

CAPÍTULO 5

INDICADORES BIOFÍSICOS DE SUSTENTABILIDAD

- 5.1. Críticas ecológicas a los indicadores monetarios de sustentabilidad
- 5.2. Indicadores biofísicos de sustentabilidad
- 5.3. Indicadores locales de sustentabilidad y participación comunal

“La valoración monetaria del “capital natural” depende no sólo de la distribución del ingreso, sino que depende además de la decisión previa, acerca de lo que se incluye en el capital natural y lo que se excluye de él. Depende también de la asignación concreta de los derechos de propiedad sobre el capital natural incluido. Por eso son tan arbitrarias las medidas monetarias de la “sustentabilidad débil” y también las de la “sustentabilidad fuerte”. El estado de sustentabilidad de una economía debe ser estimado más bien a través de indicadores biofísicos, que incorporen consideraciones acerca de la distribución ecológica.”

Joan Martínez Alier, 1995.

En este capítulo presentaremos los indicadores biofísicos, como alternativa a los problemas ligados a la valoración monetaria del capital natural y el carácter arbitrario de los indicadores económicos y sintéticos de sustentabilidad (véase el capítulo anterior).

- *En la sección 5.1., recapitularemos las críticas ecológicas principales a los indicadores monetarios y sintéticos.*
- *En la sección 5.2., ilustraremos por medio de algunos ejemplos, la alternativa de los indicadores biofísicos de sustentabilidad.*
- *En la sección 5.3., resumiremos el debate acerca de la importancia de desarrollar indicadores de sustentabilidad a nivel local y con la participación de la comunidad.*

5.1. CRÍTICAS ECOLÓGICAS A LOS INDICADORES MONETARIOS DE SUSTENTABILIDAD

Existe una multiplicidad de problemas, ligados a los intentos de construir medidas monetarias de sustentabilidad para las economías y de crear indicadores o índices sintéticos y únicos al respecto. La valoración monetaria del capital natural es muy arbitraria. ¿Cómo valorar en dinero los recursos naturales y los servicios ambientales?, sabiendo que:

- Algunos daños son irreversibles.
- Algunos daños son inciertos (no podemos determinar los daños futuros, a partir de los que se estén causando en la actualidad).
- Algunos daños son acumulativos.
- A veces no conocemos las reservas de los recursos agotables, ni podemos evaluar hoy los efectos sobre las reservas que tendrá la aplicación de tecnologías futuras.
- No es posible reducir diferentes unidades a una unidad común (dinero).
- Las valorizaciones monetarias actuales son arbitrarias (¿cómo saber las preferencias de las generaciones futuras?).

Siguiendo esta línea argumental, la sustentabilidad de una economía sólo puede ser estimada a través de indicadores biofísicos. No existe un indicador físico que sea único y que refleje el estado de sustentabilidad. Necesitamos un conjunto de indicadores, expresados en diferentes unidades para informarnos acerca de la sustentabilidad de una economía.

Entre los indicadores biofísicos de sustentabilidad que se han desarrollado, está por ejemplo el costo energético para conseguir energía, la pérdida de tierra agrícola, la desertificación, la urbanización, la disponibilidad de agua, las

emisiones, etc. Los indicadores biofísicos actualmente más discutidos son:

- a) El MIPS.
- b) El Espacio Ambiental.
- c) La Huella Ecológica.
- d) La HANPP.

5.2. INDICADORES BIOFÍSICOS DE SUSTENTABILIDAD

1. MIPS (MATERIAL INPUT PER UNIT SERVICE)

El Instituto Wuppertal está desarrollando un indicador que mide físicamente, en toneladas, todos los inputs usados en los distintos servicios ofrecidos por la economía (incluyendo materiales de construcción, todo el material desplazado en obras públicas o minas, etc.), con la idea que tal vez se esté produciendo una desmaterialización de la economía.

Se define el MIPS (Material Input per Unit Service), como un indicador de la eficiencia en el uso de los recursos. El MIPS relaciona el consumo de recursos naturales de un producto, durante todo su proceso de producción y de vida, con todos los servicios que entrega este producto.

