

# **LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA PLANEACIÓN TERRITORIAL: UNA PROPUESTA PARA SU ANÁLISIS**

**Verónica Bunge Vivier<sup>1</sup>**

## **RESUMEN**

La capacidad de carga ha sido poco estudiada en procesos de ordenación del territorio y en función tanto de poblaciones humanas y sus actividades productivas como del efecto que éstas tienen sobre el ambiente. Este documento discute una serie de consideraciones para calcular una capacidad de carga que incorpore las políticas y actitudes de la gente del territorio sujeto a estudio y que dependa menos de los avances tecnológicos y cambios climáticos importantes. La discusión teórica se acompaña de un ejercicio realizado en el municipio de La Paz en Baja California Sur.

**PALABRAS CLAVE:** capacidad de carga, planeación territorial, factor limitante.

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Ecología. Correo electrónico: [vbunge@ine.gob.mx](mailto:vbunge@ine.gob.mx)

**Este documento debe citarse de la siguiente manera:**

Bunge, V. (2010). "La capacidad de carga en la planeación territorial: una propuesta para su análisis". Documento de Trabajo de la Dirección General de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas, Instituto Nacional de Ecología, México. Disponible en: [http://www.ine.gob.mx/descargas/ord\\_ecol/2010\\_doc\\_trabajo\\_capacidad\\_carga.pdf](http://www.ine.gob.mx/descargas/ord_ecol/2010_doc_trabajo_capacidad_carga.pdf)

## INTRODUCCIÓN

La capacidad de carga, en términos generales, se refiere a la población que puede sostener un ambiente sin sufrir un impacto negativo irreversible. El concepto parte de la premisa de que los recursos naturales del planeta son limitados.

Como bien se sabe, fue desde 1798 que el economista inglés Thomas Malthus puso sobre la arena científica esta discusión con un trabajo titulado “Ensayo sobre el principio de la población”. Cuarenta años más tarde, el biólogo belga Pierre F. Verhulst se refirió al nivel máximo de población que puede mantener un determinado ambiente provisto de un número limitado de recursos y empleó para ello el término capacidad de carga.

Si bien se trata de un término que parece fundamental en la planeación de todo desarrollo, fue hasta los años sesenta que se le incorporó en la planeación territorial, sobre todo en lo que atañe al manejo de recursos renovables y en particular, en el manejo de pesquerías, de explotaciones forestales y ranchos cinegéticos. En general, en estos estudios se hace referencia a la cantidad máxima de animales que una zona determinada puede sostener de forma continuada sin que se produzca un deterioro importante de las fuentes de alimentos y, en general, de los recursos existentes. También, por la misma época, se comenzaron a hacer modelos sobre proyecciones poblacionales para el planeta entero tomando en cuenta además de variables como la población y los alimentos, aspectos de industrialización, recursos no renovables y contaminación (Forrester, 1971; Meadows *et al.*, 1972; Cole *et al.*, 1973). Más recientemente, por los años noventa, geógrafos e incluso psicólogos se han dedicado a determinar la capacidad de carga turística en términos de espacio y percepción de los turistas. Se ha determinado cuántas personas pueden transitar por un sendero o tomar el sol en una playa sin que éstas dejen de disfrutar del paisaje, del recorrido o se sientan apretadas (Boullón, 1985; Pérez de las Heras, 2004; Canestrelli *et al.*, 1991). También se han publicado trabajos relacionados con la capacidad de carga urbana que considera

principalmente aspectos de disponibilidad de infraestructura para abastecer de agua a una población y para procesar los residuos tanto líquidos como sólidos que ésta genera (Huang, S.L. y Chen, C.S., 1990; Joardar, S.D., 1998; Oh, K., *et al.* 2005). Sin embargo, poco se ha trabajado la capacidad de carga en procesos de ordenación del territorio donde los factores limitantes son los recursos naturales y los servicios ambientales que éstos proporcionan (Lane, M., 2010).

Los modelos sobre proyecciones poblacionales a nivel mundial coinciden en que la capacidad de carga de cualquier sistema habitado por el ser humano es sumamente dependiente de las elecciones y hábitos de las personas y que éstos son difíciles de incorporar en los cálculos. En este sentido, Khanna et al. (1999) hacen una importante diferencia entre la definición de capacidad de carga para poblaciones animales y poblaciones humanas. Mientras que en las poblaciones de animales se busca conocer el número máximo de individuos que puede soportar un territorio, para las sociedades humanas se pretende determinar la cantidad máxima de recursos que se puede consumir así como la cantidad máxima de residuos que se pueden desechar de manera indefinida en una región sin provocar un impacto negativo en la bioproductividad e integridad ecológica (Khanna *et al.*, 1999:107). La diferencia esencial entre esta definición y la que comúnmente se aplica a poblaciones de animales, es que en las sociedades humanas los patrones de consumo son muy diferentes entre una sociedad y otra y pueden ser modificados creando o cambiando cierto tipo de necesidades. Entre los animales, en cambio, el consumo per cápita de alimentos es bastante similar.

En circunstancias globales, algunos científicos han considerado poco operativo el concepto señalando que los factores que más pueden afectar las proyecciones poblacionales son también los más impredecibles: los cambios tecnológicos y los climáticos (Cohen, 1998). Además, el hecho de que las distintas naciones comercian entre sí y comparten aspectos del clima y la biodiversidad así como recursos de la atmósfera y de los océanos, ha ocasionado que algunos investigadores no puedan concebir el cálculo de la capacidad de carga de manera independiente para un país o región

(Cohen, 1995). En este sentido, algunos autores han propuesto ligar la noción de huella ecológica con capacidad de carga (Rees, 1996). Mientras que la capacidad de carga hace referencia a la disponibilidad y consumo de recursos de un sitio en particular, la huella ecológica hace alusión al consumo de recursos tanto locales como foráneos que realizan las personas de una región. La diferencia entre la huella ecológica y la disponibilidad de recursos de una región resulta en el déficit ecológico. De alguna forma, cualquier sitio debería ser capaz de compensar los recursos que consume de otros lugares. Por ejemplo, a nivel nacional, el déficit ecológico en México es de 1.7 hectáreas per cápita (Global Footprint Network, 2008) esto es, que necesitaríamos otro territorio del tamaño de México para que nuestro consumo se viera equilibrado con la disponibilidad de recursos<sup>2</sup>. Le corresponde a las políticas públicas revertir este déficit incidiendo en el patrón de crecimiento poblacional y en los modelos de consumo de la población que demanda más recursos. Hasta ahora, las formas compensatorias a nivel mundial han estado orientadas a la compra y venta de bonos de carbono y este es un tema fundamental que debería ser analizado desde un enfoque de planeación territorial.

