

La capacidad de carga: conceptos y usos

Jean Pierre Morales Aymerich¹

Resumen

Desde la antigüedad, el concepto de capacidad de carga ha sido utilizado en diferentes ramas de la ciencia con el fin de determinar atributos de objetos, cualidades de los seres vivos, límites intrínsecos del crecimiento o número de seres humanos que un territorio puede albergar. Una de las bases del concepto es la ecuación logística de crecimiento, donde la constante K representa el límite y se define como la capacidad de carga del sistema. En cuanto a la capacidad de carga enfocada en las poblaciones humanas, las orientaciones no son menos diversas, pues en ella inciden factores demográficos, ecológicos, culturales y sociales. La mayoría de las teorías de capacidad de carga tienen un enfoque unidireccional, aunque las sociedades y los demás sistemas que ocurren en un territorio son multidireccionales. Es por ello que la conceptualización de la capacidad de carga debe ser más amplia para que, por medio del modelaje, se convierta en una adecuada herramienta para la gestión de las realidades humanas.

Palabras claves: Capacidad de carga; densidad de la población; población humana; entorno socioeconómico; entorno sociocultural; medio ambiente.

Summary

Carrying capacity: concept and usage. From time immemorial, the concept of carrying capacity has been used in different fields in the definition of product characteristics, quality of species, growth limits, or amount of people that a territory is able to support. This concept is rooted on the logistic growth equation, where K represents the limit and is defined as the system's carrying capacity. In relation to human populations, the concept is also highly diverse, as several factors influence on it, such as demographic, ecological, cultural, and social factors. Most of the carrying capacity theories hold a unidirectional focus, while social and all other systems within a territory are multidirectional. That is the reason why the carrying capacity concept needs to be enlarged, so that, through modeling, it becomes a useful management tool of human provisions.

Keywords: Carrying capacity; population density; human population; socioeconomic environment; sociocultural environment; environment.

Introducción

Desde la antigüedad, el concepto de capacidad de carga ha sido utilizado en diferentes ramas de la ciencia con el fin de determinar atributos de objetos, cualidades de los seres vivos, límites intrínsecos del crecimiento, o el número de seres humanos que un territorio puede albergar. Así, a Platón se le atribuye el primer recuento escrito de la capacidad de carga humana, cuando declaró en sus Leyes (Libro V) que no se puede fijar un total adecuado del número de ciudadanos sin considerar la tierra y los estados vecinos (Rees y Wackernagel 2001). Uno de los primeros usos de la capacidad de carga se dio en la ingeniería con la determinación de la capacidad de transporte en peso de los navíos (Sayre 2008).

Los efectos de las demandas de los sistemas económicos sobre la capacidad de carga fueron puntualizados por Jevons (1879, citado por Rees y Wackernagel 2001), quien hace una cuantificación de los diferentes medios de producción en los países del mundo. En 1902, el físico Leopold Pfaunder computó la capacidad de carga (K) mundial; como límite superior de K estableció la producción ecológica, y determinó que la tierra podía sostener hasta cinco personas por hectárea. En Norteamérica, el interés académico por los temas relacionados con la capacidad de carga resurgió con los trabajos de Vogt (1948) y Osborn (1953, citados por Rees y Wackernagel 2001). Posteriormente, en los años 1960 y principios de 1970, Borgstrom analizó el consumo de recursos en términos de “acres fantasmas”, entendido como la importación de capacidad de carga agrícola (citado por Rees y Wackernagel 2001).

En 1980, Catton añadió una nueva dimensión al debate de la capacidad de carga humana al describir las implicaciones de exceder

temporalmente o a largo plazo la capacidad de carga, entre las que estaría el colapso de la población. Higgins et ál. (1983), en su informe técnico para la Organización de Agricultura y Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), analizó las capacidades de carga necesarias para sostener las poblaciones de la mayoría de los países en vías de desarrollo.