- a) El input de materia prima se contabiliza en 5 categorías:
 - 1. Las materias primas abióticas, como minerales, portadores energéticos y escombros.
 - 2. Las materias primas bióticas como madera, productos agrícolas pero también bagazo y residuos vegetales.
 - 3. Los "suelos removidos".
 - 4. El agua extraída.

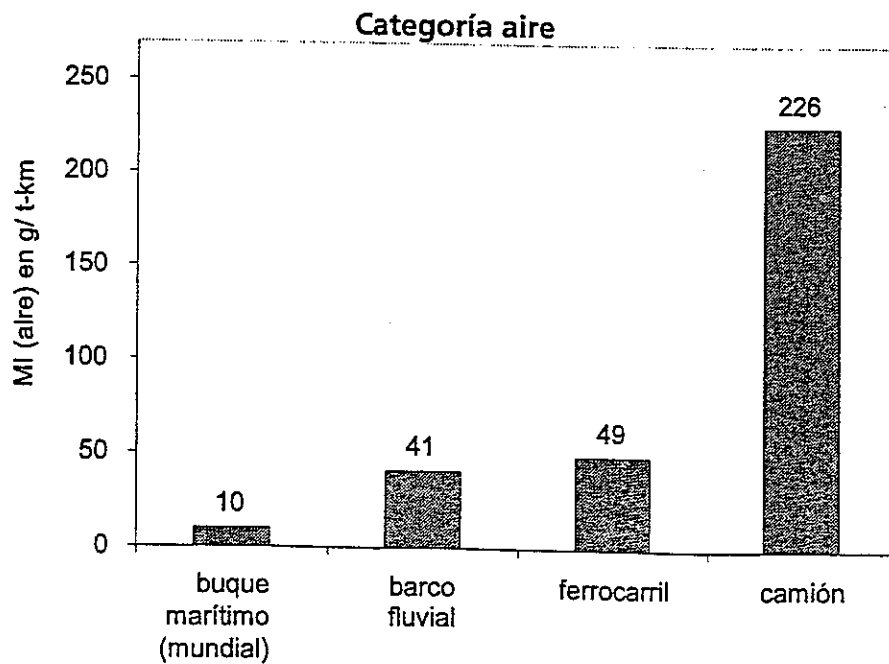
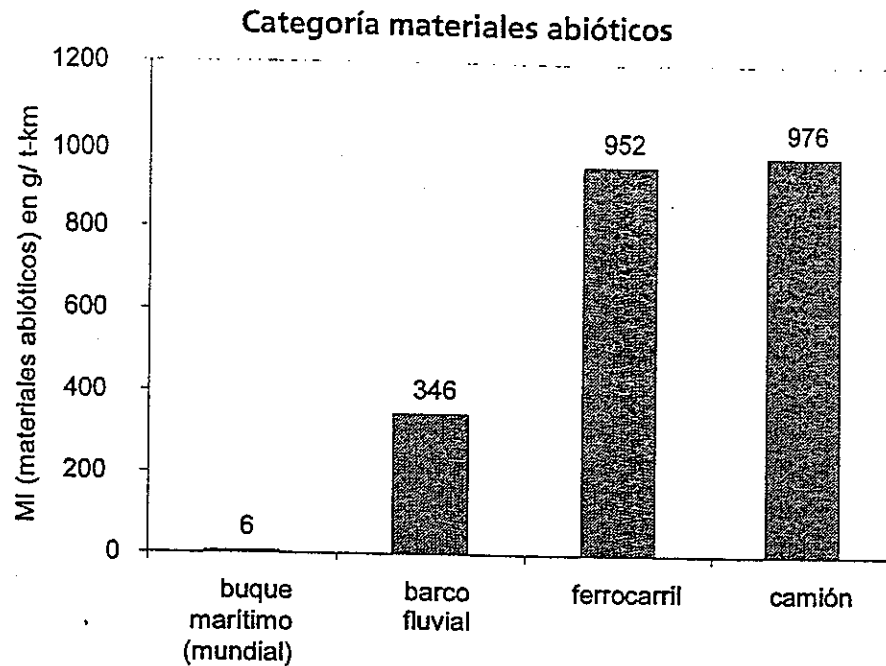
5. El aire oxidado y transformado en los procesos productivos.

