durante todo el tiempo estuvo disminuyendo en forma cada vez menor, ya que el consumo inicial de c2 es muy alto.

Para el **caso de** E2 como se determinó anteriormente

$$\dot{E}2 < 0$$

ya que se supone que F′ , la absorción de la contaminación, tiene rendimientos decrecientes con respecto a la contaminación (Eq-E2) entonces:

$$\dot{F}' < 0$$

además al disminuir E2 entonces:

$$\dot{u}_4 > 0$$

Entonces según la ecuación (a.10

$$\lim_{t\to\infty} \dot{\mu}_4 = 0$$

entonces del **apéndice1 (a** se tiene :

$$\lim_{t\to\infty} \dot{u}_4 = 0$$

Estos resultados implican que:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{c}_1 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{c}_2 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{E}1 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{E}2 = 0$$

Pero como se vió anteriormente su la evolución en este caso es decreciente, entonces podemos concluir que en **este caso, aunque se tiende a niveles**

constantes de consumo de los diferentes bienes estos niveles de equilibrio son bajos.

caso 2. importancia al futuro

$\rho < C_1 s_1' , u_3/\mu 3 + \varepsilon' , u_4/\mu 4$ [47]

Por (a.7

$$\mu 1 < 0$$

entonces por (a.5''

$$\dot{u}_1 < 0$$

En este caso el consumo óptimo del bien c_1 , implica que es conveniente esperar para permitir que el recurso natural X1 tenga un nivel alto de tal forma que el consumo futuro de c_1 , sea más alto en el futuro como se puede apreciar en la **figura 1** .

Este nivel bajo de ρ asegura que esta espera vale la pena desde un criterio de optimalidad.

Por otra parte por (a.9 :

$$\mu 3 < 0$$

y por el **apéndice1** (b :

$$\dot{u}_3 < 0$$

Por otra parte por (a.10 :

$$\mu 4 < 0$$

y por **apéndice1** (b

$$\dot{u}_4 < 0$$

En este caso, el consumo óptimo permitirá que la biodiversidad E1, se regenere y que la contaminación (Eq- E2)se vaya absorbiendo.

---

[47]Ahora en este caso se trata es de asegurar que los valores de $\mu 1$, $\mu 2$, $\mu 3$ y $\mu 4$. expresados en las ecuaciones (a.7 , (a.8, (a.9 y (a.10 sean menores a cero.

Por (a.6 :

$$\dot{\mu}_2 < 0$$

y por (a.6'' podría suponerse que:

$$\dot{u}_2 \leq 0$$

Por lo que entonces:

$$\dot{u}_1, \dot{u}_2, \dot{u}_3, \dot{u}_4 \leq 0$$

por lo que de suponer rendimientos marginales decrecientes, se tiene:

$$\dot{c}_1, \dot{c}_2, \dot{c}_3, \dot{c}_4 \geq 0$$ [48]

y en entonces:

$$\dot{u} > 0$$

Entonces esta economía es SUSTENTABLE [49].

el equilibrio

para el **caso de** X1 como $\dot{\mu}_1 < 0$, y la función de utilidad marginal de c_1 es decreciente es posible suponer que:

$$\dot{X}_1 > 0$$

entonces:

$$\dot{s}_1' > 0$$

a que se suponen rendimientos marginales decrecientes

De esta forma:

$$\lim_{t \to \infty} (\rho - \dot{s}_1') = 0$$

por lo que:

$$\lim_{t \to \infty} \dot{\mu}_1 = 0$$

y por (a.5'' :

$$\lim_{t \to \infty} \dot{u}_1 = 0$$

[48]Realmente para todos los bienes se puede asegurar qeu el consumo auamenta en el tiempo, excepto para c_2 que puede permanecer constante, aunque debido a que ρ es negativo este $\dot{c}_2$ puede ser muy cercano a cero.

[49]Ver figura 1. Ya que c_2 involucra el consumo de 3 acervos no es posible graficarlo

Para el **caso de** E1, al igual que X1, como $\dot{\mu}_3 < 0$ y como se supone utilidad marginal de E1 decreciente: :

$$\dot{E}_1 < 0$$

entonces

$$\dot{\varepsilon}' > 0$$

por lo que para cualquier valor de $u_3/\mu_3 3$, $\dot{\mu}_3$ será cada vez menor de ahí que:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{\mu}_3 = 0$$

y por demostración:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{u}_3 = 0$$

y:

Para el **caso de** E2 como se determinó anteriormente

$$\dot{E}2 > 0$$

ya que se supone que F depende de (E_q - E_2), entonces:

$$\dot{F}' > 0$$

de esta forma conforme F′ crece y se acerca a uno, $\dot{\mu}_4$ crece cada vez menos por lo que:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{\mu}_4 = 0$$

y entonces:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{F}' = 0$$

donde : :

$$\lim_{t\to\infty} F' = 1 - \rho$$

Finalmente para el **caso de** X2, μ_2 , disminuye en forma exponencial de acuerdo a (a.8, por lo que:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{X}2 = 0$$

Por lo que en este proceso, c_2 y por tanto $\dot{c}_2$ son cercanas a cero.

Estos resultados implican que:

$$\lim_{t\to\infty} \dot{c}1 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{c}2 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{E}1 = 0, \quad \lim_{t\to\infty} \dot{E}2 = 0$$

Pero como se vio anteriormente la evolución del consumo de los diferentes bienes es creciente, entonces podemos concluir que en **este caso, aunque se tiende a niveles constantes de consumo de los diferentes bienes, estos niveles son más altos.** que en el caso1

Concluyendo, entonces es importante advertir la existencia de equilibrio en ambos casos en el infinito $\dot{u} = 0$, cumpliéndose entonces las condiciones de sustentabilidad pero con efectos muy diferentes en cada caso.

En el primero (insustentable), los niveles finales de recursos naturales y de bienestares ambientales es muy bajo y decreciente, mientras que en el segundo sustentable), estos niveles finales tienden a un nivel alto, por lo que se concluye que no obstante que ambos caso partan de un mismo nivel de bienestar social **u** el nivel final de la misma es mucho mayor en caso 2.

3.2.2 la sustentabilidad y las preferencias

Según lo concluido anteriormente, si ρ se encuentra en el **caso** 1 se asegura una economía **insustentable** y se encuentra en el caso 2, tenemos entonces asegurada una economía **sustentable.**

Pero ¿qué pasa si el valor de ρ no es tan alto para entrar en el caso 1 ni tan bajo para entrar en caso 2 ? . En este caso se tendría que el consumo de por lo menos alguno de los bienes privados o de los bienestares ambientales definidos, iría disminuyendo.

Entonces es necesario evaluar el impacto en el bienestar social que ocasiona esta disminución, por lo que entonces será necesario conocer las relaciones

marginales de sustitución de todos lo bienes lo cual puede ser relativamente complicado.

Necesitaríamos saber por ejemplo. si el aumento del consumo de un bien privado -coches por ejemplo- justifica la disminución del consumo del bienestar ambiental - la calidad del aire- para entecos poder establecer la sustentabilidad.

De esta forma las preferencias además de establecer los valores de ρ que aseguran la sustentabilidad o no sustentabilidad de una economía, determinan esta característica cuando las condiciones no se cumplen.

3.3 Sustentabilidad y ahorro

3.3.1 la tasa de descuento en una economía descentralizada

Anteriormente se analizó, el impacto que tienen los diferentes niveles de la tasa de descuento ρ, en la utilización de los recursos naturales X1, X2 y en el *bienestar ecológico*, E1 y E2 variables que llamaremos ***capital natural***,

Pero todas estas variables quedan determinadas analizando el ***modelo centralizado*** el cual aunque es el modelo que establece los nivel óptimos de consumo c_1 y c_2, no toma en cuenta los incentivos microeconómicos de los consumidores.

Entonces es necesario ver las implicaciones que tiene la tasa de descuento ρ, en una economía descentralizada, más cercana a la realidad, que supone la existencia de decisiones individuales, aspectos establecidos en el ***modelo descentralizado.***

La ecuación (b.1, establece como se comporta el capital:

-si $\rho > g'$, entonces $\mu_5 > 0$, lo que significa que la importancia de K en la utilidad social descontada $\partial Z/\partial K$ es cada vez mayor, por lo que al ir aumentando μ_5, las utilidades marginales correspondientes u_1 y u_2 disminuyen según las ecuaciones (b.2 y (b.3 por lo que al suponer que tanto c_1 y c_2 son bienes normales, en el momento que

$$\dot{u}_1, \dot{u}_2 > 0 \ ,$$

se tiene por (b.2 y (b.3

$$\dot{K} < 0 \ ,$$

por lo que en este caso existe ***desahorro***. Es decir el alto valor de la tasa de descuento no justifica el esperar para tener mayores niveles de consumo en futuro.