Los científicos han desarrollado diversas formas de calcular la capacidad de carga según el campo de la ciencia. Así, existen mecanismos de cálculo para la gestión de especies, para la química, medicina, economía, antropología, ingeniería y poblaciones biológicas. Según Sayre (2008), entre los campos que con mayor frecuencia recurren a tales cálculos están:

- La ingeniería mecánica, como un atributo en la manufactura de objetos o sistemas (en uso desde 1840)
- Los sistemas naturales en la determinación de cualidades de los seres vivos (desde 1870)
- La determinación del límite intrínseco de crecimiento poblacional de los organismos
- La determinación del número de seres humanos que un territorio puede albergar

El concepto de capacidad de carga ha sido motivo de preocupación de las personas desde el inicio de las civilizaciones modernas como la griega. Más formalmente, desde los 1800 en adelante, es claro que existe un límite ambiental que contiene el crecimiento de los seres; por eso, conocerlo es de suma importancia en una realidad tan dinámica como la de la población humana que continuamente se acerca o amplía los límites que la restringen. El objetivo de este artículo es exponer una serie de aspectos sobre los diferentes desarrollos teóricos alrededor de este concepto.

Enfoques y determinación de la capacidad de carga

La capacidad de carga en la ecología

Las poblaciones tienen patrones característicos de incremento que se incluyen en el concepto de formas de crecimiento poblacional. Para efectos de comparación, se han escogido dos patrones básicos: las curvas de crecimiento con forma de *J* y *S* (Fig. 1). En el primer caso, la densidad se incrementa rápidamente de forma exponencial y se detiene abruptamente cuando la resistencia del ambiente se convierte en un factor determinante (Odum 1959).

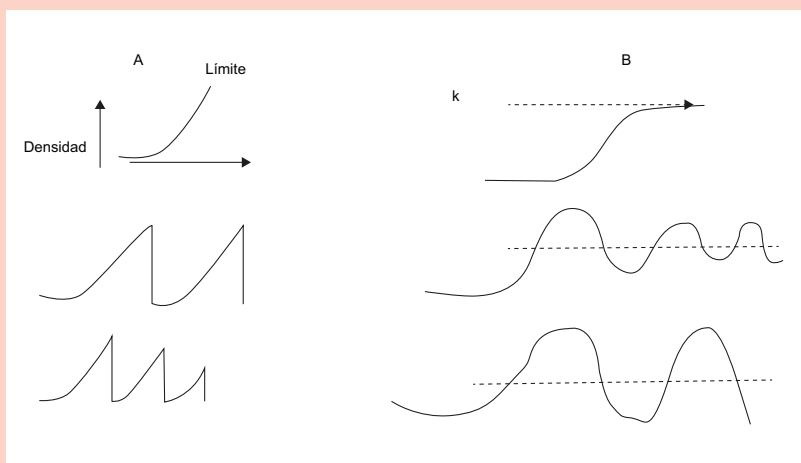


Figura 1. Curvas de crecimiento con forma de J y S

En la curva en forma de sigmoide (S), la población crece despacio al principio (fase de aceleración positiva); luego, el crecimiento se acelera (fase logarítmica) y más tarde pierde velocidad gradualmente al aumentar el coeficiente de resistencia del ambiente (fase de aceleración negativa) hasta alcanzar el nivel de equilibrio. Esta forma puede ser representada por el modelo logístico de crecimiento poblacional:

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN \frac{(K-N)}{K} \quad \text{Fórmula 1}$$

La fórmula 1 explica el comportamiento en el que la población alcanza su crecimiento máximo –la constante K , representado en la asíntota superior de la curva sigmoide. Esta constante es la que se conoce como la capacidad de carga de la población. En la curva en forma de J probablemente no existe un nivel de equilibrio, pero sí un máximo representado por N , que es el límite superior impuesto por el ambiente. En la Fig. 1, este estado se alcanza cuando las funciones llegan a su punto máximo (Odum 1959). La capacidad de carga de hábitats o ecosistemas particulares como sabanas, bosques o especies animales, así como la cantidad de turistas en las reservas naturales, se determina mediante la ecuación anterior (Seidl y Tisdell 1999).

