



Indicador espacial del metabolismo urbano. Huella Ecológica de la ciudad de Tandil, Argentina

Elsa Marcela Guerrero*

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). Facultad de Ciencias Humanas (FCH),
Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (UNICEN). Roca 668. Dpto. 3
(7000) Tandil, Argentina

marguerr@fch.unicen.edu.ar

Fernando Guiñirgo

Facultad de Ciencias Humanas (FCH), Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos
Aires (UNICEN)

f_a_guinirgo@yahoo.com.ar

Fecha de recepción: 20/07/2007. Fecha de aceptación: 27/06/2008

Resumen

Además de problemas urbanos evidentes -contaminación, residuos, etc.-, existe un problema asociado a la propia dinámica del sistema urbano que es de interés: la apropiación creciente de ecosistemas productivos externos destinados a satisfacer los requerimientos del metabolismo urbano de la ciudad de Tandil, Argentina. Se emplea para su cálculo, la Huella Ecológica (HE) (Rees 1996a; Wackernagel 1996) que permite evaluar en términos espaciales -hectáreas- los requerimientos de alimentos, combustibles, productos forestales y suelo para la ocupación directa; además del espacio necesario para la absorción de residuos y calor disipado. La HE de Tandil resultó ser deficitaria en 77.708,9 ha, y harían falta unas 17,2 veces la superficie de la ciudad para cubrir las necesidades del metabolismo urbano en el período considerado.

Palabras clave: Huella ecológica, metabolismo urbano, ecosistemas productivos, apropiación, Tandil-Argentina.

Abstract

Besides evident urban problems -waste, pollution, etc. - there are an urban system dynamic's problem it is interesting: growing productive ecosystems appropriation destining to satisfy urban metabolism requires in Tandil city, Argentina. We use for calculating it, Ecological Footprint concept (Rees 1996a; Wackernagel 1996), it allow us assess in superficial terms -hectares- food, combustible, forestall products required as well as, direct soil occupation necessary to wastes and dissipate warm absorption. Ecological Footprint there has a deficit around 77.708,9 ha. And it will be 17, 2 times city area to cover urban metabolism requires in the considered period.

Key words: Ecological Footprint. Urban Metabolism, Productive Ecosystems, Appropriation, Tandil-Argentina.

* Autor de contacto.



1. Introducción

En este trabajo la ciudad es considerada como un sistema abierto, cuyo funcionamiento es posible a partir de los insumos “externos” que se emplean en la satisfacción de las necesidades básicas de producción y consumo. Tales requerimientos materiales y energéticos comprenden fundamentalmente materias primas, alimentos, productos forestales y suelo para la ocupación directa. En contrapartida, el metabolismo urbano, devuelve al ambiente o al medio externo, residuos y calor disipado (Rees 1996b).

Entender el espacio urbano desde esta perspectiva implica definir la ciudad como un sistema heterotrófico altamente dependiente de insumos materiales y energéticos provenientes de ecosistemas externos, muchas veces geográficamente distantes.

La investigación evalúa, en términos espaciales, la apropiación de materia y energía proveniente de ecosistemas productivos extra-urbanos necesarios para la satisfacción de las necesidades de consumo y absorción de residuos de la ciudad de Tandil en el año 2004. Emplea como instrumento de validación empírica la metodología Huella Ecológica (HE) desarrollada por William Rees (1996a) y Wackernagel (1996).

2. Metodología

La investigación se desarrolló siguiendo los pasos propuestos por la metodología de la Huella Ecológica –HE– (Rees 1996a; Wackernagel 1996), aunque debieron realizarse algunos ajustes en función de la información disponible y del sistema urbano bajo análisis.

La HE es un indicador de índice único (integrado) y descriptivo que indica cuantas hectáreas de naturaleza se necesitan para abastecer los procesos productivos y para absorber los desechos que genera una economía. Se calcula transformando cada impacto ambiental (consumo de energía, consumo de materiales, suelo ocupado,

emisiones de CO₂, etc.) en unidades de superficie.

