

Sustentabilidad

(*Sustainability*)

Badii, M. H. y J. L. Abreu *

Resumen. Se describe de manera breve la noción de la sustentabilidad y su historia. Se marcan los principios de desarrollo sustentable en función del manejo sustentable de los recursos. Se notan algunos modelos de uso actual como los de logístico, poza dinámica y el rendimiento máximo sustentable. Se describen de forma somera la sustentabilidad de la cobertura forestal y las fuentes de los recursos farmacéuticos. Finalmente, se toman en cuenta los fundamentos relacionados con el crecimiento, la utilización y el desarrollo sustentable del medio ambiente y sus recursos. Se puntualiza el derecho y la voluntad del hombre como una fuerza constructor o destructor en el ambiente.

Palabras claves: Degradación ambiental, desarrollo sustentable, modelos de sustentabilidad

Abstract. The notion and the history of sustainability are briefly discussed. Sustainable development with regards to sustainable management of resources is highlighted. Some current models of sustainability such as logistic, dynamic well and maximum sustainable yield are noted. A brief description of sustainability of forest cover as well as sources of pharmaceuticals is described. Lastly, the basics of growth, utilization and sustainable development of the environment and its resources are discussed. Reference to man's right and will as the builder or destructor force in the environment is noted.

Key words: Environmental degradation, models of sustainability, sustainable development

Introducción

El desarrollo sustentable es el desarrollo que cumple las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para cumplir sus propias necesidades (WCED, 1987). Asimismo, Goodland (1995) habla de un desarrollo sustentable donde se deben integrar, la sustentabilidad social, ambiental y económica. La primera se refiere a una serie de valores morales comunitarios que requieren mantenimiento y reforzamiento; la segunda busca mejorar el bienestar humano mediante la protección de las fuentes de materias primas; y la tercera busca la estabilidad o mantenimiento del capital económico.

La necesidad de la sustentabilidad surgió del reconocimiento de la extravagancia e inequidad de la naturaleza de los patrones de desarrollo actuales, que al proyectarse en un futuro no muy lejano, conducían a imposibilidades biofísicas. Asimismo, los efectos de las malas decisiones de manejo se vienen observando constantemente. De esta manera, la transición hacia la sustentabilidad ambiental es urgente debido al deterioro de los sistemas globales de soporte de vida impone un tiempo límite. La sustentabilidad ambiental busca sostener los sistemas de soporte globales de vida de manera indefinida. Las capacidades fuente del ecosistema global proveen materia prima: alimento, agua, aire, energía y capacidades de sumidero asimilan los productos o desperdicios. Estas capacidades fuente-sumidero son amplias pero finitas; la sustentabilidad requiere que sean mantenidas en lugar de que sean agotadas. Al final, la razón de

la búsqueda de la sustentabilidad es proteger la vida del humano en base al mantenimiento de especies que éste utiliza; mientras que aquellas que no son de utilidad directa son enormemente sub-evaluadas en la economía (Goodland 1995).

Historia de la sustentabilidad

Una noción de la sustentabilidad económica fue firmemente mostrada en los escritos de Mill (1900) y Malthus (1836, 1878). El primero enfatizaba que el ambiente (“La Naturaleza”) necesita ser protegida del crecimiento sin restricciones si se quiere preservar el bienestar humano. El segundo, enfatizaba en las presiones de un crecimiento poblacional exponencial sobre la base de recursos finitos. Literatura moderna Malthusiana es ejemplificada por Erlich y Erlich (1989, 1991) y Hardin (1968, 1993). Asimismo, en un enfoque más amplio, Daly (1973, 1974, 1977, 1990) demuestra claramente las presiones de la población y el consumo sobre los recursos naturales, además de considerar el factor crítico de la escala; menciona tres reglas: 1) para todo recurso renovable el ritmo o tasa de explotación no puede superar su tasa de regeneración; 2) para todo recurso no renovable su tasa sostenida de explotación no puede ser superior a la tasa a la cual una fuente renovable sustitutiva puede ser aprovechada de forma sostenible; y 3) cualquier tipo de contaminación su tasa sostenible de emisión no puede superar la tasa a la cual puede ser reciclado, absorbido o esterilizado por el medio ambiente.

Por su parte, existen también autores que rechazan el concepto de sustentabilidad, principalmente economistas como Beckerman (1994). Por su parte, Meadows et al. (1972, 1992) concluyeron que “es posible alterar estas tendencias de crecimiento y establecer una condición de estabilidad ecológica y económica que sea sustentable en el futuro”. El debate entre las cuestiones de crecimiento y sustentabilidad ha continuado desde la aparición del concepto. Sin embargo, recientemente se ha inclinado la balanza hacia la última, donde ganadores del premio Nobel de Economía como Haavelmo y Hansen (1992) y Tinbergen y Huetting (1992) repudian el crecimiento de consumo de recursos y urgen una transición hacia la sustentabilidad. Asimismo, el Banco Mundial adoptó esta posición desde 1984 y actualmente la promueve activamente (Serageldin et al., 1995, Serageldin y Steer 1994). Goodland et al. (1992) apoyados por Tinbergen y Haavelmo hicieron el caso en que de hecho existen límites, que la economía humana los ha alcanzado en muchos lugares, que es imposible crecer hacia la sustentabilidad, que las capacidades de fuente y sumidero del ambiente complementan el capital antropogénico, y que no hay manera de que el hemisferio sur pueda alcanzar al norte en su estilo consumista actual.