- *Ejemplo*

Podemos tomar el transporte de productos (MIPS-análisis realizado por el Wuppertal Institut en 1996). La unidad de servicios en este ejemplo es transportar una tonelada de un producto a lo largo de un kilómetro, sin tomar en cuenta características adicionales como la velocidad o seguridad. El gráfico 5.1. muestra una comparación de varios modos de transporte en Alemania.

Se ve que desde el punto de vista del consumo de recursos, la mejor opción es el transporte marítimo, seguido por la navegación fluvial, mientras que los ferrocarriles y los camiones consumen actualmente muchos más recursos. Por otro lado, a través del indicador aire, que está muy estrechamente relacionado con el nivel de emisiones de CO₂, se muestra que el transporte en tren (casi al mismo nivel que los barcos fluviales), es una mucho mejor opción que el camión.

Gráfico 5.1.: Intensidad de materiales de sistemas de transporte (Alemania 1992)



Fuente: Stiller (1996).

Para *desmaterializar* los bienes y lograr una revolución en la eficiencia se pueden seguir varias estrategias. Se puede producir un producto con menos recursos, se puede intensificar el uso del producto (por ejemplo, las bibliotecas que aumentan la cantidad de lectores de un libro muchas veces), se puede aumentar la duración del producto, etc.

En este contexto es muy interesante un análisis del Wuppertal Institut sobre el valor agregado por sectores de la economía y su intensidad en recursos. Los sectores que prosperan como las telecomunicaciones o los servicios (con alto valor agregado), requieren consumir relativamente muchos menos recursos, comparado a los que requiere consumir la producción de materiales básicos. Esto implica que un cambio de la economía a favor de más servicios, no es sólo económicamente deseable, sino que también tiene un efecto secundario muy positivo para el medio ambiente.

2. ESPACIO AMBIENTAL

La cantidad de recursos naturales y servicios ambientales que podemos usar de una manera sustentable se denomina Espacio Medioambiental. Es la cantidad de energía, materia prima, suelos, etc., que se puede utilizar sin afectar el acceso de las generaciones futuras a esa misma cantidad de recursos.

Los Amigos de la Tierra de los Países Bajos (Milieudefensie), iniciaron una campaña en el año 1992, para poner el tema del sobreconsumo en la agenda política y social. Friends of the Earth Europa se unió a esta campaña en 1994. La perspectiva de la campaña es: "¿Qué tipos de producción y consumo en Europa, podrían ser sustentables en el año 2010?". Comparando el Espacio Medioambiental, con el uso real, con diferentes indicadores (energía, agua, recursos no renovables, madera, uso del territorio), se puede calcular la cuota necesaria de reducción o