Si bien este documento no resuelve este último dilema, si propone una serie de consideraciones para calcular una capacidad de carga que incorpore políticas y actitudes de la gente del territorio sujeto a estudio y que dependa menos de los avances tecnológicos y cambios climáticos importantes. Por un lado, se sugiere trabajar con escalas más finas que la planetaria, en regiones bien definidas y, por otro lado, se supone una capacidad de carga válida para un periodo corto. Al término de dicho periodo, la capacidad de carga debería ser revalorada a fin de incorporar las nuevas tendencias.

---

<sup>2</sup> Redondeando, podríamos considerar un México con 100 millones de habitantes y una superficie de 1'700,000 km<sup>2</sup> o 170'000,000 ha.

A continuación se exponen los alcances del cálculo de la capacidad de carga en la planeación territorial y más adelante se discuten una serie de lineamientos importantes para determinar la capacidad de carga en un contexto de planeación territorial.

## **ALCANCES DEL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA EN LA GESTIÓN DE LOS TERRITORIOS**

¿Es el problema ambiental un problema demográfico? Muchos ejemplos demuestran que no siempre la sobre población de un sitio es la responsable del deterioro ambiental. En el caso del agua dulce, mientras que el consumo global de este recurso se multiplicó por 6 entre 1900 y 1995, la población sólo lo hizo por 3 (PNUMA, 2002). Así las cosas, el desarrollo de los territorios depende en gran medida de los recursos naturales disponibles y de la *manera* en que se hace uso de ellos. A lo largo del tiempo, el ser humano ha sido capaz de incrementar la capacidad de carga del sitio en que habita gracias a los avances tecnológicos o a las nuevas actitudes hacia el uso y consumo de los recursos naturales. Pero en muchos casos, la tecnología o un cambio en el comportamiento de los individuos no han sido suficientes u oportunos para evitar la devastación del entorno. Los sumerios, los teotihuacanos, los mayas, los pascuenses y otras civilizaciones, a pesar de su grandeza en áreas como la astronomía, la arquitectura y la navegación, fueron incapaces de gestionar de manera sustentable su territorio. No anticiparon los límites de reproducción de los recursos naturales y con ello se vieron obligados a abandonar muchos de sus asentamientos (Sakaiya, 1995; Diamond, 2006).

Pero también en la época contemporánea, a pesar de los muchos conocimientos acerca de la dinámica de los ecosistemas, existen ejemplos de devastación ecológica. En los últimos 100 años, la actividad agropecuaria provocó la disminución del 50% de la vegetación de los ecosistemas naturales de México originando la extinción de alrededor de 50 especies conocidas y, por supuesto, la reducción en la captación de carbono y generación de oxígeno, entre otras cosas (CONABIO, 2009). En el Valle de México, los acuíferos están siendo sobreexplotados con tal magnitud que en

la zona suroriente de la cuenca el terreno se está hundiendo a una tasa de 40 centímetros por año provocando la reaparición de lagunas del antiguo Lago de Chalco (Burns, 2009). La industria y los sistemas de transporte han emitido tal cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera que en los últimos 150 años, la temperatura del planeta ha aumentado en 0.7 °C con un notorio efecto sobre los patrones de lluvia y sequía de algunos territorios.

De esta manera, el cálculo de la capacidad de carga para un determinado territorio se justifica por lo menos en cuatro sentidos:

- para generar escenarios acerca de la posible transformación de los recursos naturales
- para dar soporte a ciertas políticas ambientales y con ello tener más herramientas que permitan la negociación con los actores económicos y sociales de una región,
- para considerar el efecto acumulativo de algunas actividades que vistas de manera aislada, pudieran parecer inofensivas a la sostenibilidad de una región, y
- para la realización de cualquier diagnóstico del territorio.

Dependiendo del territorio que se esté analizando, la capacidad de carga puede estar rebasada o no haber sido aún alcanzada. En el primer caso, el estudio de la capacidad de carga permite orientar patrones de consumo de manera tal que se minimicen los impactos sobre los recursos naturales. Cuando la capacidad de carga no ha sido alcanzada, el análisis puede dar una idea de la intensidad con la cual se puede promover el poblamiento de un lugar o el desarrollo de una actividad. En ambos casos, la operatividad o instrumentación de la capacidad de carga será el obstáculo más difícil de sortear: cómo restringir el crecimiento de una población o actividad, cómo modificar patrones de consumo o cómo fomentar el cumplimiento de políticas. Sin duda, la participación social tiene un papel fundamental en la gestión de la sostenibilidad territorial.

Una de las principales críticas que han recibido los intentos de cálculo de capacidad de carga a nivel territorial es la facilidad con la que se puede llegar a subestimar o sobrestimar la

cantidad de personas que puede sostener una región. Generalmente, este error es producto del empleo de una escala espacial y temporal que impide predecir cambios en las actitudes de las personas, en las políticas, en la tecnología disponible y en el clima. Como mencionamos en la introducción, cuando se trabaja a escala planetaria se ignoran variables como los patrones de consumo de diferentes sociedades y las políticas de uso y manejo de recursos; cuando se omite la definición del tiempo para la cual la capacidad de carga es operativa, o este tiempo es muy largo, se corre el riesgo de equivocarse en las predicciones de los avances tecnológicos o del cambio climático. Pero incluso a pequeña escala y en un periodo corto, la falta de definición de supuestos para los cuales la capacidad de carga opera puede traer fuertes errores de estimación. Es por ello que los supuestos son útiles e imprescindibles cuando las variables contempladas tienen una alta incertidumbre. Por ejemplo, debiera incluirse entre los supuestos el cumplimiento de una nueva política o la disponibilidad de algún recurso cuya estimación sea poco certera.

De esta manera, la capacidad de carga no es estática para un determinado territorio, depende de los avances tecnológicos y de los cambios en el comportamiento del ser humano, de las actividades económicas preponderantes o del clima. Su estimación será tanto más acertada como claros estén los supuestos con los cuales se está calculando.