Manejo sustentable de los recursos naturales

El problema central de campos económicamente orientados como el manejo forestal, agricultura, pesquerías y manejo de vida silvestre, es el cómo producir la mayor cosecha sin poner en peligro el recurso que está siendo utilizado, es decir llevar a cabo un manejo sustentable. Lo anterior puede ser ilustrado con un problema simple del manejo forestal: si se está manejando una parcela forestal que está madurando, obviamente no se cortarían árboles cuando son renuevos porque esto conduciría poca producción de madera y menor ganancia; en el otro extremo, no se dejaría a los árboles hacerse muy viejos y empezar a decaer porque se obtendría poca madera; en algún punto entre estos dos extremos existe un punto óptimo para cosechar los árboles, y el problema es cómo identificarlo (Badii et al., 2000, Badii, 2004, Krebs, 2001).

Para cualquier población cosechada, la unidad de medida importante es la cosecha o rendimiento. Este puede ser expresado en números o en peso de organismos, y siempre involucra alguna unidad de tiempo (a menudo un año). El interés es obtener el rendimiento óptimo de cualquier población cosechada (Krebs, 2001). El concepto de rendimiento máximo sostenido ha sido la base del manejo científico de los recursos desde los 1930's (Larkin 1977).

Russell (1931) fue uno de los primeros en lidiar en detalle con los problemas de cosecha en las pesquerías. En cualquier población de peces en explotación, generalmente existe una porción de la población que no puede ser capturada debido al tipo de equipo usado o de manera intencionada. El sector cosechable de la población es llamado la reserva (stock). Para una pesquería, el interés se centra normalmente en el peso, así es que en lugar de individuo se trata con unidades de biomasa. Russell resaltó que dos factores decrecían el peso de la reserva durante un año: mortalidad natural y mortalidad de pesca. De manera similar, dos factores lo incrementaban: crecimiento y reclutamiento. Por lo tanto, esta relación se puede representar mediante la siguiente ecuación:

$$S_2 = S_1 + R + G - M - F$$

donde, S_2 = peso de la reserva al final del año

S_1 = peso de la reserva al inicio del año

R = peso de los nuevos reclutas

G = crecimiento en peso de los peces que permanecen vivos

M = peso de los peces removidos por muerte natural

F = rendimiento de la pesquería

Si se desea balancear la población de peces. $S_1=S_2$, entonces,

$$R + G = M + F$$

Esto significa que una etapa de no explotación ($F=0$), en el cual la reserva de biomasa permanezca aproximadamente constante de un año a otro, todo el crecimiento y reclutamiento es en promedio balanceado por la mortalidad natural. Cuando la explotación inicia, el tamaño de la población explotada es generalmente reducido, y la pérdida en la pesquería es compensada por cambios como 1) mayor tasa de reclutamiento, 2) mayor tasa de crecimiento, o 3) mortalidad natural reducida. En algunas poblaciones ninguna de esas ocurre, y la población es explotada hasta la extinción debido a que la parte derecha de la ecuación siempre excede la izquierda. Cabe notar que la estabilidad a cualquier nivel de densidad de población es descrita como: Reclutamiento + crecimiento = pérdidas naturales + rendimiento de pesca

Entonces surge la pregunta crucial: ¿qué nivel de estabilización de la población provee el mayor peso de captura para la pesquería? Uno de los primeros intentos por resolver este problema fue

realizado por Graham (1935), que propuso la teoría de la curva sigmoidea. Sugirió que si se tiene una reserva muy pequeña de peces en un área vacía del mar, dicha población crecería siguiendo una curva sigmoidea, al igual que la primera ecuación descrita. Inicialmente, la población crece más lentamente en tamaño absoluto, alcanza una tasa máxima de incremento cerca de la mitad de la curva, y crece lentamente de nuevo cuando alcanza la asíntota de máxima densidad. La terminología de la ecuación logística puede ser utilizada para mostrar que dos factores interactúan para determinar la cantidad de incremento por año. Por ejemplo, $K=200$ y $r=1.0$

<i>Punto en la curva</i>	<i>Tamaño de la población</i>	$\frac{K - N}{K}$	rN	<i>Tamaño del incremento por año</i>
S ₁	20	0.90	20	18
S ₂	50	0.75	50	38
S ₃	100	0.59	100	50
S ₄	150	0.25	150	38
S ₅	180	0.10	180	18

De acuerdo a la ecuación logística, la cantidad de incremento en la población depende de la capacidad de carga (K), la tasa intrínseca de crecimiento (r) y el tamaño poblacional actual (N):

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right)$$

y esto resulta máximo en el punto medio de la curva.

Si se desea mantener el rendimiento máximo de dichas poblaciones, Graham señala que se deben mantener las reservas alrededor del punto S₃ de la curva. El punto importante aquí es que la máxima producción de dicha población no es cercana al tope de la curva, donde la población de peces es relativamente densa, sino a una densidad menor. Esto puede ser expresado como la primera regla de la explotación: el rendimiento máximo es obtenido de poblaciones a una densidad menor de la máxima.

Las estadísticas vitales de una población explotada (reclutamiento, crecimiento y mortalidad natural) pueden ser función de la densidad de población y también de la composición de edad. Existen dos aproximaciones para determinar el rendimiento óptimo: los modelos logísticos (modelos de rendimiento, modelos de producción de reserva, o modelos Schaefer) y modelos de poza dinámica (Schaefer, 1968).

Modelos logísticos

En los modelos logísticos, no se distingue entre crecimiento, reclutamiento y mortalidad natural, sino que se les combina en una sola medida, tasa de crecimiento poblacional, la cual está en

función del tamaño de la población. La teoría de la curva sigmoidea de Graham es un ejemplo de este tipo de modelo, donde el caso general puede ser descrito como: Tasa de incremento de la población = $f(\text{tamaño de la población})$ – cantidad de pérdidas de pesca.