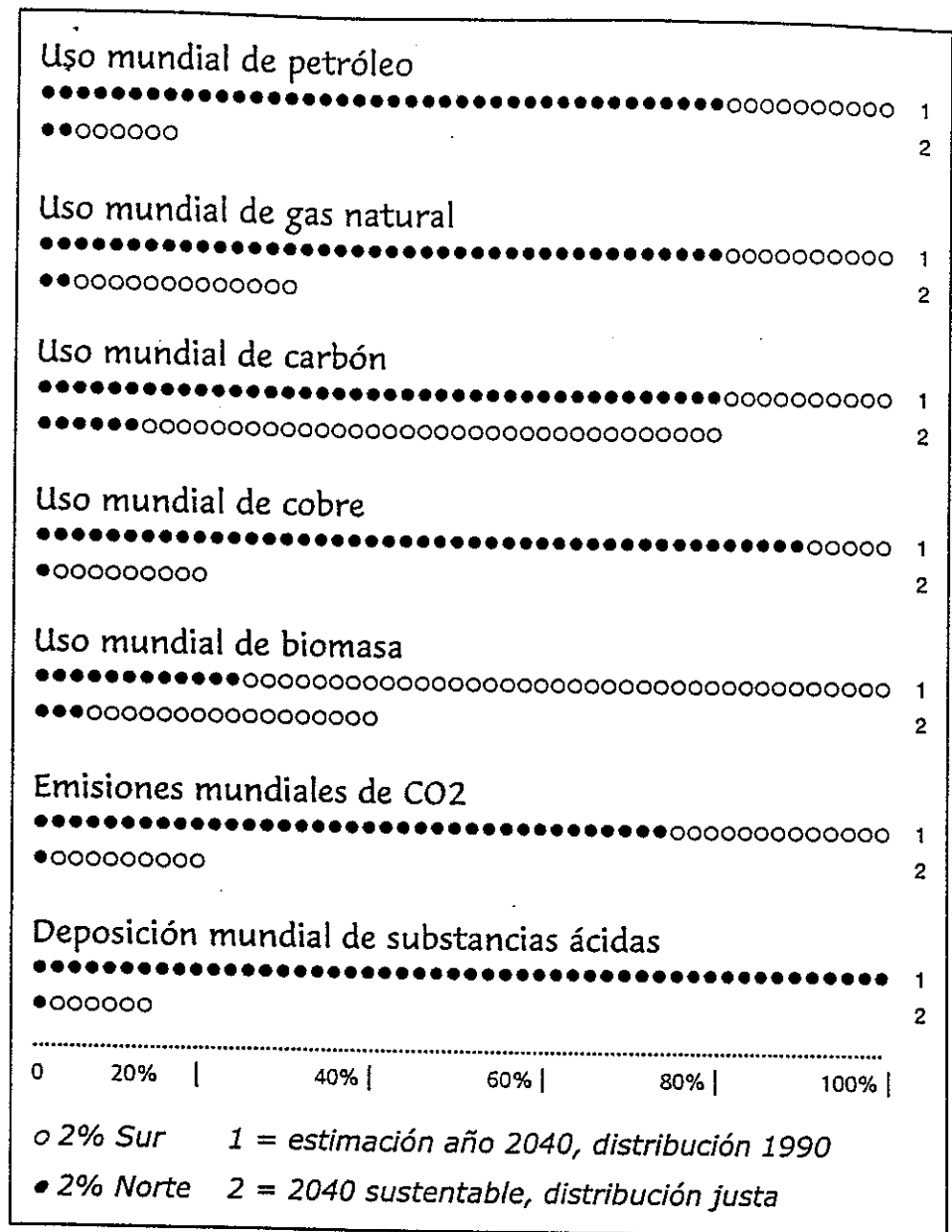
los límites al crecimiento. Según estos cálculos, los países industrializados deberían bajar su consumo de materias primas entre un 80 y un 90%.

a) Estimaciones sobre el uso de los recursos

El cuadro 5.1 muestra el uso de los recursos considerando varias dimensiones ambientales:

1. Una estimación para el año 2040 del uso del espacio ambiental por parte de los países industrializados (Norte) y por parte de los países en vías de desarrollo (Sur), en base de la distribución de 1990.
2. El espacio ambiental mundial para 2040, con una distribución equitativa Norte-Sur.

Cuadro 5.1.: El Espacio Ambiental Mundial:
Algunas Dimensiones



Fuente: Weterings en Opschoor (1995).

3. LA HUELLA ECOLÓGICA

El análisis de Huella Ecológica, desarrollado por Wackernagel y Rees, parte de la premisa que pese al incremento de la sofisticación tecnológica, la humanidad permanece en un estado de dependencia obligada respecto de la productividad y de los servicios vitales de la ecósfera. Un suelo adecuado y la producción del capital natural asociado a éste, son fundamentales para las perspectivas de continuidad de la civilización en la Tierra.