### ***Definición de la unidad de análisis***

Una de las primeras cuestiones que deben definirse al momento de realizar un estudio que tiene que ver con un espacio es precisamente, la delimitación de dicho espacio, en otras palabras, la determinación de la unidad de análisis con la cual se va a trabajar. En esta propuesta, la unidad de análisis se define en función del área de influencia del desarrollo que se está estudiando. Dado que el análisis tiene como propósito la conservación de los recursos naturales, el área de influencia se establece por la ubicación y movilidad del recurso natural que el desarrollo consume y por la infraestructura que procesa los residuos que este mismo desarrollo genera (figura 1).

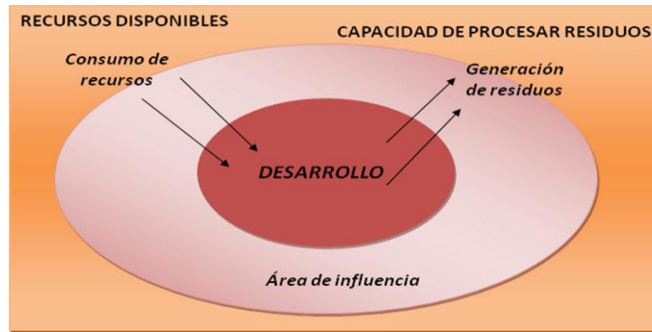
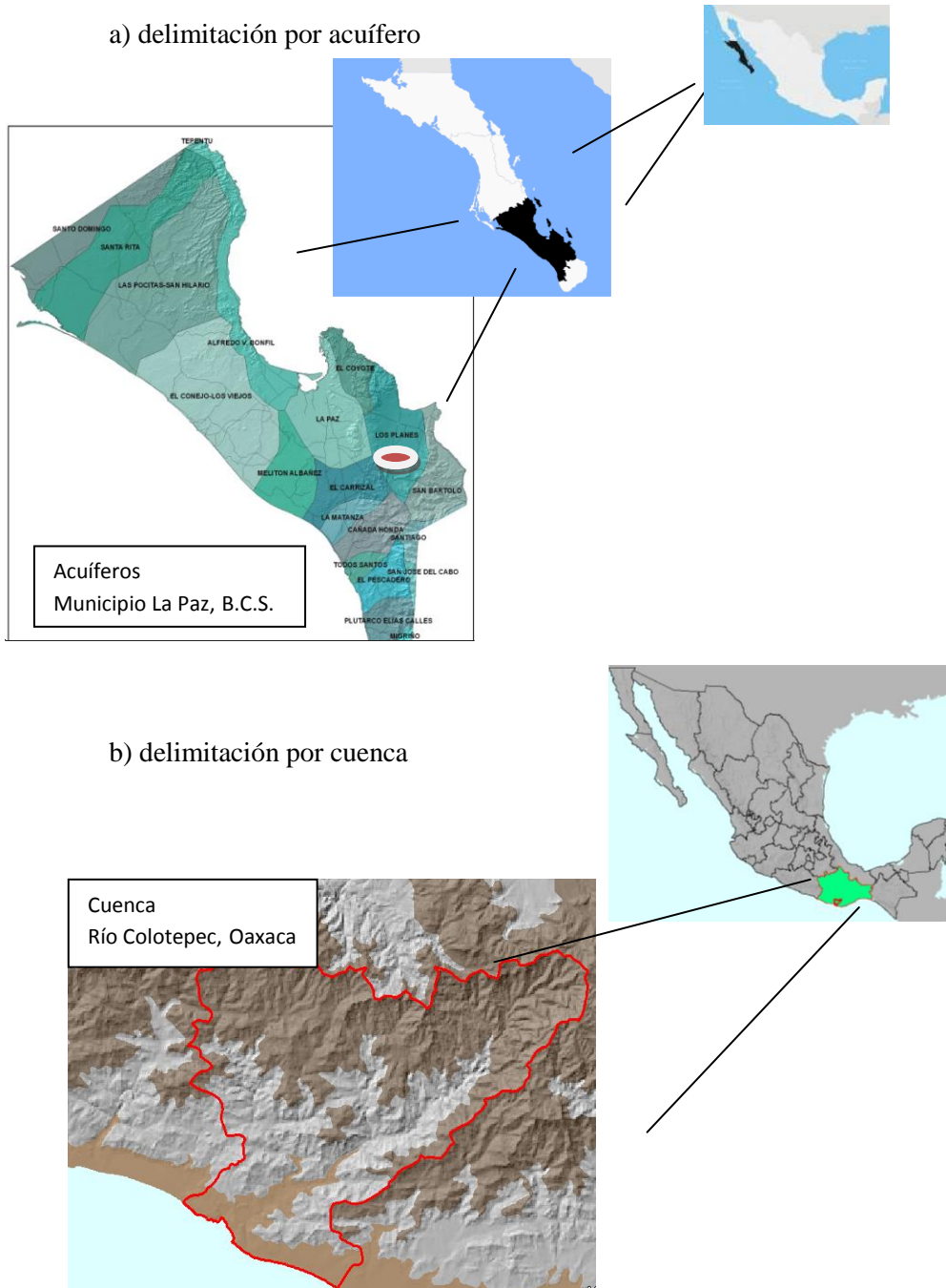


Figura 1. Aspectos que determinan el área mínima a estudiar para calcular la capacidad de carga.

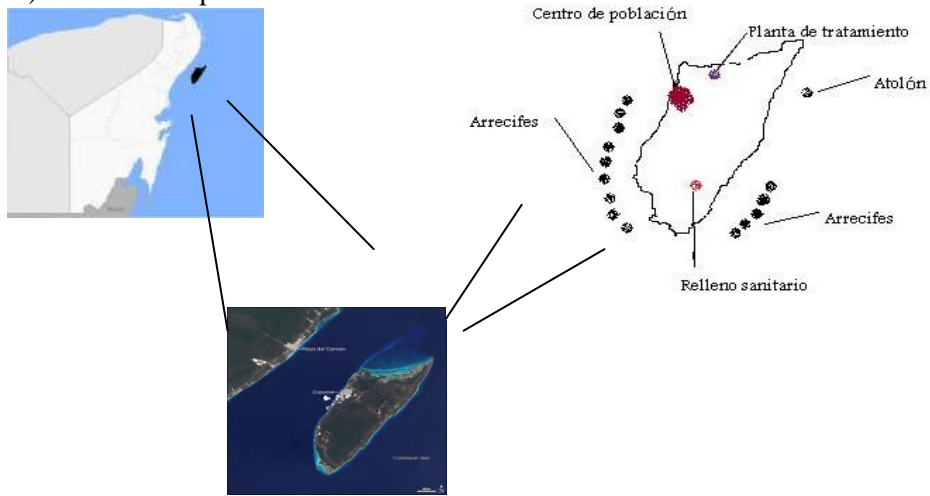
Todos los sistemas vivos que existen sobre la Tierra dependen del agua para su supervivencia, de esta manera, cuando la orografía lo permite, la mejor unidad geográfica para el cálculo de la capacidad de carga es la cuenca hidrográfica, ya que es en ella donde se delimita de manera natural la disponibilidad del agua y en consecuencia, la disponibilidad de la flora y fauna. La cuenca, subcuenca o microcuenca que se analiza deberá contener los recursos que la población consume<sup>3</sup> y la infraestructura que procesa los residuos que los asentamientos generan. Cuando la región a estudiar no tiene cuencas, los límites de los acuíferos pueden definir la unidad de análisis. Aunque los límites de los acuíferos son poco precisos, su estimación será de suma utilidad para identificar los sitios de recarga y de extracción de agua. Otra unidad de análisis natural son algunas islas que, por su pequeño tamaño, extraen recursos naturales que se consumen por igual en toda la isla, sin importar las distancias, y los residuos de toda la población de la isla se procesan en algunos sitios de dicho territorio (figura 2).