Si se especifica que la función del tamaño poblacional es una función lineal simple, entonces:

$$f(\text{tamaño de la población}) = r \left(\frac{K - N}{K} \right) = r - \left(\frac{rN}{K} \right)$$

se obtiene la ecuación logística modificada por las pérdidas de pesca:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right) - qXN$$

donde N = tamaño de la población

t = tiempo

r = tasa de crecimiento poblacional per capita

K = densidad asintótica (en ausencia de pesca)

q = capturabilidad (una constante)

X = cantidad de esfuerzo de pesca (donde qX = tasa de mortalidad de pesca)

Los supuestos ecológicos del modelo son que los tiempos de rezago no operan en el sistema, que la estructura de edad no tiene efecto en la tasa de crecimiento poblacional, y que la capturabilidad permanece constante en todas las densidades de peces. Este modelo, aunque general, puede ser útil para poblaciones que se encuentran en estados aproximadamente constantes en la ausencia de pesca y que no cambian enormemente de año a año.

Modelos de poza dinámica

Los modelos de poza dinámica de poblaciones cosechadas son biológicamente más explícitos debido a que incluyen estimaciones de crecimiento, reclutamiento y mortalidad para la población bajo manejo. Dichos modelos se originaron en un libro clásico de pesquerías (Beverton y Holt, 1957) representando una aproximación biológicamente realista al manejo de pesquerías que atrajo fuertemente a los científicos de pesquerías. Beverton y Holt aplicaron las matemáticas al problema de definir el rendimiento óptimo de una pesquería. En estos modelos, se supone que la tasa mortalidad natural es constante, independiente de la densidad y la misma para todas las edades; las tasas de crecimiento se suponen ser específicas a la edad pero no relacionadas con la densidad de población. La mortalidad de pesca (esfuerzo) es supuesta al igual que una mortalidad natural. Dichos supuestos son irreales, pero sirven de punto de partida. El objeto es determinar qué rendimiento se producirá a un nivel dado de mortalidad de pesca. En este modelo

simple, el tamaño de la población de reclutas R , después de t años en la población pescada está dada por la fórmula para decremento geométrico:

$$N_t = R e^{-(F+M)t}$$

donde, N_t = número de reclutas vivos a los t años después de entrar a la pesquería

t = tiempo en años desde que los reclutas entraron a la pesquería

R = número de reclutas originales

F = tasa de mortalidad de pesca instantánea

M = tasa de mortalidad natural instantánea

Esta es la curva familiar de incremento geométrico (o decremento). Si $R=1$, esta fórmula da la fracción de reclutas vivos a cualquier tiempo dado desde su entrada a la pesquería. El rendimiento de la pesquería en este modelo simple es definido como

Rendimiento= (número en clase de edad) x (peso promedio) x (tasa de mortalidad de pesca)

sumado sobre todas las clases de edad atrapadas en la pesquería. Esto puede ser escrito como sigue:

$$Y = \sum_{t=T_c}^{\infty} F N_t W_t$$

donde, Y = rendimiento en peso por un año

F = tasa de mortalidad de pesca instantánea por año

N_t = tamaño de la población de los peces de edad t

W_t = peso promedio de los peces de edad t

T_c = edad a la cual el pez entró a la pesquería

Rendimiento óptimo

En muchas situaciones el rendimiento máximo no es una meta deseable (Krebs, 2001). En la pesca deportiva, por ejemplo, el objeto es maximizar la recreación, y los peces deseables son a menudo los grandes. Los cazadores de grandes mamíferos pueden poner más énfasis en el estatus

de trofeo de los animales que cosechan, de manera que la cosecha de animales de vida silvestre se hace a menudo sin la meta de un rendimiento máximo sostenido. Asimismo, en cualquier pesquería que coseche varias especies al mismo tiempo, es imposible que mantenga el máximo rendimiento sostenible para todas las especies. Incluso dentro de una sola especie existen subpoblaciones con distinta resistencia a la cosecha. Además, cualquier especificación del máximo rendimiento sostenible incluye factores económicos: el verdadero rendimiento de las pesquerías no son peces, sino dinero, y lo que es óptimo para un economista, no lo es necesariamente para un biólogo.

En el modelo que se muestra en la figura 1, es importante resaltar que el rendimiento máximo sostenible, el pico de la curva, no es el mismo punto que la mayor renta económica (ingreso total-costo total). La máxima ganancia económica siempre ocurrirá a una intensidad de pesca menor que el rendimiento máximo. Si este modelo simple prevaleciera, el manejo económico de las pesquerías siempre sería una estrategia de manejo biológicamente segura. Sin embargo, esto no es siempre así, Gordon (1954) demostró que en una pesquería sin manejo le único equilibrio social que se alcanzaría, ocurriría en el punto donde los costos totales igualan los ingresos totales, lo cual está más allá del rendimiento máximo sostenido. Este tipo de explotación tiene sentido bajo las teorías económicas actuales, pero conlleva una sobreexplotación de las poblaciones y desastres ecológicos. Los rendimientos sostenibles raramente pueden ser alcanzados sin fuertes controles sociales o políticos sobre la cosecha permitida.