En este contexto la capacidad de carga humana, se define como las tasas máximas de utilización de los recursos y de generación de residuos. Es la carga máxima que puede sostenerse indefinidamente sin deteriorar progresivamente la productividad e integridad funcional de los ecosistemas dondequiera que éstos estén.

Independientemente del nivel tecnológico, la humanidad depende de una variedad de bienes y servicios de la naturaleza. En términos de sustentabilidad, mientras la población y el consumo de recursos per capita sigan aumentando, estos bienes y servicios de la naturaleza deberán estar disponibles en cantidades cada vez mayores, provenientes de algún lugar del planeta.

El análisis de Huella Ecológica parte de la pregunta siguiente: ¿Qué **superficie de suelo productivo** es necesario para mantener una población determinada indefinidamente, sea donde sea que se encuentre este suelo?

Muchas formas de ingreso natural (flujos materiales y servicios ambientales), son producidas por los ecosistemas terrestres o acuáticos. Entonces se supone que debería ser posible estimar el área del suelo y el agua requerida, para producir sustentablemente la cantidad de cualquier recurso o servicio ecológico, utilizado por una población (definida con un nivel tecnológico determinado).

La suma de estos cálculos para todas las categorías de consumo, nos daría una estimación del capital natural requerido para la población de un territorio o área.

Para todo flujo material debe existir el correspondiente territorio y ecosistema como fuente o sumidero. La "Huella Ecológica" de una población es entonces, el área total de suelo y agua, que permita sostener continuamente estos flujos.

La **Huella Ecológica** es el área de territorio productivo o ecosistema acuático, necesario para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población (definida con un nivel de vida específico), donde sea que se encuentre esta área.

• *Ejemplos*

Wackernagel y Rees (1992), han calculado que la Huella Ecológica per capita de un canadiense típico se aproxima a 4.2 hectáreas. Esto es casi 3 veces su "justa porción de tierra", es decir de lo que les corresponde del territorio ecológicamente productivo, disponible per capita en la Tierra.

El cuadro 5.2. muestra lo que cada canadiense requiere en las diferentes categorías de consumo y de uso de la tierra:

1. Más de una hectárea de cultivo y tierra de pasto para producir su dieta alta en proteínas.
2. De alrededor de 0,6 ha., para madera y papel para otros artículos de consumo.
3. Ocupa alrededor de 0,2 ha., de suelo ecológicamente degradado y urbanizado.
4. Requiere 2,3 ha., de bosque de mediana edad de latitud norte, como continuo sumidero de carbono para asimilar las emisiones CO₂ de cada canadiense.

Cuadro 5.2.: La Huella Ecológica de un Canadiense Promedio (En hectáreas por persona)

	Energía	Ambiente Construido	Tierra Agrícola	Bosques	Total
Alimentación	0.3		0.9		1.2
Vivienda	0.4	0.1		0.4	0.9
Transporte	0.8	0.1			0.9
Artículos de consumo	0.5		0.2	0.2	0.9
Recursos en servicios	0.3				0.3
Total	2.3	0.2	1.1	0.6	4.2

Fuente: Wackernagel. (1994)

Un aspecto interesante que nos revela la Huella Ecológica, es que mientras el área ecológicamente productiva disponible per capita en el mundo, está en disminución, el área promedio per capita que es apropiada por los países más ricos, se está incrementando continuamente.

Cuadro 5.3.: Apropiación de tierra por los países ricos versus área ecológicamente productiva per capita en el mundo

	Apropiación de tierra per capita por países ricos (hectáreas) = Huella Ecológica	Área ecológicamente productiva disponible per capita para el mundo (hectáreas)
1900	1	5,6
1950	2	3
1995	3,5	1,5

Fuente: Wackernagel y Rees (1996).

La Huella Ecológica muestra que muchos de los llamados países avanzados están acumulando rápidamente un gran déficit a cargo del resto del planeta (véase cuadro 5.4).