En la ecología aplicada, cuando se habla de capacidad de carga, se pueden distinguir al menos cinco concepciones, cada una con un objetivo diferente de gestión: (i) un rango existente de población, (ii) la tasa de crecimiento de equilibrio de una población, (iii) el número de individuos que se debe proteger en la población, (iv) el descuento de la población cosechada, (v) la población como un recurso de libre acceso, donde existen curvas de ingreso y costos (Cohen 1995).



La disponibilidad de alimento es la mejor variable para contabilizar la capacidad de carga en poblaciones humanas

Foto: Proyecto CATIE-Finnfor

La capacidad de carga en poblaciones humanas

La disponibilidad de alimento es la mejor variable para contabilizar la capacidad de carga en poblaciones humanas. En este proceso se deben cuantificar los datos de producción de alimentos, así como la máxima población que puede ser cubierta y la cantidad de recursos individuales que dicha población requiere (Hopfenberg 2003).

Cohen (1995) define capacidad de carga en formas diferentes, dependiendo de las variables que se consideren (ecológicas, culturales, sociales...). En dicha definición se pueden incluir variables como la

oferta de materiales (alimento, vestido, agua, techo), así como aspectos demográficos, u otras variables de origen natural (el clima). Autores como Cohen (1995), Marchetti et ál. (1996), Meyer y Ausubel (1999) han demostrado con un simple modelo matemático la relación entre la población humana y la capacidad de carga y que estas variables pueden ser contabilizadas por la tasa de crecimiento poblacional.

Cohen (1995) propuso un modelo de dinámica de la población humana con una capacidad de carga variable, en el que los cambios en K son una función de población. En este modelo, los cambios en la población

afectan la capacidad de carga, la cual depende de la cantidad de recursos, el potencial de los humanos y las características culturales. Meyer y Ausubel (1999), por su parte, proponen un modelo biológico del crecimiento, el cual permite que el incremento de la capacidad de carga sea en forma de *S*. Tales autores plantean que las nuevas tecnologías afectan la forma en que los recursos son consumidos, lo cual cambia la capacidad de carga. En el modelaje del crecimiento poblacional, se ha determinado que el modelo logístico es el que mejor se ajusta y resume el curso de la inventiva, la exploración y la dinámica de la población humana (Meyer y Ausubel 1999).

Cohen (1995), Meyer y Ausubel (1999) han sugerido que las variables explícitamente identificadas y cuantificadas como responsables del crecimiento de la población son desconocidas o, en el peor de los casos, inescrutables. Esto se puede interpretar como que el crecimiento de la población es intrínseco a la especie humana y depende de la disponibilidad de recursos, además las causas del crecimiento poblacional son raramente estudiadas (Hopfenberg 2003).

Si la capacidad de carga se evalúa desde una perspectiva de uso de la tierra, los sistemas agrícolas como por ejemplo la tumba y quema podrían medirse con un número limitado de variables: tierra disponible, requerimientos de tierra per cápita, número de años de barbecho, cantidad de años de productividad por terreno y población (Brush 1975). Otras formas de cuantificar incluyen los cambios tecnológicos, la cultura y la economía, entre otros factores propuestos como variables. Los modelos que involucran nuevas tecnologías y recursos tienden a relacionar el incremento en la disponibilidad de alimentos con el incremento en la productividad de los cultivos (Hopfenberg 2003).

La capacidad de carga cambia con los cambios tecnológicos debido al aumento en la producción de alimentos; esto, aunado a otros avances en el sector tecnológico, tiende a incrementar la disponibilidad de alimentos, lo que modifica el límite superior de crecimiento poblacional (Meyer y Ausubel 1999).

Capacidad de carga, sobrepoblación y degradación ambiental

La capacidad de carga en grupos humanos ha sido generalmente definida por los antropólogos como un balance entre la tierra y el ser humano, el cual se mantiene gracias a las buenas prácticas de las poblaciones que habitan en la zona. La idea de un balance entre los recursos y las demandas teóricamente podría aplicarse a cualquier sistema tecnológico, ya que parte de la pregunta ¿cuál es el nivel óptimo de población? (Gottlieb 1945).