Para el cálculo de la HE de Tandil se seleccionan aquellos ítems de consumo más relevantes en términos de volúmenes totales consumidos, así como también, importantes en relación a la superficie requerida para su producción –extensivos en producción–. Una vez seleccionados los ítems Luego, se calcularon las superficies de ecosistemas productivos necesarias para abastecer esos requerimientos. Ello permitió obtener las HE parciales por ítem. Las HE parciales por categoría se calcularon de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$HE_i = C/P_i$$

Donde: HE_i = Huella Ecológica del ítem

C_i = Consumo del ítem (en kg u otra unidad física)

P_i = Productividad o rendimiento del ítem (en kg/ha)

En el caso de la absorción de residuos y emisiones de CO₂, se determinó la superficie de sumideros necesaria para absorber tales emisiones.

Una vez obtenidas las HE parciales y la HE total –es decir la sumatoria de los resultados parciales–, es posible evaluar la sustentabilidad de la ciudad comparando la superficie –en hectáreas– de la HE con la Capacidad de Carga Local (CCL). El Cuadro 1 esquematiza los resultados posibles. La metodología permite además, el cálculo de la HE *per cápita*, que se obtiene dividiendo la HE total por la cantidad de población de la ciudad.

Cuadro 1. Relación Capacidad de Carga-Huella Ecológica

Huella Ecológica	>	CCL	=	Región con Déficit Ecológico
Huella Ecológica	≤	CCL	=	Región Autosuficiente

Fuente: HE de Navarra (Comunidad de Navarra 2000)

Se calcularon las HE parciales para las siguientes variables centrales de análisis:



- Consumo de alimentos, madera y papel y suelo para la urbanización captado por la ciudad de Tandil.
- Emisiones de residuos y CO₂ generados por la ciudad de Tandil.
- Superficie utilizada para la producción de alimentos, madera y papel.
- Superficie destinada a la absorción de residuos y CO₂.
- Superficie destinada a soportar infraestructura urbana.

3. Principales consideraciones teóricas del concepto HE

La HE se define como el área –expresada en ha– de tierra y agua biológicamente productiva, que una ciudad, país o región, usa para producir los recursos que consume y absorber los residuos que genera, utilizando la tecnología disponible y una determinada forma de manejo de los recursos (Wackernagel 1996).

Se denomina biocapacidad –o capacidad biológica–, a la capacidad de los ecosistemas para producir materiales biológicamente útiles y absorber los residuos materiales generados por los humanos usando esquemas de gestión y tecnologías de extracción modernas.

El área biológicamente productiva es el área de tierra y agua que soporta la actividad fotosintética y la acumulación de biomasa que puede ser empleada por los humanos. En el 2003, la biosfera terrestre comprendía un área biológicamente productiva de aproximadamente 11,2 billones de hectáreas, correspondiendo casi a un cuarto de la superficie del planeta (Kitzes et al. 2007).

En síntesis, la HE intenta traducir el impacto humano derivado del consumo de recursos naturales y de la consecuente deposición de residuos, a una medida de base territorial cuantificable superficialmente. Una vez conocido el impacto –en medidas de superficie– este puede compararse con la biocapacidad del territorio.

Los supuestos principales en los que se basa la contabilidad de la HE son:

- Es posible saber o al menos seguir la pista de la cantidad de recursos consumidos y los residuos generados en un territorio.
- La mayoría de los flujos de recursos y residuos pueden ser medidos en términos del área biológicamente productiva que es necesaria para mantener esos flujos.
- Ponderando cada área en proporción a su bioproductividad, los distintos tipos de requerimientos ecosistémicos pueden ser convertidos en unidades comunes de hectáreas globales, a partir de la bioproductividad global promedio.
- Porque una hectárea global representa un único uso, y todas las hectáreas globales en un año, representan la misma cantidad de bioproductividad, pueden ser agregadas en un indicador de HE o biocapacidad.
- La demanda humana expresada como HE, puede ser directamente comparada con la oferta natural, es decir la biocapacidad, cuando están expresadas en hectáreas globales.
- El área demandada puede exceder el área de oferta si la demanda de un ecosistema excede la capacidad regenerativa del mismo. Esa situación es conocida como de insustentabilidad o sobrecarga (Wackernagel et al. 2002).