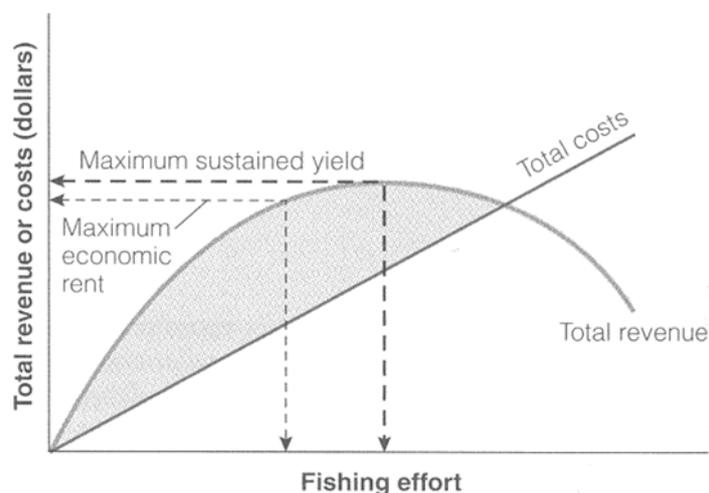


Figura 1. Relación entre el esfuerzo y los costos y el rendimiento máximo sustentable (Fuente. Krebs (2001)).

Recursos naturales: fuente sustentable de productos farmacéuticos

Genes, enzimas y demás compuestos bioquímicos se han convertido en una fuente importante de innovación en las industrias agroquímica, farmacéutica, de cosméticos y de biotecnología (Oldfield, 1984, Klocke, 1989, Myers, 1992, Pollock, 1992, en Artuso, 1996). Aunque los compuestos químicos aislados de material biológico tan solo proveen de un punto de partida para

el desarrollo de productos, el acceso a sustancias químicas nuevas se ha convertido en una valiosa contribución a muchos procesos de investigación y desarrollo. Otra razón del creciente interés internacional en la prospección bioquímica es la esperanza de que algún día pueda proporcionar considerables incentivos económicos para la protección de la diversidad biológica (Artuso, 1996).

El término prospección bioquímica se refiere a cualquier actividad que entrañe la evaluación intencional de material biológico silvestre en busca de descubrimientos de valor económico. A continuación se presenta un modelo teórico que ayude a la toma de decisiones durante el proceso farmacéutico de investigación y desarrollo sustentable a partir de recursos naturales (Artuso, 1996): Sea $enpv_n$ el valor actual de los beneficios netos previstos tras la culminación exitosa de la etapa final del proceso de investigación y desarrollo (es decir, los beneficios netos previstos en relación con la aprobación de los organismos reguladores para comercializar un nuevo medicamento). Los compuestos obtenidos biológicamente que no arrojan resultados positivos en un examen selectivo o prueba en particular, pueden sin embargo seguir brindando algunos beneficios en términos de conocimientos sobre la estructura molecular de los agentes terapéuticos eficaces. Por lo tanto, sea f_n el valor actual de presente previsto de los beneficios, si los hay, relacionados con el fracaso o los resultados negativos de la etapa final. Sea s_n la probabilidad de resultados positivos en la etapa n , que depende de que un compuesto haya cumplido con el proceso de investigación y desarrollo para llegar a la etapa final. Por lo tanto, la probabilidad condicional de fracaso en la etapa final estaría dada por la expresión $(1-s_n)$. Por último, sea pvc_n el valor actual, por compuesto, del costo de realización de la etapa final. Tras la culminación exitosa de la etapa $n-1$, el beneficio neto previsto con la realización de la etapa n , es por lo tanto igual a:

$$(1) \quad enpv_{n-1} = (s_n)(enpv_n) + (1-s_n)(f_n) - pvc_n$$

De igual modo, tras la culminación exitosa de la etapa $n-2$, el beneficio previsto con la realización de la etapa $n-2$, el beneficio previsto con la realización de la etapa $n-1$ estará dado por la expresión:

$$(2) \quad enpv_{n-2} = (s_{n-1})(enpv_{n-1}) + (1-s_{n-1})(f_{n-1}) - pvc_{n-1}$$

Como se muestra en la Figura 2, este proceso de recorrer el árbol de decisiones en sentido inverso, conocido como “premediación” y “repliegue”, puede repetirse una y otra vez para calcular el valor previsto de la realización de exámenes selectivos en un extracto biológico o un compuesto sintético. La forma repetitiva de la ecuación (1) puede emplearse para calcular el beneficio neto previsto al final de cualquier etapa, según se indica a continuación: (siendo $s_i=1$)

$$(3) \quad enpv_i = enpv_n \prod_{j=i+1}^n (s_j) + \sum_{j=i+1}^n \left\{ (1-s_j)f_j - pvc_j \prod_{k=i}^{j-1} (s_k) \right\}$$

La ecuación (3) puede utilizarse para calcular el valor previsto de un extracto o compuesto que ha pasado por una o varias etapas del proceso de investigación y desarrollo. Dicha ecuación también se puede multiplicar por el número de extractos que se están ensayando y la cantidad de

indicadores terapéuticos incluidos en la etapa de exámenes selectivos primarios, para calcular el valor de la realización de tareas de investigación y desarrollo con N extractos del producto biológico y M indicadores diferentes. Sin embargo, esta sencilla formulación lineal del valor previsto del ensayo de N extractos en función de M objetivos terapéuticos solo resulta apropiada si la organización encargada de la prospección puede adoptar otro objetivo terapéutico en reemplazo de una de las metas de examen selectivo para la que se ha hallado un nuevo medicamento o varios elementos que aseguran posiciones de ventaja promisorias.

Sin embargo, si dicha organización solo está equipada para realizar exámenes selectivos en función de las M metas terapéuticas originales, a medida que avanzan aquellos exámenes, la mayor posibilidad de descubrir un nuevo medicamento a partir de un extracto ya ensayado reduce el valor previsto de la realización de exámenes selectivos con cada extracto adicional (Simpson et al., 1994). En tal caso, el valor previsto del ensayo del extracto número “ j ” se puede calcular multiplicando la ecuación (3) por $(1-S)^j$, donde “ S ” indica la probabilidad de que los ensayos de un extracto arrojen resultados positivos en todas las etapas del proceso de investigación y desarrollo.