El concepto de sobrepoblación implica que un área dada tiene una cierta capacidad de carga; sin embargo, según (Hildyard et ál. 1993):

- La cultura determina las necesidades y la forma de vida de la población.
- Los niveles de consumo y tecnología forman parte de la discusión sobre la capacidad de carga; por eso, en tal discusión se deben incluir temas como etnia social o nivel económico.
- La capacidad de carga de un territorio también depende de lo que suceda fuera de sus límites: deforestación, precios globales de materias primas, efecto invernadero, lluvia ácida.
- La capacidad de carga debe ser analizada con modelos abiertos.

Los modelos de capacidad de carga que cuantifican la cantidad de población no logran explicar la sobrepoblación, ya que este concepto no puede ser definido precisa ni objetivamente debido a la débil

correlación estadística entre el tamaño de la población y la degradación ambiental (Hildyard et ál. 1993). Así por ejemplo, con un décimo de la población de Indonesia, Malasia ha deforestado su cobertura boscosa en un 40% más que Indonesia. De igual manera, con una densidad poblacional de 57 personas/km², la deforestación en Centroamérica alcanza los 410.000 km², mientras que Francia con la misma área de tierra y el doble de la población ha deforestado bastante menos. Esto demuestra que la depredación de un recurso natural no se relaciona con el número de habitantes del territorio (Hildyard et ál. 1993).

Capacidad de carga social

A finales de la década de 1960 e inicios de los 70, el concepto de capacidad de carga buscaba capturar, calcular y expresar el límite ambiental. Su utilización en ecología humana involucraba el análisis de interacciones entre los individuos, ambiente, sociedad y las demandas resultantes. Así, las decisiones de gestión se basaban en dos tipos de capacidad de carga: económica y ecológica. Cada categoría presentaba un rango de posibles niveles dependiendo del objetivo, métodos de cultivo y rasgos ecológicos, por una parte, y de los objetivos productivos, disponibilidad de tierra y metas del agricultor, por la otra (Seidl y Tisdell 1999).

La capacidad de carga humana o social implica una profunda transformación y desviación del concepto inicial basado en la biología y la demografía. La aplicación de la capacidad de carga al ser humano debe ser socialmente determinada, a diferencia de la biológica que fija su importancia en los patrones de consumo del ser humano, tecnologías, infraestructura e impactos en el ambiente o en la disponibilidad de alimentos. La capacidad de carga de un sistema social especifica el valor máximo que ese sistema puede sostener (Daily y Ehrlich 1992).

En relación con el daño o impacto en el ambiente, la capacidad de carga sugiere que los límites de la población se ajustan más por el daño total al ambiente que por el número de habitantes, ya que el máximo impacto en K es determinado por las normas, valores, tradiciones, economía, patrones de consumo y la distribución de la infraestructura (Seidl y Tisdell 1999). La noción de impacto implica que existen diferentes niveles de capacidad de carga dependiendo de los juicios de valor y de la dinámica del sistema predominante. La sociedad determina los niveles de capacidad de carga para mantenerse dentro de estos y así evitar una degradación significativamente irreversible (Daily y Ehrlich 1992). Así, el impacto (I) en el ambiente es el producto de la interdependencia de tres factores: el tamaño de la población (P), el consumo per cápita (A) y el daño ambiental provocado por la tecnología (T); entonces, $I=PAT$.

Capacidad de carga con una visión demográfica

Según Darwin (1859), una población con recursos ilimitados de espacio y alimento tendería a crecer exponencialmente. Sin embargo, si los recursos fueran limitados como efectivamente lo son, la tasa de crecimiento de la población se desaceleraría hasta el volumen máximo de población que los recursos ambientales pueden sostener. Esta disminución en el crecimiento continuaría hasta alcanzar el equilibrio, el cual se da cuando el crecimiento sea asintótico a los límites del ambiente.