4. Contextualización del área de estudio

La ciudad de Tandil es la cabecera del partido homónimo. Se encuentra localizada en el centro del partido en el Cuartel 1¹. Está emplazada estratégicamente en el centro sur de la provincia de Buenos Aires. Dista unos 341 km de la ciudad de Buenos Aires, 358 km de la ciudad de Bahía Blanca, 329 de La

¹ Denominación administrativa en las que se divide el partido.



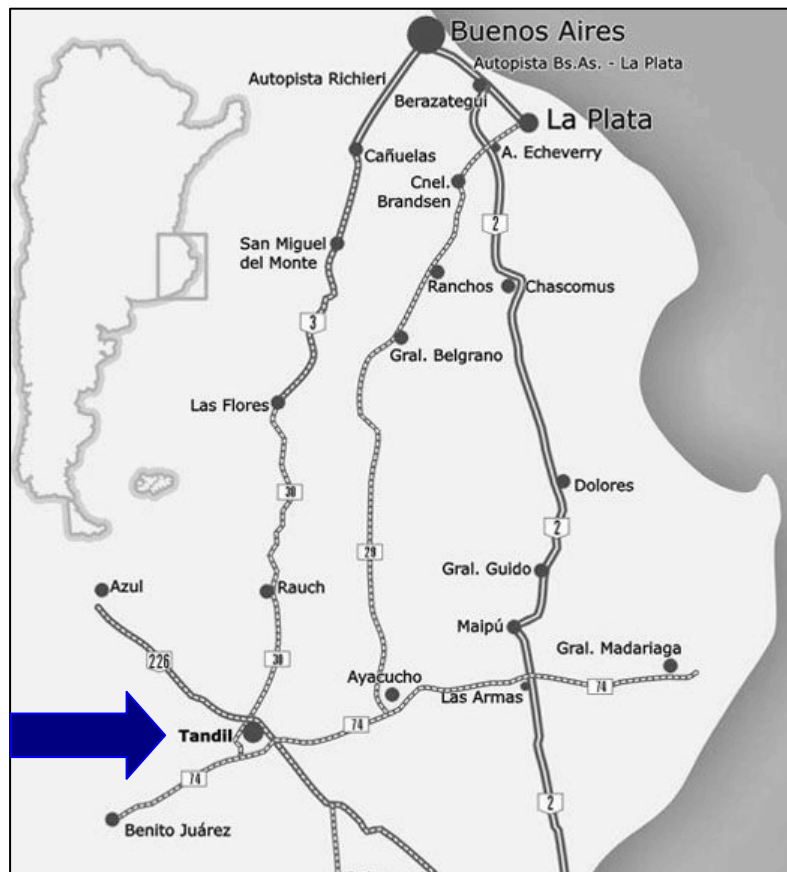
Plata y 174 km de la ciudad de Mar del Plata (Sec. de Turismo y Deporte, Buenos Aires 2005). Tales condiciones de emplazamiento la ubican en un lugar de importancia relativa dentro del contexto regional, principalmente en relación al sistema de transporte, y al intercambio de mercancías y personas (véase Figura 1).

Fisiogeográficamente, en el Partido de Tandil se distinguen dos sectores, la llanura y el sector serrano. El sector de serranías presenta un conjunto de sierras de baja altura, pertenecientes al denominado Sistema de Tandilia o Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, que atraviesa el Partido en sentido NO-SE. Las rocas que lo componen son de origen ígneo-metamórfico y se hallan estructuradas en bloques (Velásquez et al. 1998).

En relación a las condiciones geomorfológicas del área urbana, la ciudad se extiende en forma de una mancha urbana de forma irregular, abarcando un valle interfluvial que ocupa una superficie aproximada de 50 km², desde el piedemonte serrano hasta la llanura en el N.

El clima se define como mesotermal subhúmedo-húmedo, con nula o pequeña deficiencia de agua, distribuida especialmente entre los meses de Enero y Febrero. El régimen de precipitación es isohigro es decir, las precipitaciones se reparten en forma más o menos uniforme todo el año, con una ligera disminución durante los tres meses más fríos. (Velásquez et al. 1998).