<sup>3</sup> De antemano se sabe que, en nuestros días, es imposible que una población consuma únicamente los recursos que genera su territorio. Los recursos a los cuales hacemos referencia son los recursos naturales existentes en el territorio a estudiar como el agua, los bosques, la biodiversidad, el suelo, etcétera.

Figura 2. Diferentes unidades de análisis: a) delimitación por acuífero, b) por cuenca o c) por unidad insular.



c) delimitación por unidad insular



**Estudio de Caso: Municipio La Paz, Baja California Sur, México.**

La región que sirve de ejemplo a este documento extrae del subsuelo el agua para abastecimiento humano; por ello, la capacidad de carga se calculó en función de la delimitación de los acuíferos; los ríos y arroyos suelen ser temporales por lo que no constituyen una fuente importante a considerar en los cálculos de oferta de agua.

El municipio cuenta con 19 acuíferos (CONAGUA, 2002) y, para fines de este ejercicio, se practicará con el acuífero de Los Planes que se ubica al sur de la ciudad de La Paz y en el año 2005, abastecía de agua a 3,376 habitantes (INEGI, 2005).

Cada territorio tiene uno o más recursos que limitan su crecimiento y es fundamental identificar cuál es, o cuáles son los factores responsables de esta limitación.

### *Los factores limitantes*

El factor limitante de un desarrollo o actividad productiva se refiere al elemento que delimita su crecimiento. Este factor puede ser de tipo económico, social, político o ecológico. Generalmente son los primeros tres aspectos los que en nuestros días han operado como limitantes, sin embargo, en esta propuesta se sugiere empezar a incorporar la integridad de los recursos naturales como restrictivos de un determinado desarrollo con el fin de procurar una verdadera sustentabilidad del territorio.

En este sentido, los factores limitantes pueden ser la disponibilidad de un recurso, como el agua y el espacio, o la capacidad de procesar residuos, dada por la infraestructura disponible para tratar aguas residuales o depositar los residuos sólidos municipales. Para conocer el factor limitante, es necesario calcular la capacidad de carga para cada recurso y saber así cuál de ellos sería el primero en agotarse dado un determinado desarrollo.

En términos generales, la capacidad de carga depende de la disponibilidad natural del recurso limitante y del tipo de consumo per cápita que se hace de dicho recurso.

$$\text{Capacidad de carga} = \frac{\text{Disponibilidad natural del recurso limitante}}{\text{Consumo per cápita del recurso limitante}}$$

Uno de los grandes obstáculos a los que se enfrenta el consultor o investigador que realiza la caracterización de un sitio es a la falta de información. Sobre todo en países subdesarrollados y en vías de desarrollo, la fiabilidad y actualización de los datos es escasa. Sin embargo, a pesar de ello la estimación de los valores tanto de disponibilidad natural y consumo de recursos como de generación de residuos, es siempre mejor que la ausencia de ello cuando de planeación territorial se trata.

Dependiendo del territorio que se vaya analizar, uno puede encontrarse con una región cuya capacidad de carga ya esté sobrepasada o por el contrario, con un territorio que aún no ha alcanzado su capacidad de carga. En el primer caso interesa conocer los patrones de consumo que pudieran mitigar el impacto ya existente sobre los recursos naturales e incluso modelar el tipo de consumo necesario para alcanzar una capacidad de carga en equilibrio con la disponibilidad de recursos. En el segundo caso, cuando la capacidad de carga no se encuentra rebasada, interesa conocer cuánta gente puede vivir en un territorio bajo el supuesto de un determinado patrón de consumo. En el primer caso, la variable independiente de los escenarios es el patrón de consumo mientras que en el segundo caso, la variable independiente es el tamaño de la población. La oferta de un recurso se comporta como una constante que sólo puede variar como resultado de un avance tecnológico.

#### *Principio Precautorio*

El principio precautorio, incluido en la Declaración de Río de 1992, se basa en la idea de recurrir a la precaución ante la duda del efecto que pudiera tener un evento. Así, este principio no sólo es válido para compensar nuestra incapacidad de cuantificarlo todo, sino también de subsanar nuestra ignorancia: muchas veces no conocemos los alcances de alguna innovación tecnológica o modificación en el ambiente, por ejemplo los de los organismos genéticamente modificados (OGM), y el recurrir al principio precautorio evita el retraso de medidas de prevención contra un posible desastre natural.

En los cálculos sobre la disponibilidad de recursos y capacidad de infraestructura procesadora de residuos se debe tomar en cuenta la vulnerabilidad de los ecosistemas y el grado de error en el diseño y operación de la tecnología. Por ejemplo, se conoce acerca de la especial sensibilidad de los arrecifes hacia la calidad y temperatura del agua por lo que, donde exista este ecosistema, habrá que procurar una mejor calidad de agua de la que se pudiera tolerar si se estuviera ante un mar sin arrecifes. Asimismo, donde haya suelos permeables, poco profundos y que

colindan con acuíferos, se deberá prohibir la instalación de rellenos sanitarios, aunque nos aseguren que éstos cuentan con un buen sistema de recubrimiento; este sistema siempre tendrá una posibilidad de fisura lo cual pondría en riesgo la calidad del agua del acuífero. No obstante, cuantificar la vulnerabilidad de un ecosistema y el grado de error en el diseño y operación de la tecnología es complejo, difícil y lleva más tiempo del que generalmente se tiene para tomar una decisión acerca de una determinada política de desarrollo.