Los modelos de crecimiento de la población son una extensión de la ecuación logística de Lotka (1925):

$$\frac{dP}{dt} = rP(t) \left(1 - \frac{P(t)}{K(t)} \right) \quad \text{Fórmula 2}$$

donde, P = población, t = tiempo, K = capacidad de carga, r = cons-

tante mayor a 0 (parámetro maltusiano, expresado en porcentaje, que representa la tasa de crecimiento de la población, entendida como el efecto neto de la reproducción y la mortalidad).

Teóricamente, la capacidad de carga es la cantidad máxima de población que se puede sostener indefinidamente en un ambiente específico. Entonces, cualquier población está en su capacidad de carga cuando no crece o se encuentra en un equilibrio dinámico. Sabemos que una sociedad que se está acercando a su capacidad de

carga cuando su tasa de crecimiento es baja o cero (Maserang 1977).

En la medición de la capacidad de carga social mediante sistemas de alternancia de tierras de cultivo, se busca conocer el punto donde la población no puede crecer más en las condiciones actuales sin que se cause daño a la base de recursos del sistema. Este daño ha sido descrito como un proceso de degradación de la tierra, y sucede cuando la población pasa el punto crítico sin que haya cambios en su comportamiento, tecnología usada, o en la cantidad de tierra para cultivo (Brush 1975).



Foto: Proyecto CATIE-Finnfor

La capacidad de carga en la naturaleza no es fija, ni estática, ni se basa en relaciones simples, pues depende de la tecnología, las preferencias, la estructura de producción y el consumo

Crecimiento económico, capacidad de carga y medio ambiente

Las políticas económicas nacionales e internacionales, y concretamente la globalización, usualmente han ignorado al ambiente debido a que la magnitud de las políticas no guarda relación con la magnitud de los problemas (Arrow et ál. 1995). El ambiente recién ha empezado a cobrar relevancia con los Acuerdos Generales en Tarifas y Comercio (GATT, por sus siglas en inglés).

La gran preocupación actual tiene que ver con los impactos, en el ambiente, del crecimiento económico y la liberalización. La idea de que el crecimiento económico es bueno para el ambiente ha sido justificada con la relación empírica entre ingreso per cápita y algunas medidas de calidad ambiental. Se ha observado, por ejemplo, que si el ingreso sube, también se incrementa la degradación ambiental hasta un cierto punto, después del cual la calidad ambiental tiende a mejorar (relación en forma de U invertida –Fig. 2). En las fases iniciales del desarrollo económico, el incremento de la contaminación es un efecto aceptable. Sin embargo, cuando la sociedad alcanza un cierto nivel de vida se empieza a prestar mayor atención a los aspectos ambientales. No obstante, el argumento anterior no se relaciona con los recursos ambientales básicos para el bienestar; esto conlleva a plantear la necesidad de establecer un estándar mínimo, pero también consumos máximos es decir que se deben definir los límites superior e inferior del rango.

Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la curva en forma de U invertida ha sido comprobada para una conjunto de tipos de contaminación solamente; por ello, la interpretación de sus resultados debe hacerse con precaución. Está relación funciona con contaminantes que tienen costos de corto plazo

y a nivel local, tal como la contaminación por coliformes fecales, pero no con contaminantes de largo plazo y de costos más dispersos, como los gases –el CO₂ entre ellos. En algunos lugares han logrado reducir las emisiones mediante reformas locales: legislación ambiental e incentivos basados en el mercado de reducción de impactos ambientales.

Los recursos ambientales incluyendo los ecosistemas que producen una amplia variedad de servicios son la base de todas las actividades económicas. Esta base de recursos es finita, por lo que si se mal utiliza probablemente se reducirá su capacidad de producción en el futuro. Todo esto implica que existen límites a la capacidad de carga del planeta, si bien es claro que la gestión de los sistemas de recursos se puede mejorar, o que tales recursos se pueden conservar, y/o que los cambios estructurales en la economía podrían posibilitar el encaje del crecimiento de la población con la base de recursos naturales.