Figura 1. Localización geográfica de la ciudad de Tandil



Fuente: Elaboración propia



La estructura económica del partido de Tandil está compuesta por un sector terciario que aporta el 53% del PBG² y comprende el 19% de “servicios”, el 11% de “comercios al por menor”, y el 23% de “comercios al por mayor”. Un sector secundario representa que el 17%, y el sector primario que aporta el 30% del PBG. Estos sectores, presentan las siguientes características (Lauria & Fuxman 2000) generales:

a) Sector primario: Actualmente, existe una tendencia a la especialización de los cultivos. Se han dejado de lado algunos cultivos tradicionales como el lino, forrajeras, avena o alpiste, y se han difundido el trigo, el maíz, la soja y el girasol. La ganadería es importante en especial, la actividad de tambos, la cría de ganado bovino, porcinos, en menor medida la ganadería ovina. Además la ciudad desde sus orígenes ha estado asociada a la actividad minera, principalmente rocas de aplicación, granitos y arenas.

b) Sector secundario: Este sector presenta un desarrollo importante en la ciudad. Se destacan como más importantes: las industrias metalúrgicas básicas, los productos metálicos, maquinarias, equipos y los productos alimenticios –lácteos, chacinados, etc–.

c) Sector terciario: La actividad comercial comprende el “Comercio al por Mayor” y “Comercio al por Menor”. Al primero corresponden el 34% de las empresas y el 67% de la facturación, mientras que el empleo se distribuye en partes prácticamente iguales. Por su parte, el 75% del sub-sector servicios, medido en función de la facturación anual, se halla concentrado en tres actividades: Transporte, servicios financieros y seguros. Una de las actividades dentro del sector que merece mencionarse es la actividad turística, que presenta un crecimiento considerable en los últimos años. Dicho proceso de expansión ha sido posible gracias a una adecuación paulatina entre la oferta y demanda de alternativas turísticas diferentes.

Desde el punto de vista demográfico, la ciudad contaba de acuerdo al Censo Nacional de 2001 (INDEC 2001), con 108.086 habitantes de los cuales 100.869 (93,3%) vivían en la ciudad. La estructura urbana presenta los componentes y las características típicas de las ciudades medias pampeanas³:

- Un área central compacta que, coincidente con el casco fundacional, es sede de las actividades políticas, institucionales, comerciales, culturales, administrativas, financieras y residenciales más relevantes, con alto grado de concentración y ocupación del suelo y con una cobertura completa de los servicios urbanos.

- Un área en damero expandida que es soporte del uso residencial bajo dos lógicas de ocupación: a) un sector que rodea en “anillo” al área central y que congrega los barrios consolidados y b) los sectores de la periferia que comprenden las nuevas urbanizaciones surgidas en los últimos años y que han extendido la urbanización hasta los límites que hoy presenta la ciudad.

- La estructura circulatoria que se compone de un conjunto de corredores principales que vinculan el tejido en damero con las rutas de conexión regional.

- Los grandes equipamientos urbanos que se disponen, según los casos, en localizaciones peri-centrales y periféricas.

En relación a las condiciones laborales de la población, en 2001 el 84% de la PEA⁴ se encontraba ocupada, mientras que un 16% desocupada. Valores que ubican la ciudad por debajo de la media provincial.

5. Calculando la Huella Ecológica de Tandil

HE del consumo de alimentos

Para la contabilización de este ítem se recurrió a diversas fuentes de información, una de ellas fue la Dirección de Bromatología

² Producto Bruto Geográfico.

³ Plan de Desarrollo Territorial del Municipio de Tandil, Documento Diagnóstico (2004).

⁴ Población Económicamente Activa.



del Municipio de Tandil, responsable del control de los alimentos en la ciudad y algunos de estos datos fueron cruzados con los resultados de Lauria (2001) que determina el porcentaje de los distintos artículos de la canasta familiar tandilense consumidos en el año 2001.

Para el cálculo de este ítem se seleccionaron aquellos artículos que representaban un consumo importante en volumen y requieren de un espacio productivo extensivo en producción. Los resultados finales se muestran en el Cuadro 4 y el Figura 2.