Para algunos casos, es factible emplear, como principio precautorio, umbrales definidos para la explotación sustentable de un recurso. Por ejemplo, el umbral que determinó el Consejo Mundial del Agua (World Water Council) a partir del modelo global de utilización y disponibilidad de agua WATER GAP-2, en el que se considera que un territorio está sometido a fuerte presión hídrica cuando se explota más del 40% del agua naturalmente disponible. Otro ejemplo es la definición de áreas prioritarias para la conservación publicadas, en el caso de México, por la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO) y que pueden ser sustraídas del espacio total disponible para una actividad a fin de asegurar una serie de servicios ambientales. Cabe mencionar que a estas áreas habría que añadirles aquéllas que son importantes por infiltrar agua e incluso, las que, dado el cambio climático, se convertirán en nuevas zonas importantes para la conservación de especies.

Operativamente, el principio precautorio debe ser considerado al momento de calcular la disponibilidad de los recursos y de la infraestructura.

### *Disponibilidad de Recursos e Infraestructura*

Algunos recursos e infraestructura que deben ser analizados en función de las actividades preponderantes de la región motivo de estudio son:

Oferta de agua dulce

Oferta de espacio

Oferta de energía

Capacidad para procesar residuos líquidos

Capacidad para procesar residuos sólidos y peligrosos

#### *Agua*

La abundancia o escasez de agua está determinada por el clima, tipo de suelo, vegetación y la orografía del sitio, pero también por la existencia de tecnología capaz de almacenar agua, como presas, o generar agua dulce como las de plantas desalinizadoras. Por su parte, la disponibilidad de agua está en función de la cantidad de agua que puede ser explotada sin que se vea afectada su calidad y la integridad de los ecosistemas naturales (un coeficiente de sustentabilidad). Si se quiere conocer la disponibilidad de agua para un uso en específico, es necesario conocer la proporción de agua que se concesiona por actividad. Al calcular la disponibilidad de agua, se parte del supuesto de que las actividades seguirán siendo abastecidas en la misma proporción en que se hace al momento de realizar el estudio.

### **Disponibilidad de agua en Los Planes, municipio de La Paz, B.C.S.**

En el estudio de caso que se está presentando, el 60% del agua es utilizada por las actividades agrícolas, el 26% se destina a la actividad pecuaria y 14% al consumo público–urbano. La oferta natural del acuífero es de 9 hm<sup>3</sup>. La actividad con mayor impulso económico es la turística por lo que interesa conocer la disponibilidad de agua para el consumo público-urbano:

#### **Disponibilidad de agua para consumo público-urbano =**

(oferta natural media) x (coef. de sustentabilidad del agua) x (% vol.concesionado)

$$\text{Disponibilidad de agua para consumo público–urbano} = (9 \text{ hm}^3) \times (0.4) \times (0.14) = \mathbf{0.5 \text{ hm}^3}$$

El coeficiente de sustentabilidad empleado es el mismo que el Consejo Mundial del Agua refiere como umbral a partir del cual un cuerpo de agua se encuentra con una fuerte presión hídrica: extracción de agua superior al 40% de la oferta natural.

Al calcular la disponibilidad de agua para uso público–urbano, debe quedar especificado que la capacidad de carga es operativa siempre y cuando el 14% del agua concesionada se destine a este uso.

### *Espacio*

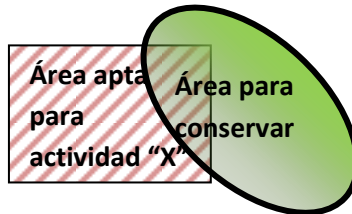
En relación al espacio – que engloba recursos como la biodiversidad, el suelo y las zonas de recarga de agua de los mantos freáticos - éste representa un factor limitante para el desarrollo de una región cuando la zona carece de una reserva de tierra apta para el desarrollo de la actividad predominante. A diferencia del recurso hídrico, el espacio es muy heterogéneo y no cualquiera resulta adecuado para una determinada actividad; no se puede calcular la disponibilidad general de espacio porque éste tiene que ver con las necesidades biofísicas de cada actividad. En esta propuesta, los servicios ambientales son considerados como prioritarios por lo que, para cada actividad, el espacio disponible es aquél que cumple con los atributos biofísicos necesarios para

llevar a cabo dicha actividad y que no se sobrepone al espacio con aptitud para brindar servicios ambientales.

### **Disponibilidad de espacio para actividad x =**

Superficie apta para actividad "x" - Sup. prioritaria para la conservación ubicada en Sup. apta para actividad "x"

Gráficamente, esto podría verse de la siguiente manera:



La superficie prioritaria para la conservación es, en este ejercicio, equivalente al coeficiente de sustentabilidad del agua; se trata de conservar la cantidad de recursos necesarios que permiten un desarrollo sostenible. Las áreas prioritarias han sido definidas por la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO) e incluyen a las actuales reservas, parques y áreas naturales protegidas.

Sin embargo, algunas actividades, como el ecoturismo o algunas Unidades de Manejo Ambiental (UMA), requieren necesariamente de un espacio conservado para llevar a cabo sus actividades. En otras palabras, requieren en su totalidad, del área prioritaria para la conservación. En principio, estas actividades no representan, en lo que a la ocupación del espacio se refiere, un riesgo para la conservación de los recursos naturales de una región, por lo que en este sentido, no tendrían que ser considerados como una amenaza.

### **Disponibilidad de espacio en Los Planes, municipio de La Paz, B.C.S.**

La región motivo de este estudio es muy extensa. La actividad agropecuaria – que es la que más espacio podría ocupar – se concentra en los valles, lejos de los sitios importantes de recarga de acuíferos y de las áreas naturales protegidas por su biodiversidad. La actividad turística, que es la que más impulso tendrá en los próximos años, tiene su zona de aptitud lejos de las áreas importantes para la conservación por lo que en este ejemplo de estudio de caso el espacio no se presenta como un recurso limitante al desarrollo del territorio.