-en el caso contrario si $\rho < g'$, entonces $\mu_5 < 0$, por lo que:

$$\dot{u}_1, \dot{u}_2 < 0 \ ,$$

entonces por (b.2 y (b.3

$$\dot{K} > 0 \ ,$$

por lo que ahora existe ***ahorro***. En este caso está justificada la espera que garantizará mayores niveles de consumo en el futuro.

Concluyendo entonces, en una economía descentralizada, ***el hecho que los individuos valoren mucho el futuro y tengan por tanto una ρ pequeña, se traduce en altos niveles de ahorro*** y ***viceversa***, entendiendo por ahorro el hecho de decidir aumentar la riqueza y la posibilidad de consumo futuro en vez consumir en el presente.

Estos resultados son comunes en casi todos los modelos de crecimiento económico, donde en el caso de añadir rendimientos decrecientes de capital, se llegará a un punto de equilibrio donde $\rho = g'$, lo que definirá un nivel de capital alto si ρ es pequeño y bajo si ρ es alto.

3.3.2 el rendimiento del capital y el rendimiento de la naturaleza

Pero estos resultados ¿qué relación tienen con las restricciones naturales supuestas en el ***modelo***? ¿cuál es la relación entre el rendimiento del capital físico g y el de los recursos naturales y el bienestar ambiental [50] ?

Para contestar lo anterior será necesario volver a suponer que el consumo c_1 y c_2 es igual en ambos modelos, aspecto visto anteriormente al analizar las condiciones de ***eficiencia ambiental*** de un economía, de donde se definía un nivel de precios p_1 y p_2 que se ajustan al daño que implica el consumo de

[50] variables que llamaremos capital natural.

c_1 y c_2 respectivamente según una tecnología y unas preferencias dadas que en este modelo son constates.

Esto implica para el caso que se analiza en este momento, que los ***precios están cambiando en el tiempo***; es decir $p_1 = p_1(t)$ y $p_2 = p_2(t)$ por lo que ahora si derivamos la ecuación (b.3 y (b.4 con respecto al tiempo tenemos:

$$\dot{u}_1 = \dot{\mu}_5 p_1 + \mu_5 \dot{p}_1 \qquad \text{--- (b.2}'$$

$$\dot{u}_2 = \dot{\mu}_5 p_2 + \mu_5 \dot{p}_2 \qquad \text{--- (b.3}'$$

y por otra parte derivando (a.5 con respecto el tiempo

$$\dot{u}_1 = A\dot{\mu}_1 \qquad \text{--- (a.5}''$$

igualando (b.2′ con (a.5″ tenemos:

$$\dot{\mu}_1 A = \dot{\mu}_5 p_1 + \mu_5 \dot{p}_1 \qquad \text{--- (e.1}$$

y como:

$$p_1 = A\,\mu_1/\mu_5 \qquad \text{--- (b.2}''$$

entonces al sustituir los valores para $\dot{\mu}_1$ y $\dot{\mu}_5$ dada en la ecuaciones (a.7 y (b.4, se obtiene:

$$\frac{\dot{p}_1}{p_1} = g' - s_1' \qquad \text{--- (e.2}$$

la cual es una expresión para el cambio de precio de c_1.

Esta expresión indica que ***en la medida que la tasa de crecimiento marginal de recurso natural X1. s_1' sea mayor a la tasa de crecimiento marginal de capital, entonces p_1 aumentará, ya que el crecimiento del capital no estaría sustentado por un crecimiento del recurso natural del cual se extrae c_1.***

Ahora para el bien c_2, derivando la ecuación (a.6 con respecto al tiempo tenemos:

$$\dot{u}_2 = B\dot{\mu}_2 + C\dot{\mu}_3 + D\dot{\mu}_4 \qquad \text{---(a.6}''$$

igualando (a.6 con (b.3′:

$$B\dot{\mu}_2 + C\dot{\mu}_3 + D\dot{\mu}_4 = \dot{\mu}_5 p_2 + \mu_5 \dot{p}_2 \qquad \text{---(c.5}$$

si se sustituyen los valores correspondientes a $\dot{\mu}_2$. $\dot{\mu}_3$. $\dot{\mu}_4$ y $\dot{\mu}_5$ dados por (a.8, (a.9 (a.10 y (b.4, respectivamente:

$$\dot{p}_2 = -(\rho - g')p_2 + 1/\mu_5 [\mu_2 \rho B + (\mu_3(\rho - \varepsilon') - u_3)C + (\mu_4(\rho + F') - u_4)D] \quad \text{---(e.4}$$

sustituyendo de (b.3

$$p_2 = u_2 / \mu_5 \quad \text{--- (b.3'}$$

se establece:

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = \left(g' - \frac{\mu_3}{u_2} C\, \varepsilon' - \frac{\mu_4}{u_2} D\,(-F') - \left[\frac{u_3 C + u_4 D}{u_2}\right]\right) \quad \text{---(e.5}$$

Por otra parte. de la ecuación (a.6 , se sabe que :

$$\frac{\mu_3}{u_2} C + \frac{\mu_4}{u_2} D < 1$$

de esta forma cada término del miembro izquierdo, es un *ponderador* de lo que vale en la utilidad social descontada Z un aumento de E1 y E2 respectivamente como proporción de u_2.

por lo que si se define:

$$\psi = \frac{\mu_3}{u_2} C\, \varepsilon' + \frac{\mu_4}{u_2} D\,(-F') \quad \text{--- (e.6}$$

entonces ψ , es el crecimiento marginal natural de E1 y E2 ponderados según su importancia para los consumidores[51].

Mientras que si se define:

[51] el crecimiento natural de X_2 es cero.

$$\eta = \left[\frac{u_3 C + u_4 D}{u_2} \right] \qquad \text{--- (e.7}$$

entonces η, es la suma de las Relaciones Marginales de Sustitución de c_2 por cada bien ecológico multiplicado por su impacto respectivo en la ecología por lo que η es el valor E1 y E2 medido en términos de c_2 y multiplicado por lo que este valor debe ser transmitido a p_2.

Entonces η es un la medida en la que los bienestares ambientales E1 y E2 son revalorados en términos de c_2, por lo que en este caso se mide un posibles aumento del capital natural por efecto de una revaloración de los bienestares ambientales.

De esta forma, regresando a la ecuación (e.5, es posible expresar el cambio de precio de c_2 de la siguiente manera:

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = (g' - \psi - \eta) \qquad \text{--- (e.5'}$$

Si para simplificar

$$\gamma = \psi + \eta \qquad \text{---(e.8}$$

Entonces γ, es ***crecimiento marginal natural*** de los bienes explicados por p_2 X2, cuyo crecimiento es cero; E1 y E2 cuyo crecimiento marginal ponderado es ψ; más el aumento marginal de la riqueza que debe ser trasladada a precios dado el aumento marginal de la valoración los bienes ambientales E1 y E2.

Entonces:

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = (g' - \gamma) \qquad \text{---(e.5''}$$

Esta expresión, implica que en la medida que la tasa de ganancia marginal del capital sea mayor al crecimiento marginal natural de los

recursos involucrados en la producción de c2[52] *entonces existirá aumento en el precio de c2*

3.3.3 ¿porqué cambian los precios de los bienes privados?

En el modelo decentralizado se establece que el ***consumo eficiente*** de cada bien debe ajustarse de tal forma que su la relación de utilidades marginal sea a igual a la relación de precios, al igual que todos los modelos consumo ordinarios. Por lo que de (b.3 y (b.4 se tiene que :

$$p_1/p_2 = u_1/u_2$$

lo que define el nivel de precios relativo para cada momento de tiempo.

Sin embargo, de las expresiones de cambio de cada precio dado por las (e.2 y (e.5'', despejando g' se establece que:

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} - \frac{\dot{p}_1}{p_1} = s_1' - \gamma \qquad \text{---(e.14}$$

Es interesante advertir la diferencia entre cambio del precio del bien c2 menos c1 es igual a la diferencia ahora entre el crecimiento marginal natural de los recursos y/o bienes naturales involucrados el consumo de c1 menos los involucrados en c2

Esta ecuación establece que la diferencia entre los cambios de los precios de cada bien se establece en función de variables reales s_1' y γ aunque el nivel absoluto del cambio del precio de cada bien en particular dado por (e.2 y (e.5, se determine en función de g' la cual es una variable que se establece de manera ***exógena*** en este modelo por lo que entonces al relacionarla con la economía real, se establece que en la medida que esta tasa sea mayor al crecimiento marginal natural de los recursos naturales, este crecimiento será ficticio por lo que se traducirá en aumento de los precios de ambos bienes[53].

3.3.4 la sustentabilidad ambiental en una economía descentralizada

[52] X_2 , E_1 y E_2 .
[53] los precios relativos no se afectan.