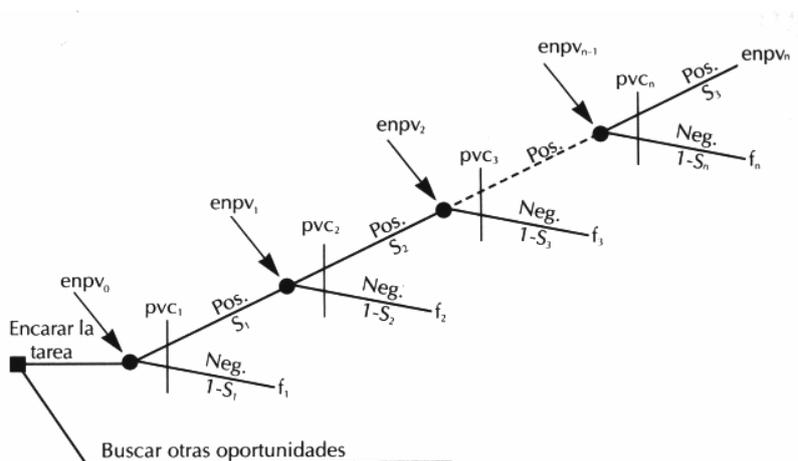


Figura 2. Árbol de decisiones en relación con la oportunidad de prospección bioquímica.

Sustentabilidad en la cobertura forestal

Prasad y Badarinath (2005) utilizaron indicadores socioeconómicos y biofísicos como criterio para detectar “hotspots” de cambios de cobertura forestal en una zona boscosa al sur de India. Se refieren a “hotspots” como lugares donde los cambios en la cobertura vegetal son anticipados en el futuro. El área y extensión de los distintos tipos de uso de suelo/cobertura vegetal fueron

determinadas mediante sensoria remota (Tabla 1). Además, la agricultura, ganadería y actividades forestales han ocasionado degradación de los recursos naturales (Tabla 2).

Category	Y. Ramavaram	Devipatnam	Rampachodavaram	Rajavommangi	Addatigala	Gangavaram	Marredumulli
Sandy areas	7.67	0.93	0.09	6.7	0.0	0.0	0.03
Crop lands	67.4	23.4	15.2	134.7	35.3	27.3	7.32
Plantations	16.2	111.2	171.1	200.7	162.0	107.3	118.2
Deep water	0	0.12	2.8	0	0.0	20.4	0
Shallow water	1.98	1.82	0.4	4.8	2.2	1.2	1.34
Dry deciduous forest	100	21.8	43.1	23.2	30.4	35.4	212.4
Mixed dry deciduous forest	132.4	34.3	53.9	9.5	69.8	44.1	279.2
Shifting cultivation areas	91.89	24.92	42.2	24.9	51.1	19.7	40.3
Degraded forest	220.3	38.3	57.6	54.5	117.0	61.1	227.5
Fallow areas	66.8	62.1	223.1	21.4	84.0	58.3	22.6
Total	704	316	609	480	549	374.6	909

Table 1. Area statistics (km²) of IRS-1D LISS III satellite data – 2002

<p>Degradación de los suelos. Erosión hídrica y eólica Acidificación, alcalinización y salinización, Deterioro físico del suelo (compactación, etc.). Alteración del balance de nutrientes. Contaminación por metales, plaguicidas, nitratos u otras sustancias tóxicas.</p> <p>Problemas de Cantidad y Calidad de Agua. Sedimentación de ríos, embalses y zonas costeras Uso ineficiente de agua de riego. Cambios indeseados en los flujos hídricos. Contaminación por agroquímicos y residuos agroindustriales.</p> <p>Pérdida de Recursos Genéticos. Erosión genética de cultivos y razas de animales domesticados. Pérdida de diversidad de especies y de diversidad genética en poblaciones de especies nativas.</p>	<p>Pérdida de Otros Recursos Biológicos. Reducción de la masa boscosa. Degradación de pastizales Disminución de la población de reguladores biológicos naturales (predadores, patógenos) Pérdida de microflora y mesofauna edáfica</p> <p>Problemas con el Aire y el Clima. Emisión de dióxido de carbono por combustión de tejidos vegetales y mineralización de materia orgánica del suelo. Emisión de metano por ganado y arroz irrigado</p> <p>Problemas socio-económicos. Empobrecimiento y emigración de poblaciones rurales.</p> <p>Otros. Intoxicación de agricultores, obreros y consumidores por plaguicidas. Resistencia creciente de las plagas a plaguicidas. Sistemas poco diversificados de producción vulnerables a plagas, enfermedades y malezas. Uso excesivo de recursos no renovables.</p>
---	---

Tabla 2. Degradación de los recursos naturales por distintas actividades(CONICET, 2005).