### *Energía*

La energía es también un recurso y su disponibilidad podría ser una limitante para el crecimiento de una región. Sin embargo, la generación de energía, además de producir un recurso, consume recursos y genera residuos. Con excepción de las plantas generadoras de energía por fuentes renovables, éstas consumen combustibles fósiles que en general, no se obtienen del territorio donde se encuentra la planta. De la misma manera ocurre con los residuos que produce: las emisiones de gases de efecto invernadero tienen impacto a nivel global y se dificulta conocer proporcionalmente los efectos que tienen *in situ*. En este caso, la disponibilidad del recurso está en función de la capacidad financiera del territorio, de la seguridad con la cual se puede abastecer de una determinada cantidad de combustible para generar energía y de las políticas energéticas; poco o nada tiene que ver con la disponibilidad *in situ* del combustible. No obstante, es importante considerar de alguna manera el consumo de energía ya que en ocasiones, un uso más eficiente de otro recurso implica un mayor gasto energético (por ejemplo, en algunas ciudades, el ahorro del agua puede ir asociado a un incremento en el consumo de energía: el calentamiento de agua para el aseo personal puede mantenerse continuamente caliente –a un costo energético importante- a manera de que ésta salga inmediatamente con la temperatura deseada evitando su desperdicio).

A nivel nacional se cuenta con metas para mitigar el impacto del efecto climático y entre éstas se encuentra la disminución en la generación de gases de efecto invernadero a través, entre otras cosas, de un uso más eficiente de la energía y de la adopción de fuentes renovables de energía. Es también a nivel nacional que se pueden dictar las políticas que orienten los sitios productores de energía y con ello, la limitación de energía para un territorio estaría dada por su incapacidad de producir energía renovable o por su lejanía o inaccesibilidad a otros territorios productores de energía. Actualmente, la falta de políticas regionalizadas a nivel nacional sobre este rubro dificulta tomar en cuenta a este recurso como un posible factor limitante para el desarrollo de una región.

### *Infraestructura*

En cuanto a la infraestructura capaz de procesar residuos, su disponibilidad estará dada no sólo en función de la capacidad instalada, sino de la posibilidad de incrementar dicha capacidad. Esta posibilidad depende a su vez de los recursos financieros de la región pero también de las características del medio de poder absorber, con el menor riesgo ecológico, más infraestructura.

#### **Disponibilidad de infraestructura en Los Planes, municipio de La Paz, B.C.S.**

El territorio que se está analizando presenta actualmente una planta de tratamiento de aguas residuales con capacidad instalada de 3 l/s y se encuentra operando a su máxima capacidad. Las aguas tratadas se reusan en el riego de cultivos y las características biofísicas del territorio permiten la construcción de más plantas de tratamiento. En cuanto a los sitios de disposición final de residuos sólidos, el área de estudio cuenta con tiraderos a cielo abierto pero también presenta espacios susceptibles de instalar rellenos sanitarios.

### *Consumo de recursos*

Así como es necesario recabar datos relacionados con la oferta y disponibilidad de recursos e infraestructura, es fundamental contar con información acerca del consumo de dichos recursos y uso de la infraestructura. En general, las necesidades de agua por persona, hectárea, industria o cuarto de hotel, o la cantidad de aguas residuales o residuos sólidos que desecha cualquiera de las unidades recién mencionadas, se calculan de acuerdo a la población o actividad del lugar en cuestión. Cuando esta información no existe o no está disponible, se utilizan valores de referencia para la región, país o en su defecto, valores promedio a nivel mundial. Por ejemplo, La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que el consumo de agua per cápita sea de aproximadamente 50 litros por persona diariamente. Para llegar al consumo de esta cantidad de agua es necesario tomar medidas estrictas de ahorro de agua. En Estados Unidos, se gasta un promedio de 380 litros por persona por día (Servicio de Prospección Geológica de los Estados Unidos, 2004), mientras que en Alemania ya pudieron reducir su consumo a 130 litros por persona por día (Departamento de Estadística, Alemania, 2000). En México, el promedio de consumo per cápita es de 342 litros<sup>4</sup> al día. Si se llegara a utilizar valores de referencia de nivel internacional o de una escala mayor a la que se está trabajando, es imprescindible realizar la aclaración para que se tomen las medidas necesarias a nivel político regional que exijan instaurar otro patrón de consumo entre la población y que éste se considere entre los supuestos sobre los que opera la capacidad de carga calculada.

---

<sup>4</sup> Valor obtenido a partir del promedio de consumos municipales de agua potable per cápita. El consumo per cápita municipal se obtuvo de dividir al número de habitantes con acceso a agua potable entre el volumen de agua concesionado para uso público urbano y doméstico (Geobase CONAGUA, 2007).

### **Supuestos para el cálculo de consumo de recursos en Los Planes, municipio de La Paz, B.C.S.**

En los últimos años, la única actividad productiva que ha crecido en el municipio de La Paz ha sido el turismo. La agricultura, si bien ha aumentado el valor de su producción, se ha mantenido con la misma superficie y cantidad de agua empleada debido a la veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo impuesta por decreto presidencial desde 1954. Con ello, se generó un supuesto acerca del escenario para el cual la capacidad de carga del territorio del acuífero de Los Planes sería válida:

\* La dotación de agua para la actividad agrícola no se incrementa. Debido a la escasez generalizada de agua en el municipio, el desarrollo turístico deberá contemplar su propio abastecimiento de agua es decir, la generación de agua potable necesaria para satisfacer las necesidades de sus instalaciones. Sin embargo, la gente empleada en el sector consumirá el agua concesionada para uso público-urbano.

Otro de los supuestos que quedaron establecidos al iniciar este cálculo fue la cantidad de agua que consideramos consume una persona al año para su aseo, limpieza del hogar, elaboración de alimentos y riego de jardines. Para el centro de población de La Paz, se estima que cada persona consume 264 litros diarios. Se carece de un dato de consumo de agua per cápita para Los Planes y por ello se adopta el valor que se tiene para la ciudad más próxima que es la Paz. El valor que se utilizó resulta de la división del volumen de agua asignado a uso público - urbano anualmente ( $18.2 \text{ hm}^3$ ) entre el número total de habitantes ( $189,176$  personas en 2005). En dicha cifra, se están incluyendo las fugas y el consumo de áreas públicas. Redondeando números, el supuesto queda de la siguiente manera:

\* El consumo per cápita de agua potable para uso público-urbano es de  $100\text{m}^3$  por año, es decir, 274 litros diarios por persona.

Con una población de 3,376 habitantes, el consumo anual de agua en Los Planes es de  $0.35 \text{ hm}^3$ ; este acuífero tiene una disponibilidad de  $0.5 \text{ hm}^3$  de agua anualmente para uso público-urbano por lo que ya se encuentra cerca de su límite de capacidad.