Las condiciones de sustentabilidad han quedado determinadas en la sección 3.2 , usando solamente las ecuaciones del modelo centralizado, que incorpora explícitamente las relaciones del medio ambiente con la economía.

Pero entonces es necesario preguntarse ¿qué significado tienen estas condiciones en una economía descentralizada, donde los consumidores deciden las cantidades de consumo de bienes privados, en base a unos precios, dados el nivel de bienes públicos exógenamente, y en base a unas preferencias y una tasa de descuento ?

Como se mencionó entonces, la variable más importante en la determinación de la sustentabilidad de una economía es la tasa de descuento ρ, que en una economía decentralizada determina los niveles de ahorro de los consumidores como se vió en la sección 3.3.1.Por tanto es lógico suponer una relación entre la ***sustentabilidad ambiental*** y el ***ahorro.*** relación que contestaría la pregunta con la que inicia esta sección y daría significado ambiental la decisión microeconómiuca de ahorrar.

Una conclusión obtenida en los modelos que incorporan el capital productivo y los recursos naturales como insumos de una función de producción, como los de Kamien y Schawartz(1982) particularmente en Harwick(1977)[54], es que es posible mantener un nivel de consumo no obstante el uso de recursos naturales no renovables.

La llamada ***Regla de Harwick*** , establece que es posible mantener una senda de consumo constante en el largo plazo, siempre y cuando se invierta en capital producido[55]el equivalente a la participación de la producción en los recursos naturales, estableciéndose entonces una regla de inversión neta de cero.

Entonces, incluso es posible ir agotando los recursos naturales, al aumentar el grado de eficiencia de los mismos y por tanto utilizar menos recursos naturales por unidad de producto.

---

[54]en Kolstad y Krautkraemer (1993).
[55]se ahorre.

Como ya se mencionó el modelo presentado en este trabajo, se supone un nivel de inversión en máquinas dado exógenamente y constante[56]. Entonces al igualar el modelo centralizado con el descentralizado, y establecer condiciones de eficiencia ambiental ***los recursos naturales e incluso el bienestar natural son considerados capital o riqueza para el consumidor descentralizado.***

Si se ***supone que la economía descentralizada funciona en forma eficiente*** desde el punto de vista ambiental[57] entonces es posible analizar las condiciones que implica la sustentabilidad ambiental, en la economía descentralizada. Es necesario entonces establecer condiciones de sustentabilidad en una economía descentralizada donde existen precios[58] y donde existe un rendimiento de la riqueza g dado en forma exógena.

Por lo tanto se verán los mismos casos que se analizaron en la sección 3.2, incorporando ahora las ecuaciones del modelo descentralizado.

Antes de analizar estos casos, es necesario establecer las siguientes 2 consideraciones algebraicas:

-(1

si se supone que:

$$\rho \neq u_3/\mu_3 + \varepsilon' , \; u_4/\mu_4 + (-F')$$

revisando (c.8 :

$$\gamma = \psi + \eta$$

$$\gamma = \frac{\mu_3}{u_2} C \; \varepsilon' + \frac{\mu_4}{u_2} D \; (-F') + \left[\frac{u_3 C + u_4 D}{u_2} \right])$$

$$\gamma = \frac{\mu_3}{u_2} C \; (u_3/\mu_3 + \varepsilon') + \frac{\mu_4}{u_2} D \; (u_4/\mu_4 + (-F'))$$

por la ecuación (a.6 , se sabe que :

[56]nivel que determina el valor de los parámetros A, B, C y D.
[57]el modelo centralizado es igual al descestralizado .
[58]dados en términos de riqueza K, determinados endógenamente al igualar los 2 modelos

$$\frac{\mu_3}{u_2}C + \frac{\mu_4}{u_2}D < 1$$

Entonces:

$$\rho \neq \gamma$$

por lo que los casos 1 y 2 vistos en la sección anterior son idénticos a los que se analizarán a continuación ya que además ambos implican que $\rho \neq s_1'$:

-(2

si se sustituye la expresión de cambio de precio de c_1. (e.2 en (b.2′ se tiene que:

$$\frac{\dot{u}_1}{u_1} = \rho - s_1' \qquad \text{---(e.9}$$

y si sustituye la expresión de cambio de precios de c_2 (e.5 en (b.3′ se tiene que:

$$\frac{\dot{u}_2}{u_2} = \rho - \gamma \qquad \text{---(e.10}$$

-(3 Si despejamos s_1' y γ de (e.2 y (e.5″ respectivamente:

$$s_1' = g' - \frac{\dot{p}_1}{p_1} \qquad \text{--- (e.2}'$$

$$\gamma = g' - \frac{\dot{p}_2}{p_2} \qquad \text{---(e.5}'''$$

caso 1 INSUSTENTABLE $\rho > s_1', \gamma$

Si sustituimos los valores de s_1' y γ de las (e.2′ y (e.5‴ respectivamente, se obtienen las siguientes ***condiciones de no sustentabilidad para una economía descentralizada :***

$$\rho > g' - \frac{\dot{p}_1}{p_1}$$

y que :

$$\rho > g' - \frac{\dot{p}_2}{p_2}$$

Lo que significa que para asegurar *insustentabilidad* , ρ tendrá que ser mayor a la diferencia del rendimiento marginal del capital y el aumento de precios de cada bien privado, diferencia que puede ser un equivalente a la tasa de interés real. [59]

Pero ¿ qué ocurre con el capital ?

Si

$$\rho - g' = (\rho - s_1') - (g' - s_1') \qquad \text{--- (c.11}$$

y

$$\rho - g' = (\rho - \gamma) - (g' - \gamma) \qquad \text{--- (c.12}$$

por lo que si el cambio de precios no es muy alto, entonces :

$$(\rho - s_1') > (g' - s_1')$$

y

$$(\rho - \gamma) > (g' - \gamma)$$

entonces μ_5 va aumentando, y el capital disminuye, es decir, la poca importancia del futuro hace que exista desahorro, lo que implica un alto consumo en el presente que hace disminuir tanto el capital, como el acervo de recursos naturales y de bienestares ambientales.

Pero si el cambio de precios es alto entonces:

$$(\rho - s_1') < (g' - s_1')$$

y

$$(\rho - \gamma) < (g' - \gamma)$$

significaría que existe ahorro, pero es un aumento de capital dado únicamente por aumento de precios, no abalado por un incremento del capital natural lo que significa que el rendimiento del capital es mayor al de

[59]calculada generalmente como la tasa nominal menos la inflación.

la naturaleza por lo que el hecho de posponer el consumo que implica el ahorro no da tiempo a una regeneración del capital natural de ahí que el consumo de c_1 y c_2, están disminuyendo en el tiempo como se puede apreciar para c_1 en la **figura 2** .

caso 2 SUSTENTABLE $\rho < s_1', \gamma$

Al igual que el caso anterior si sustituimos los valores de s_1' y γ de las ecuaciones (e.2' y (e.5''' respectivamente, se obtienen ahora las siguientes ***condiciones de sustentabilidad para una economía descentralizada.***

$$\rho < g' - \frac{\dot{p}_1}{p_1}$$

y que :

$$\rho < g' - \frac{\dot{p}_2}{p_2}$$

Lo que significa que para asegurar ***sustentabilidad*** , ρ tendrá ahora que ser menor a la diferencia del rendimiento marginal del capital y el aumento de precios de cada bien privado.

Y analizando análogamente el efecto en el capital o riqueza K, se tiene que si el aumento en precios es muy pequeño, entonces:

$$(\rho - s_1') > (g' - s_1')$$

y

$$(\rho - \gamma) > (g' - \gamma)$$

por lo que μ_5 va aumentando, por lo que el capital disminuye, pero ahora en un contexto de alta disminución de precios[60] por lo que este desahorro no involucra una disminución del capital natural ni pérdida del bienestar futuro.

Pero si existe aumento de precios, entonces:

$$(\rho - s_1') < (g' - s_1')$$

[60]aspecto pocas veces visto.

y

$$(\rho - \gamma) < (g' - \gamma)$$

por lo que μs va disminuyendo lo que significaría que existe ahorro, a un ritmo alto, mayor al del aumento de precios por lo que el capital natural aumenta. Entonces el tiempo que se pospone el consumo debido el ahorro, es suficiente para permitir una regeneración de la naturaleza aún mayor, por lo que el consumo futuro es mayor.

Concluyendo entonces bajo el supuesto de eficiencia ambiental, se puede afirmar que ***una economía en la que existe ahorro real, es un economía sustentable, y una economía en la que existe desahorro real, entonces es una economía insustentable.***

En casos que no se suponga eficiencia ambiental, no es posible afirmar lo anterior , pero si es posible pensar que de cualquier manera la existencia de ahorro favorece la sustentabilidad, ya que se estaría suponiendo tanto en el modelo centralizado como en el descentralizado la existencia de una tasa de descuento pequeña lo que como vimos favorece la sustentabilidad y el ahorro independientemente que estén o no igualados ambos modelos.