Indicadores socioeconómicos y biofísicos para el análisis de “hotspots”

Presión demográfica (DP). Entre mayor sea el valor del índice, mayor será el efecto negativo en la proporción de cobertura vegetal.

$$DP = \frac{\text{tamaño de la población}}{\text{área ocupada}}$$

Densidad de cambio de cultivo (DSC). Entre mayor sea el valor del índice, mayor será la intensidad del cambio a cultivos, resultando en mayores tasas de deforestación.

$$DSC = \frac{\text{población rural total}}{\text{área total bajo cambio acultivo}}$$

Densidad nutricional (ND). Entre menor sea el valor del índice, mayor será la demanda de alimentos y mayor será la dependencia en los bosques, conduciendo a la deforestación.

$$ND = \frac{\text{población rural total}}{\text{área total cosechada}}$$

Disponibilidad de tierra (LA). Entre mayor sea el valor del índice, mayor será la disponibilidad de recursos para la explotación.

$$LA = \text{área total arable} - \text{área de cultivo}$$

Demanda de energía metabólica o endosomática (DME). Entre mayor sea la demanda, mayor será la intensidad de la dependencia en los bosques para obtener recursos. La energía endosomática se calcula como sigue (Giampietro 1997):

$$DME = (ABM \times MF) \times \text{Población}$$

donde, DME es la demanda de energía metabólica en una sociedad particular, expresada en términos de flujo agregado de energía alimentaria (MJ año^{-1}); Población= tamaño de la población; ABM= masa corporal promedio (ej. peso corporal de una persona en una sociedad, en kg); MF= flujo metabólico (ej. promedio de energía metabolizada por kg de masa corporal ($\text{MJ kg}^{-1} \text{ año}^{-1}$), la cual depende de varios parámetros poblacionales como la estructura de edades, patrón de actividad, proporción de sexos, etc.

Productividad de la tierra (LP). Entre mayor sea el valor del índice, mayor será la dependencia en los alrededores para obtener recursos.

$$SME = ARL_{FS} \times WS_{FS}$$

donde, SME= abastecimiento de energía alimenticia para una sociedad particular, expresada en términos de flujo de energía alimenticia (MJ/año⁻¹); ARL_{FS}= retorno promedio del trabajo en seguridad alimenticia (ej. cantidad de flujo de energía endosomática hecha disponible para la sociedad por unidad de tiempo de trabajo destinada a actividades de seguridad alimenticia, (producción de alimentos + actividades post-cosecha)), WS_{FS}= cantidad de tiempo de trabajo destinado a la seguridad alimenticia, definido como

$$WS_{FS} = THT \times WS / THT \times WS_{FS} / WS$$

donde, THT es el tiempo total humano= tamaño poblacional x 8760 (h en un año); WS/THT= fracción de THT destinada a actividades laborales, que es obtenida calculando (1) la fracción de la población que trabaja respecto a la población total, y (2) la producción de la fuerza laboral. WS_{FS}/WS es la fracción del suministro de trabajo que es destinado a la seguridad alimenticia.

Fuerza aplicada (AP). Entre mayor sea el valor del índice, mayor será la probable intensidad de deforestación.

$$AP = (PL_{am} \times X_{am} + P_{af} \times X_{af}) \times LH \times 3600 = \text{Joules AP per capita / año}$$

donde, PL_{am} = nivel de poder de un hombre adulto, PL_{af}= nivel de poder de una mujer adulta, X_{am}= porcentaje de hombres adultos en toda la población, X_{af}= porcentaje de mujeres adultas en toda la población, LH= horas promedio de trabajo/año (3600 es la conversión a segundos). Para el estudio se supusieron valores dados en la literatura para PL, 90W (0.12 HP) para un hombre adulto y 60W (0.08 HP) para una mujer adulta (Giampietro y Pimentel, 1991).

Una vez obtenidos los índices de manera independiente y sin pesaje, se jerarquizaron de acuerdo a su valor (1 a 7). Finalmente, los rangos individuales fueron agrupados para obtener un rango total, de manera que las zonas de mayor valor son las consideradas como ‘hotspots’ de deforestación. A continuación se muestran las tablas obtenidos por Prasad y Badarinath (2005).

Tablas 3 y 4. Los valores de diferentes índices.

Mandal name	DP	DSC	ND	LA	DME	LP	AP
Y. Ramavaram	36.3	290.2	374.4	388.4	38.7TJ	208 MJ/h	2.5TJ
Devipatnam	84.6	15034	1197.3	72.12	31.0TJ	160 MJ/h	2.5TJ
Rampachodavaram	56.8	874	2802.8	140.34	50.0TJ	260 MJ/h	3.3TJ
Rajavommangi	76.8	1590.9	274.25	42.8s	56.3TJ	300 MJ/h	3.6TJ
Addatigala	63.4	753.54	1013.7	185.98	52.0TJ	300 MJ/h	3.3TJ
Gangavaram	61.1	1165.1	899.7	75.4	49.3TJ	260 MJ/h	2.2TJ
Marredumulli	18.1	417.14	136.5	526.4	25TJ	130 MJ/h	1.6TJ

Table 3. Total index values for seven mandals

Mandal name	DP	DSC	ND	LA	DME	LP	AP	Total rank
Y. Ramavaram	2	1	3	6	3	7	3.5	21.5
Devipatnam	7	7	6	2	2	2	3.5	29.5
Rampachodavaram	3	4	7	4	5	3.5	5.5	32.0
Rajavommangi	6	6	2	1	7	6.5	7.0	35.5
Addatigala	5	3	5	5	6	6.5	5.5	36.0
Gangavaram	4	5	4	3	4	3.5	2.0	25.5
Marredumulli	1	2	1	7	1	1	1.0	14.0

Table 4. Ranking values for socioeconomic and biophysical indices

A partir de sus resultados, Prasad y Badarinath (2005) concluyen que desde el punto de vista de la sustentabilidad ecológica del ecosistema de bosques, es imperativo considerar la sustentabilidad socioeconómica de las comunidades rurales que lo habitan.