Según las diferentes características de los procesos de producción de los alimentos seleccionados, se calcularon los requerimientos de materias primas para la producción en base a su Rendimiento en la Industria Alimenticia (RIA). Estos rendimientos como la productividad por ha de los cultivos se detallan en el Cuadro 2.

En el caso especial del aceite, como se expresa en unidades de capacidad, para obtener su valor en términos de peso, fue necesario calcular la densidad del aceite que es de aproximadamente 0,9⁵.

Cuadro 2. Rindes promedio y RIA de los principales cultivos

Cultivo	Rinde promedio (ton/ha)	RIA
Trigo	3,6	70%
Maíz	5,2	70%
Girasol	1,8	50%
Soja	2,05	18,8%
Papa	45	90%
Arroz	6,34	68%
Yerba mate	4,71	33%
Azúcar	45,23	11,4%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de INTA y SAGPyA⁶

Una vez realizado ese cálculo el valor fue transformado según su procedencia –soja o girasol– en la cantidad de materia prima necesaria para su molturación⁷.

⁵ Según FAO. www.fao.org

⁶ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la República Argentina.

⁷ Según la Dirección Nacional de Alimentos, los porcentajes de aceite de soja y girasol consumidos en 2004 fueron 52 % y 48 % respectivamente.

En el caso de la carne de pollo para consumo, por tratarse de un animal de cría a corral –único alimento producido intensivamente en este cálculo–, se determinó el índice de conversión alimentaria a partir de considerar la cantidad de grano necesaria en la producción de pollos. Esa cantidad fue tratada de forma análoga a la producción de otras materias primas.

El Cuadro 3 muestra los rendimientos asociados a la producción de carne en general:

Cuadro 3. Rendimiento promedio para la producción de carne

Carne	Rendimiento
Vacuna (invernada)	0,249 t/ha
Pollo (a corral)	0,384 kg/kg pienso

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SAGPyA y Castelló Llobet et al. (1995)

Una vez obtenido el volumen de materia prima y la superficie asociada a cada alimento, fue posible obtener HE parcial del ítem alimentos. El Cuadro 4 presenta en la primera columna los alimentos considerados, la segunda muestra los volúmenes de consumo para esos alimentos, la siguiente columna presenta el requerimiento de materias primas, y la última columna, muestra las HE de cada alimento. La Figura 2 representa los aportes relativos de los alimentos considerados a la HE parcial.

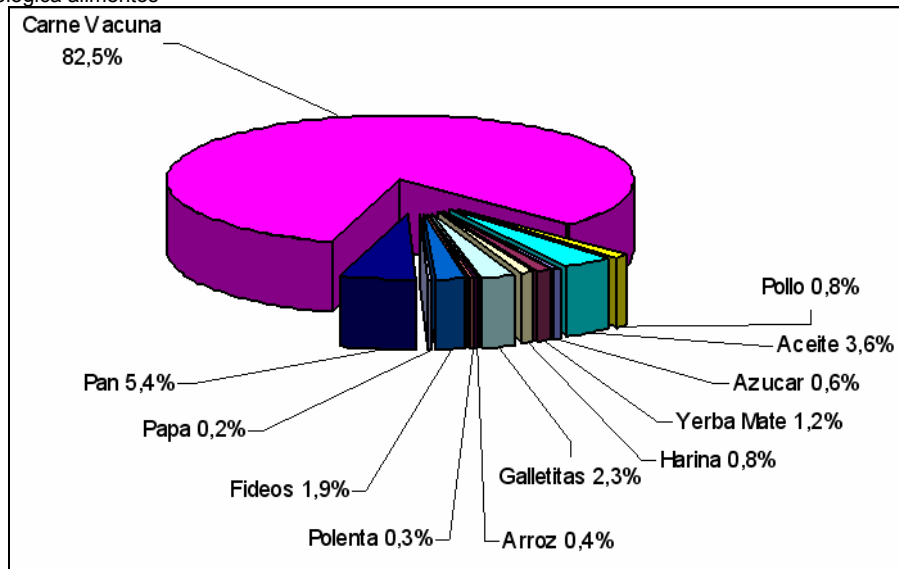
Cuadro 4. HE parcial del ítem Consumo de Alimentos