Este resultado es contradictorio para autores reconocidos como F.Soddy [61], que piensan que mayores niveles de ahorro posibilitan el aumento de consumo futuro y por tanto el nivel de depredación de los recursos naturales. En este tipo de reflexiones hace falta añadir la tasa de regeneración de los recursos naturales y de al biodiversidad la tasa de absorción de la contaminación y sobre todo los incentivos microeconómicos a consumir y a explotar los recursos.

[61] en Martínez Alier y Schlüpmann (1991)

4. soluciones

Siguiendo la lógica de este trabajo, es posible entonces determinar las dos características deseables que deberá satisfacer una economía, que son la de **eficiencia** y la de **sustentabilidad ambiental**.

La solución teórica a la **eficiencia ambiental** según los resultados de la sección 2, es el establecimiento de un **mercado ambiental** donde los bienes privados tienen un precio igual al Costo Ambiental Marginal (CAM), valuado en unidades de riqueza K como lo establecen las ecuaciones (c.6 y (c.7.

Mientras que para el establecimiento de la **sustentabilidad ambiental** es, en primer lugar necesario, asegurar cierto nivel de **ahorro** originado por una tasa de descuento del tiempo ρ los suficientemente baja.

El objeto de este apartado es el de establecer soluciones más concretas a partir de los resultados teóricos anteriores, lo que por supuesto, no implica que desde otro marco teórico, no existan soluciones válidas al problema ambiental.

En general, por la forma en la que esta modelado el problema en este trabajo, las soluciones que se concluyen están basadas en consideraciones sobre las decisiones de consumo descentralizadas de los agentes. Por esta razón se profundizará en los factores que determinan estas decisiones. El marco cultural es un factor importante.

4.1 la intervención gubernamental

La solución teórica del problema ambiental y el logro de una economía ambientalmente eficiente y sustentable, aspectos expuestos en el segundo apartado, son una cuestión de difícil instrumentación dentro de una economía completamente decentralizada en el mundo real.

Ubicados dentro de ámbito de la **eficiencia ambiental**, probablemente el aspecto de mayor dificultad radica en el establecimiento del bienestar ambiental óptimo[62] , más que en el uso adecuado de los recursos naturales.

[62]lo que determina el nivel eficiente de contaminación(es).

Y es que mientras este último se resuelve estableciendo derechos de propiedad de los recursos naturales que son bienes privados, el bienestar ambiental es un bien público, por que los derechos de propiedad que resuelven este aspecto son mucho más difíciles de establecer en la práctica.

¿cómo pueden influir en las decisiones económicas de hoy, personas que todavía no han nacido? ¿cuánto afecta la utilidad social, el uso de cierto recurso ? ¿ que tan contamianante es la producción de determinado bien? ¿cual es la tasa de regeneración ecológica de la naturaleza para cierto tipo de contaminación? ¿ quién y cómo se establecerán los mercados de derechos de contaminación?

Incluso en no pocas ocasiones estas cuestionantes son interpretadas como pruebas casi contundentes del fracaso de la economía occidental, particularmente la capitalista, por un creciente número de ecologistas y ambientalistas que llaman a estas dificultades como la *segunda contradicción del capitalismo* [O'Connor (1991) y Bellamy (1992)]

En el mejor de los casos tradicionalmente la imposibilidad práctica de establecer el mercado ambiental y terminar con la externalidad, hace desconfiar del mecanismo de mercado para solucionar el **problema ambiental** en su conjunto.

Esta imposibilidad justifica la acción de un planificador central que ubicándose por encima de los agentes económicos individuales, interviene buscando el bien común llegando entonces a niveles de bienestar social mayores que los llegaría una economía descentralizada [Stiglitz(1988)] .

En general las ocho justificaciones de porqué puede ser necesaria la intervención gubernamental en la administración de los bienes públicos que da Stiglitz(1988) pueden ser aplicables para el caso del Bienestar Ambiental.

Estos justificaciones pueden determinar el papel del estado en la solución del problema ambiental y en el establecimiento de una economía sustentable.

Pero en una sociedad democrática esta solución externa[63] es también responsabilidad de la ***sociedad civil*** y en particular de los grupos ecologistas quienes además deberán vigilar la acción del estado.

A continuación se comentan y se añaden otros que se consideran importantes.

- ***establecer derechos de propiedad de recursos naturales justos.*** un criterio de justicia para establecer derechos de propiedad de recursos naturales debe incluir un criterio de equidad, considerando el derecho de los pobladores más próximos y antiguos al lugar geográfico del recurso, como los primeros dueños legítimos del mismo, independientemente de la situación política de los mismos.

En cuanto a los ***derechos de contaminación***, el criterio correcto que se propone es el asignar el derecho de los mismos a los consumidores en caso de la calidad ambiental, sancionando a los contaminadores.

Mientras que para el caso de la ***biodiversidad***, E2, se propone tomar un criterio de igualdad del ingreso. manteniendo en general el de asignar derecho a los explotadores de la biodiversidad, prefiriendo mejor que los consumidores que la valoran encuentren los mecanismos para pagar por su conservación, exceptuando sólo aquellos casos en que la biodiversidad sea riesgosa para la salud de la vida humana.

-establecer parámetros ambientales cercanos al eficiente
en los casos en que no sea posible el establecimiento de los mercados ambientales correspondientes, las ecuaciones de eficiencia ambiental dan criterios para poder definir el nivel óptimo de bienestar ambiental, en el cual deberá fijarse la norma ambiental independientemente de si los derechos ambientales están establecidos o no.

En este sentido es necesario considerar los factores que hacen que este punto óptimo varíe especialmente los cambios en el ingreso y en los gustos .

[63]en el sentido que no es una solución decentralizadad de mercado.

disminuir el impacto de la incertidumbre
- una aspecto importante donde la intervención gubernamental en la regulación ambiental es deseable e donde existe incertidumbre en los efectos ambientales de algunos desechos contaminantes presentes en procesos de producción.

El efecto de esta incertidumbre técnica es que existe un tiempo relativamente largo entre que un contaminante es desechado en el medio ambiente, y se descubre su efecto nocivo y una vez descubierto este se regula en consecuencia. En el transcurso de este tiempo no es posible que costo de este daño este incluido en el sistema de precios.

En algunos casos cuando ya se halla regulado ya será demasiado tarde, sobre todo en el caso contaminantes como el Dióxido de Carbono, que tiene muy bajo índice de absorción por lo que la contaminación que produce es prácticamente irreversible.

Si existe un considerable rezago para probar el efecto negativo de una cierta sustancia contaminante, entonces el esfuerzo por controlar su emisión no tiene porque depender de la existencia de pruebas contundentes al respecto. [Smith (1981)]. Convendría entonces establecer políticas conservadoras .

En estos casos existe entonces una tiempo óptimo de regulación en casos de incertidumbre. aspecto analizado por Kolstad (1991).

- establecer reglas claras en el sistema financiero
para que la sociedad pueda tomar decisiones temporales eficientes es necesario que la información dinámica con la que cuenta sea veraz. Particularmente es importante que el nivel general de tasas de interés no e mantenga en niveles más altos que los determinados por el aumento del valor del capital natural y artificial. Este hecho evita en primer lugar que el aumento del consumo futuro que pueden implicar estas sobre-tasas, esté asociado a mayor contaminación y menor acervo de recursos naturales.

Además generalmente la existencia de sobre-tasas, provoca ajustes futuros que tienen un efecto negativo en la tendencia de la sociedad a ahorrar.

-*dejar de hacer*
no obstante los puntos anteriores, en muchos casos la causas de ineficiencia ambiental y no sustentabilidad es causada por los propios estados..

- la propiedad estatal en muchos casos es causa de depredación ambiental.
- la participación de la demanda del gobierno influye en precios de los recursos naturales
-los subsidios del gobierno al agua y al consumo de energía por ejemplo, crean distorsiones que impiden a los consumidores tomar decisiones eficientes socialmente, acumulando problemas durante años y favoreciendo el desarrollo centralizado provocado por el crecimiento desmesurado de las ciudades capital.
- muchas veces el estado es el principal obstáculo al establecimiento de derechos de propiedad claros y justos.

En general estos puntos han sido llamadas como ***fallas del gobierno*** [Pearce (1990)], análogamente a la comúnmente estudiadas fallas del mercado.

4.2 adelanto técnico y el medio ambiente

Siguiendo el concepto tradicional de adelanto técnico que tradicionalmente es considerado como el hecho de producir la misma cantidad con menor número de insumos[64] , este implicaría el producir la misma cantidad de bienes c1 y c2 con menor cantidad de recursos naturales X1 y X2 y menor impacto al bienestar ecológico E1 y E2.