Principios para un efectivo manejo de los recursos

Badii et al., 2000 y Krebs (2001) mencionan que aunque el manejo de recursos naturales ha fallado históricamente, como muchos ejemplos atestiguarán, en la actualidad estamos comprometidos con el concepto general del uso o desarrollo sustentable de los recursos. Ludwing, Hillborn y Walters (1993) recomiendan seguir cinco principios básicos para un buen manejo de los recursos naturales:

1. Incluir a los humanos como parte del sistema. En las motivaciones, corta visión y avaricia humanas pueden subyacer muchos de los problemas del manejo de recursos. En lugar de pensar en los humanos manejando recursos, se debe pensar en los recursos manejando el comportamiento humano, a menudo en un marco de tiempo corto.
2. Actuar antes de que se logre consenso científico. Para muchos problemas de manejo no se necesita de investigación adicional para decidir las políticas de manejo. Por ejemplo, los impactos de la contaminación en los Grandes Lagos, la cosecha de árboles en pendientes susceptibles de erosión y cosecha de peces de talla pequeña. Los llamados a investigaciones adicionales en muchos temas son a menudo tácticas dilatorias.
3. Confiar en los científicos para reconocer los problemas, pero no para resolverlos. Una buena ciencia es importante para el manejo de recursos, pero no es suficiente. El manejo de actividades humanas es lo que es esencial y esto es un problema, sociológico, psicológico y político.
4. Desconfiar de declaraciones de un uso sustentable del recurso. Debido a que se ha fallado en el pasado en cosechar sustentablemente, cualquier nuevo plan que se represente como sustentable, debe ser sospechoso y sujeto a un escrutinio detallado. La unión entre la investigación básica sobre las poblaciones de peces y las políticas de pesquerías sustentables es muy débil, de manera que una buena investigación básica no te asegura de manera automática una guía hacia un mejor manejo.
5. Confrontar la incertidumbre. A menudo se opera bajo la ilusión de que si se lleva a cabo suficiente investigación con suficientes fondos, se podrá identificar una solución para problemas de cosecha. Pero los grandes niveles de variación natural que se encuentran en la mayoría de las poblaciones hace imposible cualquier predicción exacta acerca de la

dinámica futura. Por lo tanto, se deben favorecer acciones de manejo que sean fuertes ante la incertidumbre y que sean reversibles en caso de que se encuentren dañinas.

Final remarks

The philosophy and the notion of sustainable development were outlined around 1744 B.C. (at the time of Hamuraby code) by the brilliant Persian philosopher Zoroaster. The second awaking came precisely with the seminal publication of Silent Spring by Rachael Carson in 1962. The Kennedy administration followed through with this environmental warning via prohibiting the use of some environmentally destructive agrochemicals (starting with the broad spectrum pesticide DDT and the like). Unfortunately, the following powerful decision makers did not continue with this heroic mission. The sad results such as habitat degradation and contamination, overproduction, introduction of invasive species, and man-made extinctions were emerging throughout the globe. The global warming, the number one threat to the very existence of us all is a current reality (90% of the temperature increase in our planet since 1950 is due to the global warming based on fossil fuel burning and the greenhouse effect). Continuing the current rate of ice melting in glaciers of about one meter annually by 2050 will guarantee an irreversible phenomenon which will last for a 1000 years. **Do we have the right and the will to continue this disastrous trend?** The time and the place to act are now and here, otherwise, probably some other future beings will learn from this very sad and unfortunate lesson.

Últimos comentarios

La filosofía y la noción de sustentabilidad fueron notadas por el brillante filósofo persa Zaratustra alrededor de 1744 A.C. (la época del código de Hamurabi). La segunda llamada llegó precisamente, con la publicación del trabajo determinante de la Primavera Silenciosa de Raquel Carson en 1962. La administración del presidente Kennedy actuó en respuesta a esta llamada por medio de la prohibición de los agroquímicos ambientalmente destructivos, como DDT y otros. Desafortunadamente, los siguientes poderosos tomadores de decisión no continuaron con esta misión heroica. Resultados tristes como la degradación del hábitat y la contaminación, la sobre-cosecha, los problemas asociadas con las especies invasoras y las extinciones provocados por el hombre emergieron en todo el mundo. El calentamiento global, la mera amenaza a la existencia del hombre en este planeta es una realidad ya que el 90% del incremento en la temperatura de nuestro globo a partir de 1950 a la fecha, se debe al calentamiento global causado por los combustibles del origen fósil y el efecto del invernadero. Continuando este patrón y con la tasa actual de la pérdida anual de un metro del hielo de las zonas glaciales hasta el 2050, asegurará un fenómeno irreversible que durará por 1000 años. **¿Tenemos el derecho y la voluntad de continuar con esta tendencia desastrosa?** El tiempo y el lugar para actuar son ahora y aquí, de lo contrario, probablemente, otros seres en futuro aprenderán de esta lección triste.

Referencias

- Artuso, A. 1996. Análisis económico de la biodiversidad como fuente de productos farmacéuticos. En: Organización Panamericana de la Salud. Biodiversidad, biotecnología y desarrollo sostenible en salud y agricultura: conexiones emergentes. Publicación Científica No. 560. OPS/OMS.
- Badii, M. H. 2004. Desarrollo sustentable: fundamentos, perspectivas y limitaciones. *InnOvaciones de Negocios*, 1(2): 199-227.
- Badii, M. H.; A. E. Flores; H. Bravo; R. Forughbakhch & H. Quiróz. 2000. Diversidad, estabilidad y desarrollo sostenible. Pp. 381-402. In: M. H. Badii, A. E. Flores & J. L. Galán (eds.). *Fundamentos y Perspectivas de Control Biológico*. UANL, Monterrey.
- Beckerman, W. 1994. "Sustainable development": Is it a useful concept? *Environ. Values* 3:191-209.
- Beverton, R. H. J. & S. H. Holt. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. H. M. Stationery Office, London.
- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). 2005. Sustentabilidad de la producción agropecuaria y forestal: Análisis y Manejo de Agroecosistemas. Disponible en:

http://www.conicet.gov.ar/becas/archivos_gral/2005/listado_areas_vacancia/sustentprodagrop_y_forestal.oc (accesado 02/06/2006).