Alimento	Consumo (t)	Materias Primas (t)	Huella Ecológica (ha)
Azúcar	1.354	11.877,2	262,6
Yerba Mate	903,1	2.736,6	581
Harina	903,1	1.290,1	358,3
Galletitas	2.763,4	3.947,7	1.096,6
Arroz	903,1	1.328	209,4
Polenta	450,8	644	123,8
Fideos	2.258	3.225,7	896
Papa	3.631	4.034,4	89,6
Pan	6.354	9.077,1	2.521,4
Carne vacuna	9.623	9.623	38.646,6
Pollo	1.003,7	1.960,3	377
Aceite	898	3.346	1.664,7
Totales	31.045,2	53.090,1	46.827

Fuente: Elaboración propia



Figura 2. Huella Ecológica alimentos



Fuente: Elaboración propia

HE de Consumo de madera y papel

Debido a la falta de información estadística disponible para el cálculo del consumo de productos forestales, fue necesario generar los datos a partir del censo de los comercios que comercializan estos productos. Este incluyó el relevamiento del volumen de venta en los siguientes comercios: papelería, impresiones, fotocopiado y prensa gráfica; que además se constituyen los mayores requerientes de papel. El total de papel comercializado fue de 1.092,2 toneladas.

En relación al consumo de leña también se empleó el censo de las barracas que comercializan ese producto. No se incluye la venta de leña informal debido a la dificultad de su contabilidad. Las especies más utilizadas como leña son el eucalipto y el quebracho, representado ambas un consumo de 5.373,6 toneladas para el año considerado.

La madera manufacturada fundamentalmente comprende aquella destinada a la construcción –ciellorrasos, cumbreras, tirantes, tabiques, pisos– y a la confección de muebles, consumo que no fue registrado en este caso. Según los datos de las madereras, el consumo para el período analizado fue de 69.604 m³.

Para el cálculo de la HE del ítem se debieron normalizar los valores a una misma unidad de

medida. En el caso de los productos de papel se asumió que en promedio para producir 1 t de papel se necesitan 2 m³ de madera (Álvarez 2004). El volumen de leña se determinó considerando las diferentes densidades de las especies utilizadas. Como los valores de la madera manufacturada se expresan en m³ no fue necesaria ninguna conversión.

El Cuadro 5 muestra en la primera columna los productos considerados para el cálculo, la segunda columna los volúmenes consumidos por producto, seguidamente se expresan los rendimientos de las distintas especies maderables y finalmente, se presentan los resultados de las HE por producto. La Figura 3 muestra la participación relativa de los diferentes productos de la madera.

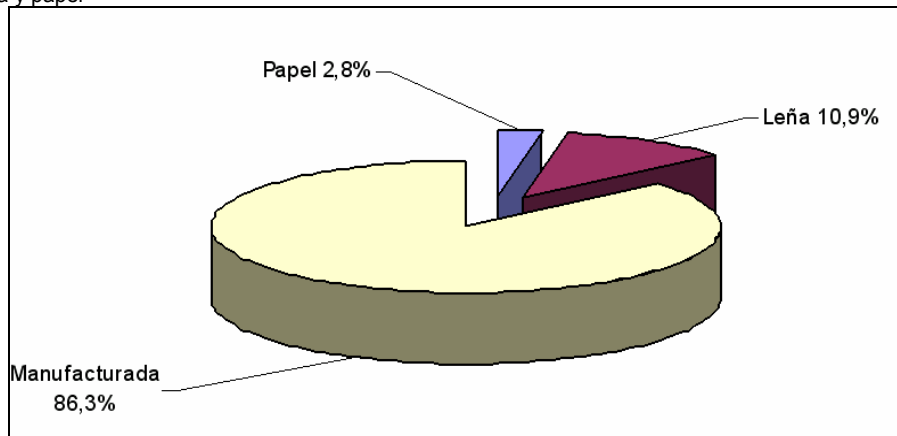
Cuadro 5. HE Consumo de madera y papel

Madera en forma de	Volumen (m ³)	Productividad (m ³ /ha)	Huella Ecológica (ha)
Papel	2.184,4	32,5	67,2
Leña	6.661,1	25	266,4
Manufacturada	69.604	33	2.109,2
Total	78.449,5	-	2.442,8