### *Cálculo de la capacidad de carga*

La capacidad de carga de un territorio, dado un conjunto de supuestos, dependerá de la disponibilidad del factor limitante identificado, del consumo del factor limitante per cápita o por unidad de carga, de un principio precautorio que considere la vulnerabilidad de los ecosistemas del área de estudio y la probabilidad de ocurrencia de un error tecnológico. La unidad de análisis con la cual se debe trabajar estará definida por las características de los factores limitantes.

#### **La capacidad de carga de la región de Los Planes, municipio de La Paz, B.C.S.**

El factor limitante en la región de Los Planes es la disponibilidad de agua dulce. La infraestructura procesadora de residuos con la que se cuenta es precaria pero existen las condiciones biofísicas necesarias para incrementarla sin que se ponga en riesgo algún ecosistema o recurso natural. En cambio, el recurso hídrico ya casi se encuentra al límite de su disposición para uso público-urbano. De seguir concesionándose el 14% del volumen de agua para uso público-urbano, habría posibilidad de incrementar la población a 5,000 habitantes (actualmente hay 3,376 habitantes). Esto es resultado de la siguiente operación:

$$\text{N}^{\circ} \text{ máx. habitantes} = \frac{\text{Disponibilidad de agua para uso público urbano}}{\text{Consumo per cápita}}$$

donde la Disponibilidad de agua para uso público-urbano es igual a: (Vol. oferta natural) x (Coef. Sust. Agua) x (% Vol. Conces. Púb\_Urb.)

$$\text{N}^{\circ} \text{ máximo habitantes} = ((9 \text{ hm}^3 \times (1 - 0.4)) \times (0.14)) \div 0.0001 \text{ hm}^3 = 5,000 \text{ personas}$$

Si por ejemplo, el supuesto de otorgar el 14% del agua disponible a uso público-urbano se modificara a expensas de lo que se otorga para uso agrícola, entonces la capacidad de carga debería ser re-calculada.

Si bien en esta propuesta se incorpora el principio precautorio para atenuar los riesgos que conlleva nuestra ignorancia acerca del funcionamiento total de los ecosistemas, se descuidan aquéllos comportamientos que deliberadamente ponen en peligro a los ecosistemas naturales, a saber, los comportamientos resultados de la corrupción. Ignorar este aspecto en lugares donde esta actitud ya es parte del comportamiento normal de las personas e instituciones conduce a estimaciones de capacidad de carga que pudieran estar arriesgando el patrimonio natural de una región. Existen índices de corrupción que debieran ser estudiados en aras de poderseles emplear para ponderar la capacidad de carga de los territorios analizados en función de sus posibilidades de cumplir o violar una ley.

Ahora bien, ¿cómo se puede restringir el número de personas en un territorio dado? Las propuestas que existen al respecto hacen alusión al control de las fuentes de empleo, como el número de cuartos de hotel para el caso turístico, o a la valoración del precio de la tierra o vivienda, para el caso de zonas urbanizables, o al control de los precios de entrada, cuando se trata de visitas a un parque o santuario. Otra manera de restringir el poblamiento de un sitio es restringiendo las concesiones del recurso limitante como podría ser el volumen de agua dulce de un acuífero. En algunos casos, estas medidas resultan elitistas y es importante considerar este riesgo para prevenir la discriminación y fomentar sociedades inclusivas.

### **Equivalencia de número de personas a número de cuartos de hotel**

En el caso de Los Planes, es el turismo el sector económico con pretensiones de crecer por lo que se procedió a calcular el máximo número de cuartos de hotel permitidos. Éste se estima en función del número de personas que cada cuarto de hotel atrae, entre empleados y familiares de dichos empleados.

En todo el municipio de La Paz, el sector hotelero calcula que cada cuarto de hotel genera 4 empleos directos e indirectos. La población ocupada es de 40%, es decir, que de cada 10 individuos, 4 perciben un ingreso y los demás representan a los familiares de estos trabajadores (cada trabajador mantiene a 1.5 personas). De esta manera, y suponiendo una tasa de desempleo de cero, debemos considerar un incremento de 10 personas por cada cuarto de hotel que se construya: 4 empleados directos e indirectos más 6 familiares que acompañan a esos empleados (4 empleados x 1.5 dependientes económicos). Esto podría ser aún más complejo si se toma en cuenta que en la fase de construcción hay más empleados que durante la fase de operación. Para este ejercicio se considera únicamente la fase de operación.

Así las cosas, el cálculo de la capacidad del número de cuartos de hotel en Los Planes tiene que ver con el número máximo de personas que podría soportar el acuífero que en este caso, representa al factor limitante. Si una unidad de análisis tiene capacidad para abastecer de agua potable a un máximo de 1000 personas, y sabemos que un cuarto de hotel genera un incremento poblacional de 10 personas, la unidad en cuestión podría tener únicamente 100 cuartos. Pero esto sería así si toda la población se dedicara a la actividad turística. En Los Planes la actividad agropecuaria es la más importante por lo que no se puede considerar que el total de personas estarían empleadas en el turismo.

Para este ejercicio se consideró que el 25% de la población ocupada podría trabajar en el sector turismo. El cálculo entonces sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de cuartos de hotel} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ máx. personas por unidad análisis} \times \text{proporción de personas dedicadas al turismo})}{(\text{N}^\circ \text{ de personas que atrae cada cuarto de hotel})}$$

En Los Planes esto se traduce a 125 cuartos de hotel y resulta del siguiente cálculo:

$$\text{Capacidad de cuartos de hotel} = (5,000 \times 0.25) / 10 = 125 \text{ cuartos de hotel}$$

## CONCLUSIONES

La incorporación de los análisis de capacidad de carga en la planeación de un territorio es fundamental para lograr un desarrollo sustentable. Como señala Gutiérrez Yurritia (2009:62) “la capacidad de carga es un punto de no retorno, sobrepasa lo deseable y se convierte en lo superviviente; podrá haber crecimiento económico pero éste será a costa de deteriorar los elementos ambientales que le confieren la integridad ecológica al sistema”.