Esto implica - ubicándonos en el **modelo centralizado** - la disminución de los parámetros A, B, C y D de las ecuaciones (a.1, (a.2 , (a.3 y (a.4 . En primer lugar esto implicaría la posibilidad de tener un nivel de consumo más alto, [65]

[64]ver Solow, *progreso técnico y cambio en la productividad* en *Economia del crecimiento* selección de Amartya Sen FCE, 1979
[65]si estos parámetros aumentaran estaríamos hablando de crecimiento económico.

y en el caso de del bienestar ecológico podría facilitar el establecimiento de la eficiencia ambiental, ya que el problema de la externalidad disminuye .,

En los modelos de progreso técnico inducido como el de Kaldor y Mirrles (1962)[66] el aumento de l productividad de los factores que el progreso técnico, es el resultado del deseo de los empresarios de aumentar sus ganancias, por lo que de alguna manera la disminución de A y B - loa requerimientos unitarios de recursos naturales- es un fenómeno esperado en una economía de mercado aunque esta no sea ambientalmente eficiente ya que los recursos naturales se suponen como bienes privados.

Pero la necesidad de disminuir el impacto de la producción en el Bienestar Ambiental, es algo que los empresarios[67] no tendrán porqué buscar, a menos que exista eficiencia ambiental, y de esta forma la externalidad ambiental quede internalizada.

Entonces es necesaria la intervención externa, que apoye el desarrollo del cambio técnico ambiental - reducir C y D - ya que en una economía no ambientalmente eficiente, es eficiente socialmente el hacerlo, aunque no existan incentivos microeconómicos para hacerlo.

4.3 el papel de las variables culturales

4.3.1 cambio en las preferencias y la tecnología

En el largo plazo de las transformaciones culturales que involucran cambios de los gustos, es el fenómeno que mejor explica la demanda de los bienes [Douglas e Isherwood (1990)].

Por esta razón en un horizonte de largo plazo que involucra la relación economía-medio ambiente, el estudio de las preferencias, y el posible cambio en las mismas es un punto importante donde es posible encontrar otra solución al problema ambiental .

---

[66]Kaldor N y Mirrlees J.A. *modelo de crecimieto con progreso técnico inducido* en *Economia del crecimiento* selección de Amartya. Sen FCE, 1979

[67]bajo el supuesto de racionalidad

En general la economía ha establecido un tipo de comportamiento racional de los individuos que denota un comportamiento racional-egoista simple que no incorpora el conjunto de motivaciones que determinan el comportamiento humano [Becker (1993)] .

En este sentido me parece importante advertir que incluso un comportamiento maximizador de la utilidad individual considerada egoísta desde una perspectiva económica, puede generar un comportamiento solidario, siempre y cuando la función de utilidad individual incorpore en forma positiva, el bienestar de terceras personas, como lo muestra Gary Becker (1974), al analizar el efecto macroeconómico, que tienen las interacciones entre los agentes consumidores con vínculos emotivos, particularmente dentro de la familia.

Más exactamente, es necesario establecer un concepto de ***racionalidad ampliada*** como lo plantea Cummings (1979)[68] y en general los economistas la **corriente humanista**, que establecen que es posible que una economía descentralizada llegue a equilibrios de Pareto éticamente deseables siempre y cuando los agentes tengan ciertos valores.

Es necesario incorporar otros elementos a la función de utilidad. Y en particular es importante estudiar acerca del origen de los gustos aspectos donde la economía tradicional carece de una teoría de la formación de los gustos [Becker y Michael (1973)]. por lo que es necesario recurrir a la antropología y a la psicología para encontrar una marco teórico al respecto [Douglass e Isherwood (1990)] .

Desde esta perspectiva y ubicándonos en los supuestos de este trabajo, bastaría entonces con evitar el consumo de bien ecológicamente malo c2, no por efecto de un encarecimieto del mismo[69] , sino por una devaluación o pérdida del valor en su consumo tal como lo sugiere Barth (1994) .

Si partimos que la expresión (c.2´ es igual también a la relación marginal de sustitución de c1 con respecto c2 , u_1 / u_2 , llegamos a la conclusión que en

[68]en Pearce(1990)
[69]aspecto eficiente en corto plazo.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

la medida en que las preferencias de los consumidores, sustituyan el bien malo c_2 por el bueno c_1, el Costo Ambiental de c_2 y por tanto su precio de equilibrio ideal va perdiendo valor por lo que el establecimiento de los mercados intertemporales para lograr la eficiencia ambiental es de menor importancia.

Es importante advertir, que el hecho de cambio las preferencias, hace no comparables el grado de utilidad del inicio con le del final, cuando las preferencias cambiaron, por lo que no se puede afirmar en principio cuando la sociedad estaba más satisfecha, solamente se puede afirmar que forma de llegar al óptimo es más sencilla.

Pero esta transformación además de implicar un cambio en los gustos, también implica un tipo de adelanto técnico[70] , τ que a diferencia del tradicional, anteriormente mencionado, es la capacidad de fabricar con factores productivos renovables y no perjudiciales al bienestar ambiental, lo que antes se hacía con factores productivos no renovables y dañinos al medio ambientar. En términos del modelo descrito, sería pasar de producir c_2 a producir c_1

Lo significativo no es que sea posible producir el mismo coche por ejemplo de 2 maneras distintas, Basta con que uno sea sustituto del otro en la psicología del consumidor. No que sea igual técnicamente. Entonces es necesario plantear el aspecto tecnológico y de preferencias el forma conjunta[71].

Por lo tanto si ahora:

$$u = f\,[\,(\tau\, c_1 + c_2)\,,\, E1,\, E2,\,]$$

y por optimalidad :

$$\partial u/\partial(\tau\, c_1 + c_2) = A\,\mu_1 / \tau$$
$$= \mu_5\, p_1 / \tau$$

y

$$\partial u/\partial(\tau\, c_1 + c_2) = B\,\mu_2 + C\,\mu_2 + D\mu_4$$
$$= \mu_5\, p_2$$

[70]en realidad es un reconversión técnica

[71]cosa de la que se ocuparán e hacer seguramente las agencias de publicidad

por lo que :

$$A\,\mu_1 / \tau = B\,\mu_2 + C\,\mu_2 + D\mu_4 \qquad \text{--- (f.1}$$

y

$$p_1/\tau = p_2 \qquad \text{---(f.2}$$

Entonces mientras τ sea mayor el costo ambiental ($B\,\mu_2 + C\,\mu_2 + D\mu_4$) de c_2 es menor como proporción del costo ambiental de c_1 ($A\,\mu_1$) y paralelamente p_2 disminuye como proporción de p_1

Es decir mientras c_2 va siendo sustituido por c_1 en la mente de los consumidores el costo marginal del primero tiene que bajar por lo que su precio también lo hace, mientras el consumo de c_2 también disminuye al volverse un producto obsoleto lo que posibilita la existencia de una economía sin externalidades, y por tanto sin obstáculos para la eficiencia ambiental .

Esto favorece también el problema de sustentabilidad por c_2, E1 y E2, pero no la garantiza para c_1 siendo de cualquier manera una solución integral al problema ambiental.

4.3.2: la capacidad de ver a futuro

La capacidad de ver a futuro, es lo que en el modelo planteado es la tasa de descuento intertemporal ρ que se define como el grado en el que el consumo futuro es menos valorado en el presente.

Douglas e Isherwood (1979), exploran las diferentes variables culturales y religiosas que explican desde diferentes marcos teóricos mayor importancia al futuro, y por tanto mayores tasas de ahorro.

Becker (1974) interpreta que sociedades donde los vínculos entre padres e hijos son mayores, las tasas de descuento intertemporal y por tanto la inversión en capital particularmente humano es mayor además de constituir un incentivo para los padres de heredar y consumir menor proporción de su riqueza en vida, aspecto que se observa en sociedades con fuertes lazos afectivos entre sus miembros de diferentes edades.

Además se puede pensar que una sociedad con un sistemas financiero estable y eficiente y formas de propiedad de bienes de capital seguras, provoca que el horizonte de decisiones sea mayor y por tanto las decisiones temporales de la sociedad sean más eficientes y el ahorro y por tanto el bienestar de la sociedad futura sea mayor posibilitando la sustetabilidad ambiental.

4.3.3 la conciencia ecologista

Aunque los costos del daño ambiental no estén contempladas dentro de las decisiones de la mayoría de los consumidores, esto no significa que no importe el contenido ecológico de los productos.

Sobre todo en una economía donde los valores intangibles de lo productos son tan valorados por los consumidores, ansiosos de adoptar estilos y modas capaces de dar algún significado a su vida.

Es por eso que una parte crucial en la estrategia competitiva de una empresa, es el establecimiento de una imagen que de una cualidad única a los productos de la empresa [Porter (1992)] , que no por ser intangibles son irrelevantes. Es más, en algunos casos esta imagen es el principal valor agregado de un producto, y en general es un aspecto cada vez más significativo en la cultura y en la economía mundial.