Fuente: Elaboración propia



Figura 3. HE madera y papel



Fuente: Elaboración propia

HE Apropiación de suelo para urbanización

Los datos utilizados fueron suministrados por la Secretaría de Desarrollo Social del Municipio de Tandil, y del Diagnóstico del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Tandil (2004).

De acuerdo a esas fuentes, la ciudad de Tandil posee una superficie de 48 km² (4.800 hectáreas), y está dividida según el Decreto-Ordenanza N° 2.530/79 en las siguientes categorías de uso del suelo:

- Área Urbana
- Área Complementaria
- Área Parque Industrial (PIT)

El cálculo del uso del suelo urbano se realizó considerando la sumatoria de las superficies de las diferentes categorías de suelo urbano,

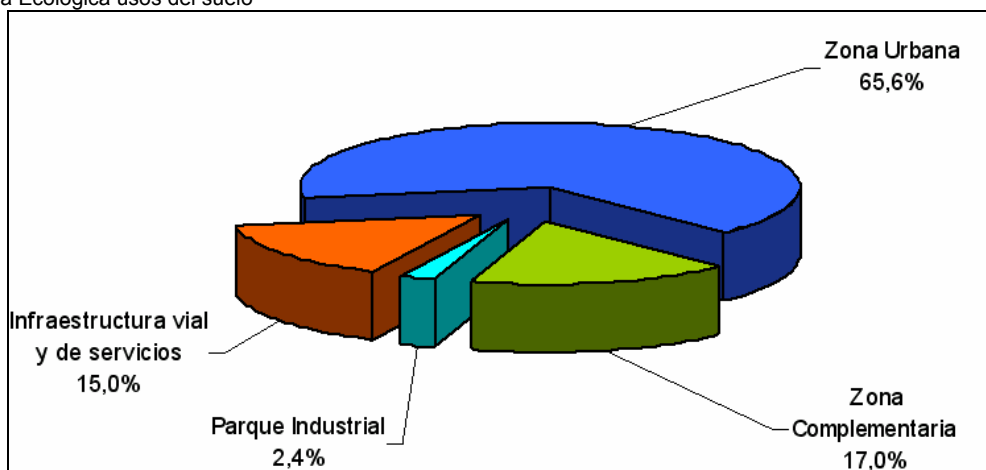
agregando además, el suelo destinado a soportar la infraestructura vial y de servicios – que aparece como otros usos en el Cuadro 6–. La Figura 4 representa los aportes relativos de los diferentes usos del suelo.

Cuadro 6. HE parcial del uso del suelo con destino urbano

Tipo de uso	Superficie (ha)
Superficie edificada área urbana	2.993
Superficie edificada área complementaria	775
Parque Industrial (PIT)	110
Otros usos	685
Total	4.563

Fuente: Elaboración propia en base a Plan de Ordenamiento Territorial del partido de Tandil (2004) y Secretaría de Desarrollo Social del Municipio de Tandil

Figura 4. Huella Ecológica usos del suelo



Fuente: Elaboración propia



Emisiones de CO₂

Para determinar las emisiones de CO₂ asociadas a la quema de combustibles asociado al transporte vehicular se procedió de la siguiente manera:

- En el caso de los combustibles líquidos se realizó el cálculo en base a la cantidad de vehículos que transitan por la ciudad y al combustible que consumen según el promedio nacional para ese año. Ese cálculo permitió asumir un consumo de 31.217.000 litros de nafta y 5.930.000 litros de gasoil.
- La información sobre la cantidad de GNC⁸ consumido como combustible fue aportado por la empresa Camuzzi Gas Pampeana S.A. y fue de 12.457.391 de m³.