- Daly, H. E. 1977. *Steady State Economics*. 2a ed. Washington DC:Island Press. 302 pp.
- Daly, H. E. (ed.). 1973. *Toward a Steady State Economy*. San Francisco:Freeman.
- Daly, H. E. 1974. The economics of the steady state. *Am. Econ. Rev.*:15-21.
- Daly, H. E. 1990. Toward some operational principles of sustainable development. *Ecol. Econ.* 2:1-6.
- Ehrlich, P & A. Ehrlich. 1989. Too many rich folks. *Populi* 16(3):3-29.
- Ehrlich, P & A. Ehrlich. 1991. *Healing the planet*. Boston:Addison-Wesley. 366 pp.
- Giampietro, M. 1997. Socioeconomic pressure, demographic pressure, environmental loading and technological changes in agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 65: 201-229.
- Giampietro, M. & D. Pimental. 1991. Energy analysis models to study the biophysical limits of human exploitation of natural processes. En: Rossi C., Tiezzi E (eds.). *Ecological Physical Chemistry*. Elsevier. Amsterdam. Pp:139-184.
- Goodland, R. 1995. The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 26:1-24.
- Gordon, H. S. 1954. The economic theory of a common property resource: The fishery.. *Journal of Political Economics* 62:124-142.
- Graham, M. 1935. Modern theory of exploiting a fishery, and application to North Sea trawling. *Journal du Conseil Permanente International pour l'Exploration de la Mer* 10:263-264.
- Haavelmo, T. & S. Hansen. 1992. On the strategy of trying to reduce economic inequality by expanding the scale of human activity. En: *Population Technology Lifestyle:The transition to sustainability*, ed. R. Goodland, R. Daly, S. Serafy. Pp. 38-51. Washington DC:Island Press. 154 pp.
- Hardin, G. 1968. The tragedy of the commons. *Science* 162:1243-1248.
- Hardin, G. 1993. *Living within limits: ecology, economics and population taboos*. New York:Oxford Univ. Press. 339 pp.
- Klocke, J. A. 1989. Plant compounds as a source and models of insect-control agents. En: Wagner H., Hikino H., Farnsworth N. (eds). *Economic and medicinal plant research*. London: Academic Press Limited 3:104-144.
- Krebs, C. J. 2001. *Ecology*. 5a ed. San Francisco, CA: Wesley Longman, Inc. 695 pp.
- Larkin, P. A. 1977. An epitaph for the concept of maximum sustained yield. *Transactions of the American Fisheries Society* 106:1-11.
- Ludwing, D.; R. Hilborn & C. J. Walters. 1985. Uncertainty, resource exploitation, and conservation: Lessons from history. *Science* 260:17.
- Malthus, T. R. 1964 (1836). *Principles of political economy*. London:Kelley. 46 pp.
- Malthus, T. R. 1970 (1878). *An essay on the principle of population*. Harmondsworth:Penguin. 291 pp.
- Meadows, D.; D. Meadows; J. Randers & W. Behrens. 1972. *The limits to growth*. New York:Universe. 205 pp.
- Meadows, D.; D. Meadows & J. Randers. 1992. *Beyond the limits: global collapse or a sustainable future*. Post Mills, VT:Chelsea Green. 300 pp.
- Mill, J. S. 1900. (Rev. ed. 1848). *Principles of political economy*. New York: Collier. 2 vols.
- Myers, N. 1992. *The primary source*. New York: Norton & Co.
- Oldfield, M. L. 1984. The value of conserving genetic resources. Washington, D. C.: US Department of the Interior, National Park Service.
- Pollock, A. 1992. Drug industry going back to nature. *The New York Times*, March 3, D1.
- Prasad, V. K. & K. V. S. Badarinath. 2005. Assessing forest cover sustainability and deforestation risk from socioeconomic and biophysical indicators- a case study from Rampa Forests, South India. *Sustainable Development* 13:102-114.
- Russell, E. S. 1931. Some theoretical considerations on the "overfishing" problem. *Journal du Conseil Permanente International pour l'Exploration de la Mer* 6:3-27.
- Schaefer, W. B. 1968. Methods of estimating effects of fishing on fish populations. *Transactions of the American Fisheries Society* 97:231-241.
- Serageldin. I.; H. Daly & R. Goodland. 1995. The concept of sustainability. En: *Sustainability and national accounts*, ed. W. van Dieren. Amsterdam:IMSA (para) The Club of Rome.
- Simpson, D. R.; R. A. Sedjo; & J. W. Reid. 1994. *Valuing biodiversity: an application to genetic prospecting*. Washington, D. C: Resources for the future. (Discussion paper 94-20).
- Tinbergen, J. & R. Huetting. 1992. GNP and market prices: wrong signals for sustainable economic success that mask environmental destruction. En: *Population, technology, lifestyle: the transition to sustainability*, ed. R. Goodland, H. Daly, S. El Serafy, pp. 52-62. Washington DC: Island Press. 154 pp.

World Commission on Environment and Development (WCED, the Brundtland Commission). 1987. Our Common Future. Oxford: Oxford Univ. Press.

***Acerca de los autores**

El Dr. Mohammad Badii es Profesor e Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
San Nicolás, N. L., México, 66450.
mhbadii@yahoo.com.mx

El Dr. José Luis Abreu Quintero es Profesor e Investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
San Nicolás, N. L., México, 66450.
spentamex@yahoo.com