En resumen, la capacidad de carga en la naturaleza no es fija, ni estática, ni se basa en relaciones simples, pues depende de la tecnología, las preferencias, la estructura de producción y el consumo. Asimismo, cualquier cambio en las interacciones entre los elementos físicos y bióticos del ambiente influye en la capacidad de carga.

La huella ecológica como resultado del crecimiento económico y la capacidad de carga natural

El crecimiento económico depende del capital natural, así como la sociedad depende de la economía y la ecología (Barrett y Farina 2000). Los servicios ecosistémicos consisten en flujos de materiales, energía e información de la naturaleza que, combinados con la manufactura y los servicios del capital humano, producen bienestar (Costanza et ál. 1997). Una forma de cuantificar el crecimiento económico es a través del PIB (producto interno bruto). El PIB se define como el valor de mercado de todos los bienes y servicios finales producidos en un tiempo dado (usualmente un año) en una nación. A pesar de que la medición de la contribución de los ecosistemas a las actividades económicas es imprecisa, este indicador puede ser utilizado como una representación numérica de la escala de la economía (Zhao et ál. 2008).

La huella ecológica, por su parte, es una de las herramientas que permite valorar el capital natural y entender su relación con los patrones de consumo que impulsan el crecimiento. Esta es una forma de medir los requerimientos en términos de consumo de recursos y asimilación de desechos de una economía o población, expresados en

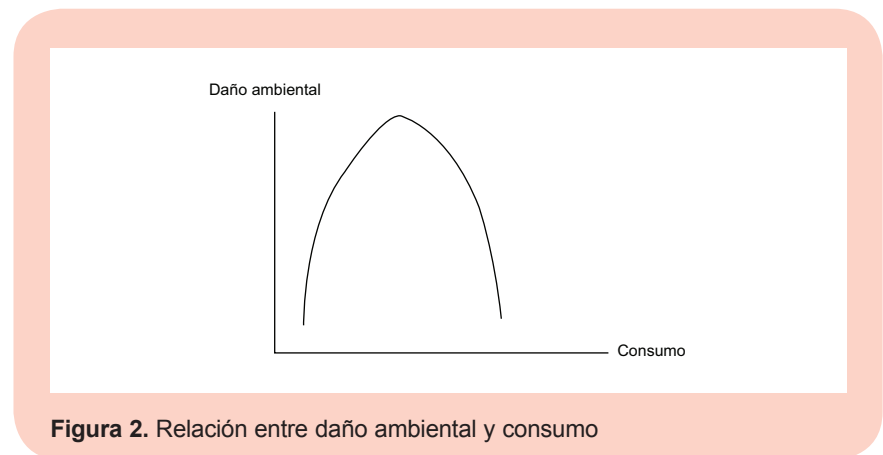


Figura 2. Relación entre daño ambiental y consumo

áreas de tierra productiva (Rees y Wackernagel 2001).


En la cuantificación del crecimiento económico, la capacidad de carga se define como el número específico de seres que un hábitat puede albergar sin que se den daños permanentes. Este concepto tiene implicaciones en la sustentabilidad: tamaño adecuado del capital natural que garantice la provisión de recursos y la asimilación de desechos, el mantenimiento de la vida en general y las funciones de los ecosistemas (Rees y Wackernagel 1996).

Para Catton (1986, citado por Rees y Wackernagel 1996), la capacidad de carga humana no es la población máxima sino el peso que esa población impone al ecosistema. En este contexto, se podría utilizar la

huella ecológica (HE) para evaluar la capacidad de carga humana (CC), ya que la unidad de medida HE es hectáreas per cápita y la CC generalmente se expresa en unidades por hectárea. Esta conversión permite obtener un aproximado del capital natural y los flujos de recursos que aporta. Si se le da un valor a las hectáreas por cada tipo de bioma, y a los servicios de los ecosistemas según sus aportes a la producción, es posible establecer comparaciones entre la CC y otros indicadores, tales como el PIB (Zhao et ál. 2008).