En este sentido en los últimos años se ha rescatado una conciencia ecológica, que ha hechos que se valoren más el Bienestar Ecológico (E1 y E2), por lo que el consumidor estaría dispuesto a sacrificar más bienes de consumo privado con tal de tener mayor bienestar ambiental.

Es decir: $\frac{\partial K}{\partial E1}$ y $\frac{\partial K}{\partial E2}$ aumentarían porque p2 , también lo haría ya que sabemos por (c.7 que :

$$p2 = B\frac{\partial K}{\partial X_2} + C\frac{\partial K}{\partial E1} + D\frac{\partial K}{\partial E2}$$

Entonces el punto óptimo es de menor consumo del c_2 pero mayor nivel de bienestar ecológico E1 y E2, por lo que este hecho complica incluso la posibilidad de eficiencia ambiental, la hacerse ahora más importante en términos relativos el efecto de la externalidad.

Pero por otra parte se valora más el consumir ***productos ecológicos*** que en términos mercadoténicos es una moda o un estilo.

Quizá no se sabe nada de ecología, ni como el proceso productivo la afecta, pero cada vez la gente es más ecologista. Es más verde. Cada vez el contenido "ecológico- naturista" de los productos es más importante desde un punto de vista mercadotécnico. Y la realidad es que cada vez se adoptan más patrones de consumo más sanos, por lo menos en apariencia.

Es importante advertir que esta moda en realidad no hace que las decisiones de consumo hayan internalizado los costos ambientales, y por tanto estas decisiones se acerquen a un punto de eficiencia ambiental, si no más bien que ahora existen cualidades intangibles apreciadas en el consumo de los bienes limpios, c_1 , y defectos apreciados en los bienes sucios, c_2, por lo que ahora la función de utilidad es"

$$u = f\,(\,c_1\,,\,c_2\,,\,E1,\,E2,\,M(c_1,\,c_2)\,)$$

donde M es la *moda ecológica*

$$\partial u/\partial M > 0$$

$$M_1 > 0 \text{ y } M_2 < 0$$

por lo que ahora:

$$\partial u/\partial c_1 = (\,u_1 + \partial u/\partial M\; M_1\,) \qquad \text{---(f.3}$$

y

$$\partial u/\partial c_2 = (\,u_2 + \partial u/\partial M\; M_2\,) \qquad \text{--- (f.4}$$

donde $\partial u/\partial c_1$ ahora es mayor por lo que p_1 aumenta y $\partial u/\partial c_2$ disminuye por que p_2 disminuye según (b.3 y (b.4

Lo que se tiene entonces, es que los bienes c_2 ambientalmente malos, se consumen menos no por un aumento de su precio si no por una disminución en su valoración, por lo que la cantidad de recursos naturales no renovables consumidos disminuye así como el daño ambiental.

Es decir al disminuir su precio eficiente entonces la cantidad de externalidad que estos deben reflejar en su precio disminuye, facilitando la existencia de eficiencia ambiental.

4.4 la reducción de la escala social

En *Lo pequeño es hermoso* de Shumacher (1974), se hace una revaloración de las ventajas de las unidades de vida[72] pequeña, haciendo énfasis en la mayor productividad económica de las unidades de producción pequeñas y en el alto costo que involucra el mantenimiento de las grandes burocracias administrativas muy comunes en las empresas y gobiernos de la postguerra-

En el problema que nos atañe en este trabajo, la disminución de la escala económica, es una forma de internalizar los costos ambientales que el proceso económico implica, al hacerse estos más directos y evitando el anonimato implícito en toda extenalidad en donde el quién contamina y quién recibe el daño de la misma son diferente persona.

En la medida que se reduce la escala económica, el planificador central del modelo 1 va coincidiendo con el agente racional decentralizado del modelo 2, por lo que se facilita la existencia de eficiencia ambiental e incluso la necesidad de monetizar la economía es algo que quizá no tiene mucho sentido.[73] Es decir la maximización descentralizada va coincidiendo con la de un planeador central.

Es importante advertir que en todo modelo descentralizado, la unidad que maximiza o agente racional es una variable exógena. En general se piensa que esta unidad es el individuo mismo. En otros casos se propone a la familia como unidad de decisión básica [Becker (1989)]. Pero también es posible encontrar evidencias en los que en sociedades que tienen altos lazos vínculos comunitarios, como puede ser el caso de varias culturas indígenas, las unidades racionales de decisión involucran más personas en forma natural, aspecto que sería deseable también desde este enfoque.

---

[72]entendiéndose en este caso tanto de unidades de producción como de consumo.
[73]Estamos en una economía "*Robinson Crusoe*".

Aunque es posible pensar en los atributos de lo pequeño, estos están restringidos a externalidades que involucran a su vez una escala pequeña. Sus principales ***limitantes*** radican en los fenómenos ambientales de escala grande y/o global, como el efecto invernadero por ejemplo, ya que es prácticamente imposible una escala de decisiones racionales de tamaño mundial, aún en el caso de un grado de conciencia ambiental muy grande.

5. Conclusiones

En este trabajo la relación de la economía con el medio ambiente denominada como problema ambiental se dividió en 2 aspectos claramente diferenciados desde donde se establece el desarrollo y conclusiones del mismo:
- la ***eficiencia ambiental*** que determina las condiciones económicas para que una economía sea capaz maximizar el bienestar social determinado a su vez por el consumo de bienes privados como de bienes ambientales[74].
-la ***sustentabilidad ambiental*** que determina las condiciones culturales y económicas para que el bienestar social no disminuya por efecto de las acciones tomadas en el presente, por lo que asegura que el bienestar futuro sea al menos equivalente al del presente.

Por la forma en la que se planteó este trabajo los principales resultados del mismo, se originan de traducir el significado que tienen ciertas condiciones económicas y ambientales de una economía, para el consumidor individual, que toma decisiones de manera descentralizada, tomando como dadas unas preferencias, y a una valoración del tiempo determinados ambos por su cultura, y dada una información manifiesta en los precios, dados por el sistema económico.

Entonces las conclusiones principales de este trabajo provienen de la igualación entre el ***modelo centralizado*** que se refiere a una economía real donde se maximiza el bienestar social tomando en cuenta las restricciones impuestas por la naturaleza y el ***modelo descentralizado***, que se refiere a una economía que maximiza el bienestar en base a una restricción presupuestal usual.

Esta igualación, provoca que podamos ver el consumo de una misma economía desde 2 caras distintas: una que determina niveles de acervos de bienestares ambientales y de recursos naturales, y otra que establece niveles riqueza en función de precios relativos.

[74] que son bienes publicos

En cuanto a la ***eficiencia ambiental***, la primera conclusión es entonces que en una economía ambientalmente eficiente, la relación de ***Costos Ambientales Marginales*** de los bienes de consumo final, que se establecen en el modelo centralizado, debe ser iguales a la relación de ***precios*** que enfrenta el consumidor decentralizado [75] .

De esta forma el precio de cada producto final en una economía descentralizada deben ser igual a su ***Costo Ambiental Marginal***,[76] en términos de riqueza[77] costo que incluye el impacto tanto de bienes privados como públicos, lo que implica la desaparición de la externalidad ambiental, además el CAM al provenir de un modelo de maximización intertemporal, también manifiesta información sobre la forma en la que la sociedad valora el futuro.

Así el consumidor tendrá la información completa del impacto en el tiempo que tiene el consumo de cada bien, y entonces el resultado social será el eficiente.

En cuanto al problema de la ***sustentabilidad ambiental,*** dado que la riqueza es un acervo que posibilita el consumo en el futuro, entonces el consumidor hace necesariamente una valoración del futuro, cada vez que decide consumir hoy algún producto final.

Como consecuencia de lo anterior, cada consumidor decidirá aumentar su riqueza real para asegurar un cierto bienestar en el futuro en caso que valore el futuro o en su defecto decidirá reducir su riqueza en beneficio del bienestar presente a costa de bienestar del futuro, en caso que el futuro sea descontado en forma importante.

Por tanto, bajo el supuesto que los precios funciona eficientemente, el rendimiento del capital o riqueza, manifiesta información también de la tasa de regeneración de los recursos naturales de la biodiversidad así como al tasa de aborsión de la contaminación [78].

---

[75] ecuación (e.3

[76] CAM para simplificar

[77] ecuaciones (e.6 y (e.7

[78] ecuaciones (e.2 y (e.5'' .