En México existen dos instrumentos de política ambiental que podrían ser mejorados sustancialmente si se exigiera el análisis de capacidad de carga de los territorios: las evaluaciones de impacto ambiental (EIA) y los ordenamientos ecológicos (OE). Las EIA valoran el impacto que un desarrollo pudiera tener sobre el ambiente sin embargo, lo hacen de manera independiente de los demás proyectos, sin considerar el efecto acumulativo que el conjunto de residuos o consumo de recursos de todos los proyectos pudiera tener sobre un determinado territorio. La manera en que estos efectos acumulativos pueden ser contemplados es a partir de la regulación, a nivel municipal, de las distintas actividades productivas. Si los municipios conocieran su capacidad de carga, podrían organizar el crecimiento de las distintas actividades. La evaluación del impacto ambiental, en términos de sus facultades, estaría enfocada a avalar que la cantidad de recursos que se consumirán y la cantidad de residuos que se verterán se encuentran dentro de las normas especificadas; por su parte el municipio autorizaría la cantidad de desarrollos o proyectos que sus recursos e infraestructura le permitieran sostener. Por su parte, los OE se han convertido en un instrumento de “repartición del pastel”, o en otras palabras, de repartición del territorio a ordenar. Dado su carácter participativo, este instrumento ha tendido a favorecer a los que más participan; en ocasiones, los que más participan tienen intereses que se contraponen a los de la conservación de los recursos naturales. Para contra-restar esta tendencia, la ordenación del territorio debe evitar limitarse a la distribución del espacio; en cambio, debe preestablecer el territorio susceptible de ser

repartido priorizando la conservación de los recursos naturales y la continuidad de los servicios ambientales.

El análisis de la capacidad de carga en la planeación del territorio permite precisamente, determinar las bases de una relación sostenible entre los recursos naturales y la población; una relación que de seguir posponiéndose llevará al colapso a más de una región.

Una línea de investigación importante de explorar es la manera de cuantificar el principio precautorio. Con respecto a la oferta natural de agua, el Consejo Mundial del Agua, como ya se mencionó, ha hecho una importante aportación al definir un umbral permisible para explotar un cuerpo de agua que es equivalente al 40% de la disponibilidad natural media del recurso para dicho cuerpo. De suma relevancia sería cuantificar la fragilidad de diferentes ecosistemas así como estimar las probabilidades de error tecnológico de la infraestructura que procesa residuos en un territorio. Asimismo, la consideración de un factor de corrupción que permita incorporar al análisis la probabilidad de violar la ley queda como una tarea pendiente y urgente. Es la corrupción la que está frenando el desarrollo sostenible de muchos países y no cabe esperanza alguna de salir adelante si no se reconoce y enfrenta este problema desde la arena política.

Hay mucho por hacer y el cálculo de la capacidad de carga para un territorio y tiempo determinado debe seguir siendo trabajado. El hecho de que sea un asunto complejo no lo exime de la planeación territorial, al contrario, lo vuelve un reto interesante por alcanzar.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Boullon, R. (1985). *Planificación del espacio turístico*. Editorial Trillas. México, México
- Burns, E. (2009). *Repensar la cuenca. La gestión de ciclos del agua en el Valle de México*. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Canestrelli, E. y P. Costa. (1991). Tourist carrying capacity: a fuzzy approach  
*Annals of Tourism Research, Volume 18, Issue 2, Pages 295-311*
- Carey, D.I. (1993). Development based on carrying capacity: a strategy for environmental protection. *Global Environmental Change*, Vol. 3, Issue 2, Pages 140 – 148.
- Cohen, J.E. (1995). Population growth and earth's human carrying capacity. *Science*, 269: 341-346.
- Cohen, J.E. (1997). Population, economics, environment and cultura: an introduction to human carrying capacity. *Journal of Applied Ecology*, N°34, pp. 1325 – 1333.
- Cohen, J.E. (1998). Should population projections consider “limiting factors” and if so, how? *Population and Development Review*, Vol.24, Supplement: Frontiers of Population, pp. 118 – 138.
- Cole, H.S.D., C. Freeman, M. Jahoda y K.L.R. Pavitt (1973). *Models of Doom: a critique of The Limits of Growth, with a reply of the authors of The Limits to Growth*. New York: Universe Books.
- Comisión Nacional del Agua. 2008. *Estadísticas del Agua en México*. SEMARNAT, México.
- CONABIO (2009) *Capital Natural de México*. Vol. II: *Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Diamond, J. (2006) *Colapso. Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Ed. Debate. 854pp.

Forrester, J.W. (1971). *World Dynamics*. Cambridge, MA: Wright-Allen Press.

Gutiérrez Yurritia, P.J. (2009). El desarrollo sustentable visto por un ecólogo: mitos, controversias y futuro. *Derecho Ambiental y Ecología*, N° 29, México.

Khanna, P., Ram Babu, P., Suju George, M. (1999). Carrying-capacity as a basis for sustainable development. A case study of National Capital Region in India. *Progress in Planning* 52 (1999) 101-166.

Lindberg Kreg, Stephen McCool y George Stankey (1997). Rethinking carrying capacity. *Annals of Tourism Research*, Volume 24, Issue 2, 1997, Pages 461-465,

Oh Kyushik, Yeunwoo Jeong, Dongkun Lee, Wangkey Lee y Jaeyong Choi. (2005). Determining development density using the Urban Carrying Capacity Assessment System. *Landscape and Urban Planning*, Volume 73, Issue 1, Pages 1-15.

Lane, M. (2010). The carrying capacity imperative: assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning. *Land Use Policy*, In Press, Corrected Proof, Available online 3 March 2010.

Malthus, R. (1798). An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society with remarks on the speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers.

<http://www.ac.wvu.edu/~stephan/malthus/malthus.0.html>. (8 de julio de 2009)

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W. III (1972) The limits to growth: a report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. Universe Books, New York.

Pérez De las Heras, Mónica (2004). *Manual del Turismo Sostenible. Como conseguir un turismo social, económico y ambientalmente responsable*. Editorial Mundi-Prensa Libros. Madrid, España.

Rees, W.E. (1996). Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability. *Population and Environment: A journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 17, N° 3.

Sakaiya, T. (2005) *Historia del futuro. La sociedad del conocimiento*. Ed. Andrés Bello, 355pp.

Huang Shu-Li, Chun-Sheng Chen. (1990). A system model to analyse environmental carrying capacity for managing urban growth of the Taipei metropolitan region. *Journal of Environmental Management*, Volume 31, Issue 1, Pages 47-60.

Joardar Souro, D. (1998). Carrying capacities and standards as bases towards urban infrastructure planning in India: A case of urban water supply and sanitation. *Habitat International*, Volume 22, Issue 3, Pages 327-337.

Verhulst, P.F. (1838) Notice sur la loi que la population suit dans accroissement. *Correspondence Mathématique et Physique*, **10**, 113–121. <http://134.76.163.65>. (8 de Julio de 2009).