Holanda o Japón son a menudo utilizados como ejemplo de éxito económico. A pesar de sus pocos recursos naturales y grandes poblaciones en relación a sus territorios, tanto

Holanda como Japón disfrutan de un alto nivel de vida, y tienen balanzas comerciales positivas, medidas en términos monetarios. Sin embargo, el análisis de Wackernagel y Rees (1995) de flujos físicos, muestra que éstas y otras muchas economías avanzadas, están acumulando un masivo y no contabilizado déficit ecológico.

Cuadro 5.4.: Los déficits ecológicos de los países industrializados

	Suelo ecológicamente productivo (miles de ha)	Población 1995 (millones)	Suelo ecológicamente productivo per capita (ha)	Déficit Ecológico nacional per capita	
				Hectáreas	En %
	a	b	c=a/b	d=huella-c	e=d/c
Países con una huella de 2-3 ha			Suponiendo una huella de 2 ha		
Japón	30.340	125,0	0,24	1,76	730%
Corea	8.669	45,0	0,19	1,81	950%
Países con una huella de 3-4 ha			Suponiendo una huella de 3 ha		
Austria	6.740	7,9	0,85	2,15	250%
Bélgica	1.987	10,0	0,20	2,80	1400%
Dinamarca	3.270	5,2	0,62	2,38	380%
Francia	45.385	57,8	0,78	2,22	280%
Alemania	27.734	81,3	0,34	2,66	780%
Holanda	2.300	15,5	0,15	2,85	1900%
Suiza	3.073	7,0	0,44	2,56	580%
Países con una huella de 4-5 ha			Suponiendo una huella de 4,3 ha (Can) y 5,1 ha (EEUU)		
Canadá	433.000	28,5	15,19	(10,89)	(250%)
EEUU	725.643	258,0	2,81	2,28	80%

Fuente: Wackernagel y Rees (1995) en Rees (1996).

Desde este punto de vista, como no sería posible que todos los países puedan ser importadores netos de capacidad de carga, los estándares de consumo y los niveles de vida de los países más ricos, no pueden extenderse sustentablemente, a toda la población del mundo usando la tecnología actual.

La sustentabilidad bajo esta perspectiva dependería más bien de:

- "El grado de equidad en las relaciones internacionales.
- De cambios importantes en la relación de intercambio.
- De la propia autosuficiencia regional.
- De políticas para estimular un gran incremento en la eficiencia material y energética de la actividad económica" (Rees, 1996).

4. HANPP (HUMAN APPROPRIATION OF NET PRIMARY PRODUCTION)

"La apropiación por los seres humanos del producto neto primario de la fotosíntesis", expresada en términos porcentuales, es un indicador sobre el tamaño relativo del subsistema humano, en relación con el ecosistema total.

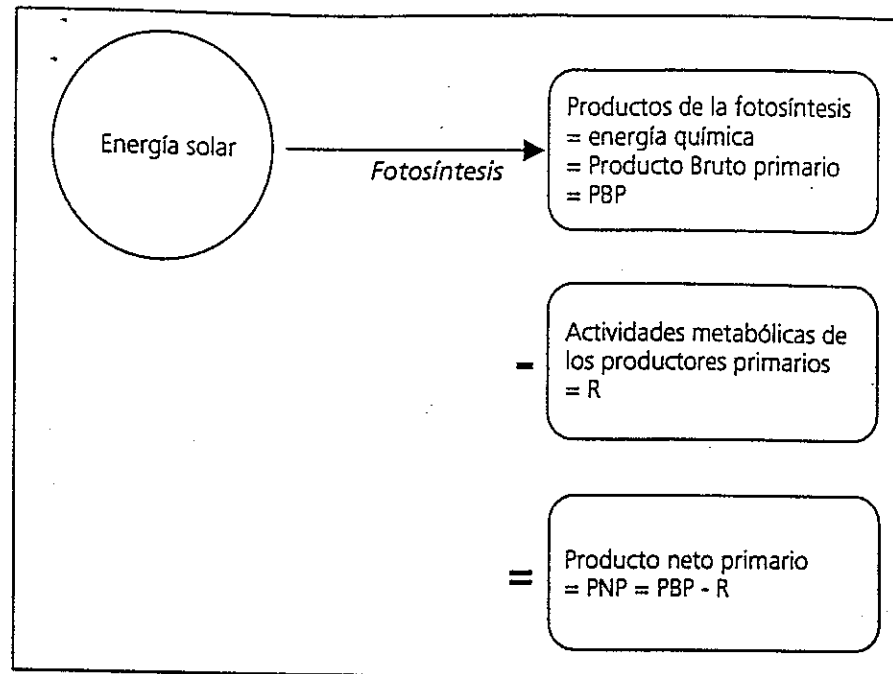
a) Producto neto primario de la fotosíntesis