En consecuencia la decisión de ***ahorrar*** entendida como el aumento en la riqueza, implica también el incrementar los recursos naturales y la biodiversidad, y en disminuir la contaminación al ser considerados estos parte de la riqueza, lo que implica la existencia de ***sustentabilidad ambiental*** en los términos definidos en este trabajo.

apéndices y figuras

apéndice1

a)

caso1

$$\underset{(+)}{\dot{\mu}_i} = \underset{(-)}{\dot{Z}_u}\ \underset{\substack{(+)\\(-)}}{u_i}\ \underset{(+)}{e^{-\rho t}} + \underset{(+)}{Z_u}\ \underset{\substack{(+)\\(+)}}{\dot{u}_i}\ \underset{(+)}{e^{-\rho t}} + \underset{(+)}{Z_u}\ \underset{\substack{(+)\\(-)}}{u_i}\ \underset{(-)}{e^{-\rho t}}(-\rho)$$

donde i = [1,4]

entonces, para asegurar que $\dot{\mu}_i > 0$, $\dot{u}_i > 0$ necesariamente.

b)

caso2

$$\underset{(-)}{\dot{\mu}_i} = \underset{(+)}{\dot{Z}_u}\ \underset{\substack{(+)\\(+)}}{u_i}\ \underset{(+)}{e^{-\rho t}} + \underset{(+)}{Z_u}\ \underset{\substack{(-)\\(-)}}{\dot{u}_i}\ \underset{(+)}{e^{-\rho t}} + \underset{(+)}{Z_u}\ \underset{\substack{(+)\\(+)}}{u_i}\ \underset{(+)}{e^{-\rho t}}(-\rho)$$

donde i = [1,4]

entonces, para asegurar que $\dot{\mu}_i < 0$, $\dot{u}_i < 0$ necesariamente.

apéndice2

ecuaciones

$$Z = \max_{c1,\,c2} \int_0^{\infty} u(c_1, c_2, E1, E2) e^{-\rho t} dt$$ ---función objetivo

$\dot{X}1 = \varepsilon_1 - A\,c_1$ --- (a.1

$\dot{X}2 = -B\,c_2$ --- (a.2

$\dot{E}1 = \varepsilon - C\,c_2$ --- (a.3

$\dot{E}2 = F - D\,c_2$ --- (a.4

$u_1 = \mu_1 A$ --- (a.5

$u_1(t)\ e^{-\rho t} = A\dfrac{\partial Z}{\partial X1}$ --- (a.5′

$\dot{u}_1 = A\dot{\mu}_1$ --- (a.5″

$u_2 = \mu_2 B + \mu_3 C + \mu_4 D$ --- (a.6

$u_2(t)\ e^{-\rho t} = B\dfrac{\partial Z}{\partial X2} + C\dfrac{\partial Z}{\partial E1} + D\dfrac{\partial Z}{\partial E2}$ --- (a.6′

$\dot{u}_2 = B\dot{\mu}_2 + C\dot{\mu}_3 + D\dot{\mu}_4$ --- (a.6″

$\dot{\mu}_1 = \rho\ \mu_1$ --- (a.7

$\dot{\mu}_2 = \rho\ \mu_2$ --- (a.8

$\dot{\mu}_3 = (\rho - \varepsilon')\,\mu_3 + u_3$ --- (a.9

$\dot{\mu}_4 = (\rho + F')\,\mu_4 + u_4$ --- (a.10

$\dot{K} = g - p_1 c_1 - p_2 c_2$ --- (b.1

$u_1 = \mu_5\ p_1$ --- (b.2

$\dot{u}_1 = \dot{\mu}_5 p_1 + \mu_5\ \dot{p}_1$ --- (b.2′

$p_1 = A\,\mu_1/\mu_5$ --- (b.2″

$u_2 = \mu_5\ p_2$ --- (b.3

$\dot{u}_2 = \dot{\mu}_5 p_2 + \mu_5\ \dot{p}_2$ --- (b.3′

$p_2 = u_2 / \mu_5$ --- (b.3″

$u_2 = \mu_5 p_2$ --- (b.3

$\dot{u}_2 = \dot{\mu}_5 p_2 + \mu_5 \dot{p}_2$ --- (b.3′

$p_2 = u_2 / \mu_5$ --- (b.3″

$\dot{\mu}_5 = \rho \mu_5$ --- (b.4

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{A\mu_1}{B\mu_2 + C\mu_3 + D\mu_4}$$ --- (c.1

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{A\lambda_1}{B\lambda_2 + C\lambda_3 + D\lambda_4}$$ --- (c.1′

$$\frac{u_1}{p_1} = \frac{u_2}{p_2}$$ --- (c.2

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{p_1}{p_2}$$ --- (c.2′

$$\frac{A\lambda_1}{B\lambda_2 + C\lambda_3 + D\lambda_4} = \frac{p_1}{p_2}$$ --- (c.3

$A\mu_1 = p_1 \mu_5$ --- (c.4

$$A \frac{\partial Z}{\partial X_1} e^{\rho t} = p_1 \frac{\partial Z}{\partial K} e^{\rho t}$$ --- (c.4′

$B\mu_2 + C\mu_3 + D\mu_4 = p_2 \mu_5$ --- (c.5

$$B\frac{\partial Z}{\partial X_2} e^{\rho t} + C \frac{\partial Z}{\partial E1} e^{\rho t} + D \frac{\partial Z}{\partial E2} e^{\rho t} = p_2 \frac{\partial Z}{\partial K} e^{\rho t}$$ ---(c.5′

$$p_1 = A \frac{\partial K}{\partial X_1}$$ --- (c.6

$$p_2 = B \frac{\partial K}{\partial X_2} + C \frac{\partial K}{\partial E1} + D \frac{\partial K}{\partial E2}$$ --- (c.7

$\dot{u} \geq 0$ --- (d.1

$u_1 \dot{c}_1 + u_2 \dot{c}_2 + u_3 \dot{E}_1 + u_4 \dot{E}_2 \geq 0$ --- (d.1′

$\dot{\mu}_1 A = \dot{\mu}_5 p_1 + \mu_5 \dot{p}_1$ --- (e.1

$$\frac{\dot{p}_1}{p_1} = g' - s_1' \qquad \text{--- (e.2}$$

$$s_1' = g' - \frac{\dot{p}_1}{p_1} \qquad \text{--- (e.2}'$$

$$B\dot{\mu}_2 + C\dot{\mu}_3 + D\dot{\mu}_4 = \dot{\mu}_5 p_2 + \mu_5 \dot{p}_2 \qquad \text{--- (e.3}$$

$$\dot{p}_2 = -(\rho - g')p_2 + 1/\mu_5 [\, \mu_2 \rho B + (\mu_3(\rho - \varepsilon') - u_3)C + (\mu_4(\rho + F') - u_4)D] \qquad \text{--- (e.4}$$

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = \left(g' - \frac{\mu_3}{u_2} C\, \varepsilon' - \frac{\mu_4}{u_2} D\,(-F') - \left[\frac{u_3 C + u_4 D}{u_2}\right]\right) \qquad \text{--- (e.5}$$

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = (g' - \psi - \eta) \qquad \text{--- (e.5}'$$

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} = (g' - \gamma) \qquad \text{--- (e.5}''$$

$$\gamma = g' - \frac{\dot{p}_2}{p_2} \qquad \text{--- (e.5}'''$$

$$\psi = \frac{\mu_3}{u_2} C\, \varepsilon' + \frac{\mu_4}{u_2} D\,(-F') \qquad \text{--- (e.6}$$