Conclusiones

Cuando se habla de capacidad de carga se debe poner especial atención a la compleja dinámica de las sociedades y de los sistemas ecoló-

gicos, a las interacciones globales y a los vacíos de conocimiento sobre el capital natural y el humano. La mayoría de las teorías de capacidad de carga tienen un enfoque unidireccional, aunque las sociedades y los demás sistemas que ocurren en un territorio son multidireccionales. Por lo tanto, si enfocamos la capacidad de carga en un solo elemento del territorio –ya sea su capacidad de producción de alimento, o la tasa de crecimiento de la población seguimos minimizando el concepto y perdiendo el poder de explicación del mismo. Es por ello que la conceptualización de la capacidad de carga debe ser más amplia para que por medio del modelaje se convierta en una herramienta de gestión adecuada a las realidades humanas. 

Literatura citada

- Arrow, K; Bolin, B; Costanza, R; Dasgupta, P; Folke, C; Holling, CS; Jansson, BO; Levin, S; Maler, KG; Perrings, C; Pimentel, D. 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Ecological Economics* 15:5.
- Barrett, G; Farina, A. 2000. Integrating ecology and economics. *BioScience* 50(4):311-312.
- Brush, SB. 1975. The concept of carrying capacity for systems of shifting cultivation. *American Anthropologist* 77(4):799-811.
- Cohen, JE. 1995. Population growth and the Earth's human carrying capacity. *Science* 269:341-346.
- Costanza, R; d'Arge, R; de Groot, R. 1997. The value of world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253-260.
- Daily, GC; Ehrlich, PR. 1992. Population, sustainability, and Earth's carrying capacity. *BioScience* 42(10):761-771.
- Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species By Means of Natural Selection*. London, England, Random House. Disponible en http://books.google.co.cr/books?id=jTZbAAAAQAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Gottlieb, M. 1945. The theory of optimum population for closed economy. *The Journal of Political Economy* 53:289-316.
- Higgins, GM; Kassam, AH; Naiken, L; Fischer, G; Shah, MM. 1983. Potential population supporting capacities of lands in the developing world. Rome, FAO. (Technical report of project INT/75/P13, "Land resources for populations of the future," FPA/INT/513).
- Hildyard, H; Sexton, S; Lohman, L. 1993. Carrying capacity, overpopulation and environmental degradation. 12 p. Consultado 31 may. 2009. Disponible en: <http://www.thecornerhouse.org.uk/resource/%E2%80%9Ccarrying-capacity%E2%80%9D-%E2%80%9Coverpopulation%E2%80%9D-and-environmental-degradation>.
- Hopfenberg, R. 2003. Human carrying capacity is determined by food availability. *Population and Environment* 25(2):7.
- Lotka, A J. 1925. *Elements of Physical Biology*. Baltimore, EEUU, Williams & Wilkins.
- Maserang, CH. 1977. Carrying capacities and low population growth. *Anthropological Research* 33(4):474-492.
- Marchetti, C; Meyer, PS; Ausubel, JH. 1996. Human population dynamics revisited with the logistic model: How much can be modeled and predicted? *Technological Forecasting and Social Change* 52(1):1-30.
- Meyer, PS; Ausubel, JH. 1999. Carrying capacity model with logistically varying limits. *Technological Forecasting and Social Change* 61(3):6.
- Odum, EP. 1959. *Fundamentals of ecology*. Philadelphia, US. 2 ed. 546 p.
- Rees, W; Wackernagel, M. 1996. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are key to sustainability? *Environmental Impact Assessment* 16:223-248.
- Rees, W; Wackernagel, M. 2001. *Nuestra huella ecológica*. Santiago, Chile, LOM. 207 p.
- Sayre, NF. 2008. The genesis, history, and limits of carrying capacity. *Annals of the Association of American Geographers* 98(1):120-134.
- Seidl, I; Tisdell, C. 1999. Carrying capacity reconsidered: from Malthus population theory to cultural carrying capacity. *Ecological Economics* 31:13.
- Zhao, S; Hong, H; Zhang, L. 2008. Linking the concept of ecological footprint and valuation of ecosystem services: A case study of economic growth and natural carrying capacity. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 15(5):448-456.