El producto neto primario de la fotosíntesis, se puede definir como la cantidad total de energía solar capturada por las plantas, mediante la fotosíntesis, menos la cantidad de energía que las plantas necesitan para su propia conservación y reproducción.

En otras palabras, es la cantidad de energía viva del sol que se encuentra disponible para todas las demás especies, es decir para todas aquellas formas de vida que no son capaces de fotosintetizar.

El PNP de la biosfera es la base de la vida de los ecosistemas, la base de la biodiversidad y de la vida humana.

Esquema 5.1.: Proceso de fotosíntesis por productores primarios, como por ejemplo las plantas



Dado el hecho que el PNP es la fuente de alimentos y de algunos materiales esenciales, la humanidad necesita apropiarse parte del PNP para vivir y desarrollarse. La apropiación humana del PNP debe ser sustentable ya que todas las otras especies también dependen del mismo PNP, sin embargo, el crecimiento demográfico y las iniquidades globales, causan un incremento desproporcionado en la parte del PNP que es apropiada por los seres humanos.

Por otra parte el HANPP (apropiación por los seres humanos del producto neto primario de la fotosíntesis) se puede establecer mediante el cálculo del área terrestre usada por la humanidad (deforestación, cultivo de alimentos, plantaciones, cría de animales, actividades humanas como urbanización, etc.). Después se puede calcular el HANPP en porcentaje o por persona.

$$\text{HANPP (\%)} = (\text{HANPP}/\text{PNP}) \times 100$$

$$\text{HANPP (Por persona)} = \text{HANPP}/\text{población}$$

- *Ejemplo*

Vitousek y otros (1986), han calculado que en los sistemas terrestres, la humanidad se está apropiando o está "cooptando" cerca del 40 por ciento del producto neto primario de biomasa, dejando así cada vez menos para las otras especies. Ese 40 por ciento proviene de la suma de:

- a) El uso humano directo, como alimentos, combustibles, maderas, fibras (4 por ciento).*
- b) El uso indirecto, como la desertificación, la pavimentación de suelos, la deforestación y la conversión hecha hacia sistemas menos productivos (26 por ciento).*
- c) Las pérdidas no deseadas (10 por ciento).*

5.3. INDICADORES LOCALES DE SUSTENTABILIDAD Y PARTICIPACIÓN COMUNAL

Durante la Cumbre de Río, la importancia de crear indicadores de desarrollo sustentable fue un tema importante. El Programa 21, es decir el programa de acción de la ONU surgido de la Cumbre de Río, menciona en su capítulo 40:

"Es necesario crear indicadores del desarrollo sustentable a fin de aportar bases sólidas al proceso de toma de decisiones en todos los niveles y contribuir a una sustentabilidad auto reglamentada, de los sistemas que integran el medio ambiente y el desarrollo".

Aunque el Programa 21 reconoce a nueve¹ grupos principales como actores y participantes claves en el desarrollo

¹ Los nueve grupos son: las mujeres; los niños y los jóvenes; los pueblos indígenas; los agricultores; las autoridades locales; los trabajadores y los sindicatos; las empresas y los empleadores; la comunidad científica y técnica; y las organizaciones no gubernamentales.