$$\eta = \left[\frac{u_3 C + u_4 D}{u_2}\right] \qquad \text{--- (e.7}$$

$$\gamma = \psi + \eta \qquad \text{--- (e.8}$$

$$\frac{\dot{u}_1}{u_1} = \rho - s_1' \qquad \text{--- (e.9}$$

$$\frac{\dot{u}_2}{u_2} = \rho - \gamma \qquad \text{--- (e.10}$$

$$\rho - g' = (\rho - s_1') - (g' - s_1') \qquad \text{--- (e.11}$$

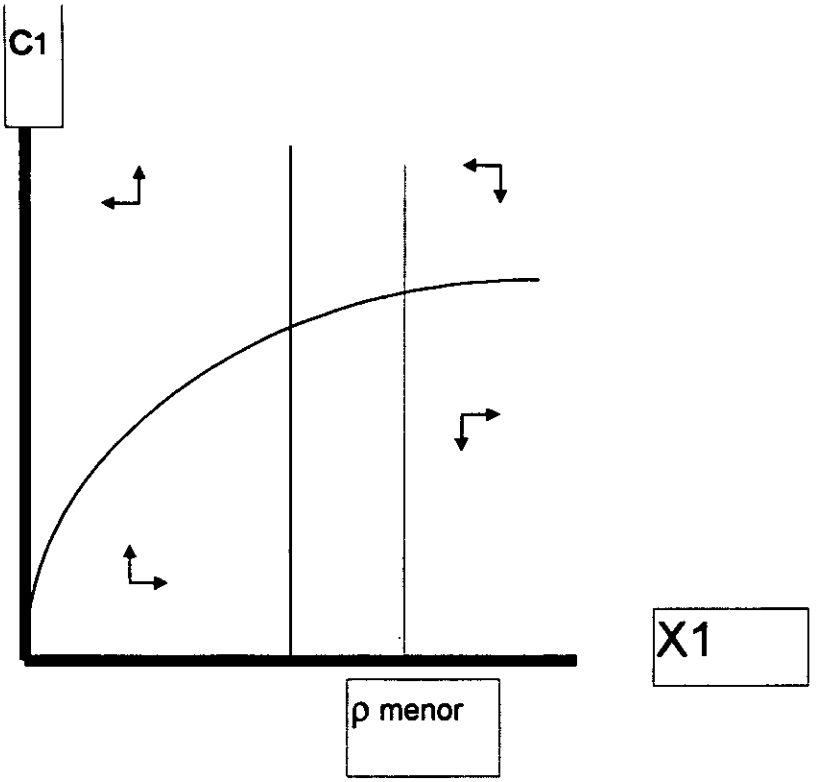

Figura 1

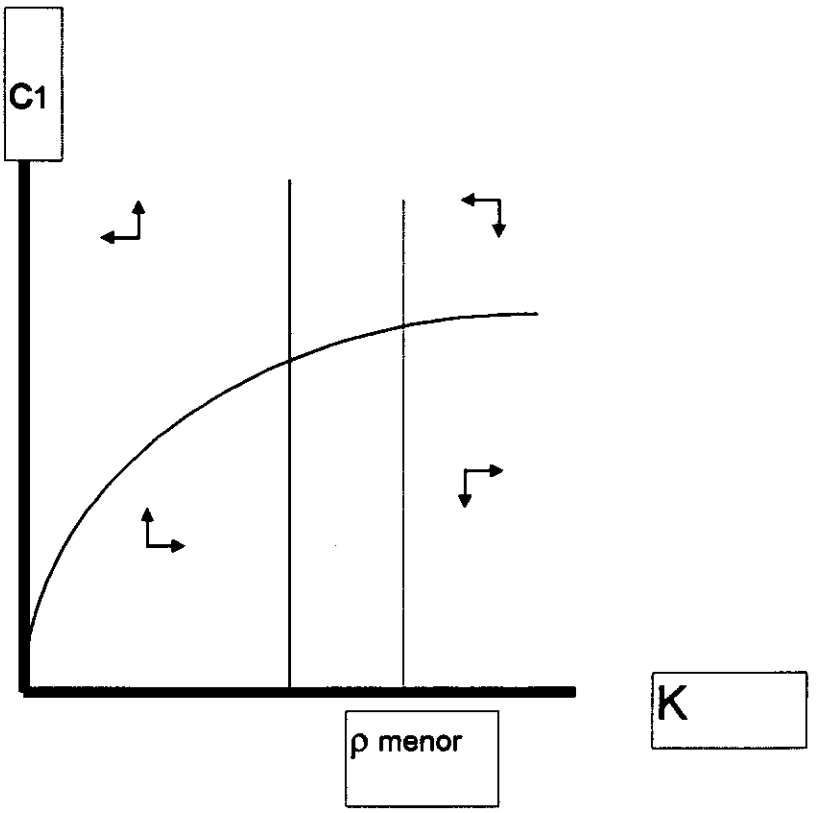

Figura 2

$$\rho - g' = (\rho - \gamma) - (g' - \gamma) \qquad \text{--- (e.12}$$

$$\frac{\mu_3}{u_2} C + \frac{\mu_4}{u_2} D < 1 \qquad \text{--- (e.13}$$

$$\frac{\dot{p}_2}{p_2} - \frac{\dot{p}_1}{p_1} = s_1' - \gamma \qquad \text{---(e.14}$$

$$s_1' = g' - \frac{\dot{p}_1}{p_1} \qquad \text{--- (e.2'}$$

$$A\,\mu_1 / \tau = B\,\mu_2 + C\,\mu_2 + D\mu_4 \qquad \text{--- (f.1}$$

$$p_1/\tau = p_2 \qquad \text{--- (f.2}$$

$$\partial u/\partial c_1 = (\, u_1 + \partial u/\partial M\, M_1 \,) \qquad \text{--- (f.3}$$

$$\partial u/\partial c_2 = (\, u_2 + \partial u/\partial M\, M_2 \,) \qquad \text{--- (f.4}$$

bibliografía

Barth, Fredrik, (1994) *Diversidad Cultural Global en una economía de mundo lleno*, Antropológicas, no. 10 (nva. época),

Becker Gary, (1974) *A theory of social interactions*, Journal or Political Economy vol 82, no. 6,

---, (1989) *On the Economics of the family: Reply to a Skeptic*, The American Economic Review, vol 79 no.3.

---, (1991) *Rational Adiction and de effect of price consumption*, CSES.

---, (1971) *Teoría económica*

---, (1991) *Habits, Adictions, and Traditions*, KIKLOS, vol.45,

---, (1993) *Nobel lecture: The economic Way of looking at behavior*, Journal of Political Economy, vol101,no.3.

--- y Michael R.T. , (1973) *On the new Theory of the Consumer Behavior*, Swedish Journal of Economics, 75(4),

Belamy, J, (1992) ,*La ley general absoluta de la degradación ambiental en el capitalismo*, Ecología Política,4

Conrad J.M: y Clark C.W, (1987) *Natural resoerce and ecomomics. Notes and problems*, Cambridge University Press.

Chiang, A.C, (1984) *Fundamental Methods of Mathematical Economics*, McGraw-Hill.

Douglas M. e Isherwood B. (1990) *El mundo de los bienes. Hacia una antropología del consumo.* Grijalbo.

Daly H.E, (1993) *Para el bien común. (Reorientando la economía hacia la comunidad el ambiente y un futuro sostenible)* FCE.

---, (1982), (compilador), *Economía, Ecología, Etica, Ensayos hacia una economía en estado estacionario*, FCE.

Edwards W, (1967). *Teoría Conductista de la decisión*, Toma de decisiones , FCE .

Ewer, Stuart, (1991) *Todas las imágenes del consumismo (la política del estilo en la cultura contemporánea*, Grijalbo.

Fromm, Erich (1957) *Psicoanálisis de la sociedad contemporánea* ,CFE.

Georgescu-Roegen, Nicholas (1989) , *La ley de la entropía y las leyes de la termodinámica*, Economía Ecología ética, CFE.

Kaldor N. y Mirrlees J.A. (1979) *Modelo de crecimieto con progreso técnico inducido en Economía del crecimiento* selección de Amartya. Sen FCE.

Kolstad, C.D. y Krautkraemer J.A (1993) *Natural Resource Use and the Environment* en Handbook of natural resource and energy economics, ESP.

Janvry Alain de, E. Sadoulet y B, Santos. (1995), *Proyect Evaluation of Sustainable Rural Development: Plan Sierra in the Dominican Republic*, Journal of Environmental Economics and Management 28, pp.135-154.

Marcuse Herbert (1990), *La ecología y la crítica a la sociedad moderna*, Ecología Política 5.

Martinez Alier J. y Schlüpman K (1991), *La ecologia y la Economía*. FCE .

Meacows, D:H, Meadows D.L. y Randers J. (1992), *Mas allá de los límites del crecimiento*, El País-Aguilar.

O'Connor (1991) , *One the two contradictionsof Capitalism*, CNS, (october) .

Pearce David W. (1974), *Economía Ambiental* , FCE .

--- y Turner K. (1990), *Economics of natural resources and the environment*, Harvester Wheatsheaf.

Porter, M (1992), *Estrategia Competitiva* CECSA.

Sacco L.(1994), *Selection Mechanism in Economics* Behavioral Science 39 .

Savage, L.J. (1979), *Comentarios históricos y críticos sobre la Utilidad en Toma de decisiones*, FCE.

Sen, A. (1987), *Sobre ética y economía* Alianza-CONACULTA.

Schumacher E.F.(1974), *Lo pequeño es hermoso* Hermarn Blume

Smith VK, (1981), CO_2 *Climate and Statistical Inference: Anote on Asking the right questions* , Journal of Environmental Economics and Magemente 8, 391-394 .

Solow, R.M. (1979), *Progreso técnico y cambio en la productividad en Economía del crecimiento selección de* Amartya. Sen FCE.
--- , (1974), *Intergenerational Equity and Exhaustuble Resources*, Review of Economic Studies, pp. 29-45

Stiglitz Joseph E. (1988) *La economía del sector público*, Tabacalera.

Varian, H.R.(1987) Microeconomía Intermedia, 1a. edición
---, (1992), Microeconomic Analysis, Third edition, Norton and Company.

WCED, (1987) *Our common future* , Oxford University Press.

Wirl Franz (1994) *The ciclical Explotation of Renewable Resource Stocks May be Optimal*, Journal of Envirenmental Economics an Management 29, marzo .