Para otros consumos de energía se consultó a la empresa proveedora. De acuerdo a la empresa Camuzzi Gas Pampeana S.A., el consumo de gas natural en el año 2004 fue de 62.424.783 de m³ de gas. Esto incluye el consumo del sector residencial, el comercial e industrial. Además, se consideró el volumen comercializado por empresas dedicadas al comercio del gas licuado de petróleo que aportaron un total de 3.337.056 kg.

Una vez contabilizado el consumo de combustibles fósiles fue posible inferir la cantidad de CO₂ liberado a la atmósfera a partir de la quema de los mismos, y posteriormente calcular la superficie de secuestro que sería necesaria para absorber esas emisiones. Para este último cálculo se asumió una tasa de asimilación correspondiente a un bosque templado, aproximadamente 9 t/año⁹. Los resultados del consumo, emisión y superficie necesaria para su secuestro se presentan en el Cuadro 7. La Figura 5 representa los aportes relativos de las emisiones asociadas a los diferentes combustibles consumidos en la ciudad.

Cuadro 7. HE absorción de CO₂

Combustible	Consumo	Emisión de CO ₂ (t)	Huella Ecológica (ha)
Gas de red	62.424.783 m ³	120.791,2	13.421,2
GNC	12.457.391 m ³	24.104,9	2.678,3
GLP	3.337 t	12.680,6	1.409
Nafta	31.217.000 l	88.968,4	9.885,4
Gas oil	5.930.000 l	16.900,5	1.877,8
Total	-	263.445,6	29.271,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos relevados en campo

HE de absorción de residuos sólidos

Guerrero y Erbiti (2004) establecen que la ciudad dispone un promedio de 2.453 t/mes de residuos domiciliarios (RSU), lo que representa aproximadamente un valor anual de 29.436 t del volumen total de RSU. Esos RSU son depositados en un relleno sanitario. Del volumen total generado solamente se disponen los considerados desechos domiciliarios, comerciales y aquellos industriales que son asimilables a domiciliarios; quedando excluidos los residuos patógenos, los escombros provenientes de la construcción –que se utilizan como relleno de cavas– y los residuos industriales clasificados como peligrosos o especiales.

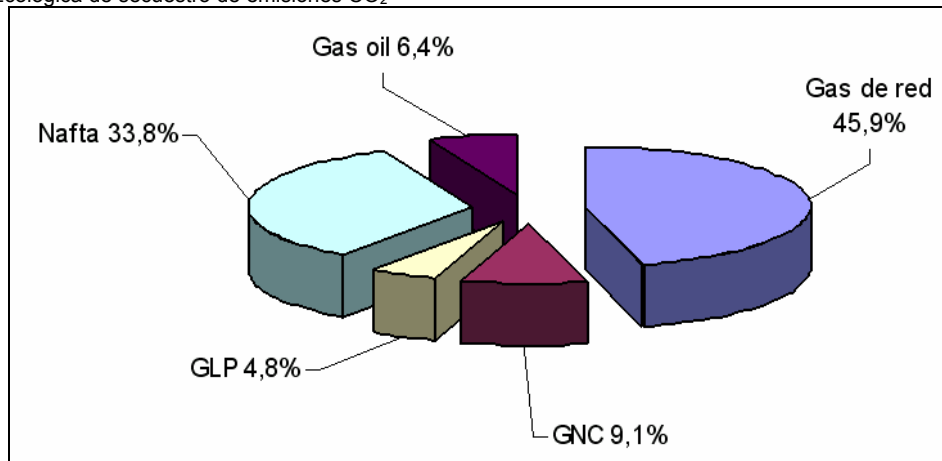
Para el cálculo de la HE del ítem no se tuvo en cuenta el volumen de residuos dispuestos, sino la superficie necesaria para la disposición final. Es decir, la superficie del relleno independientemente de que se esté usando o esté potencialmente destinada al uso futuro de la disposición final. La HE para la absorción de residuos resultó de 14 ha, es decir, la superficie total destinada al relleno sanitario.

⁸ Gas Natural Comprimido.

⁹ Corporación Chilena de la Madera. www.corma.cl



Figura 5. Huella Ecológica de secuestro de emisiones CO₂



Fuente: Elaboración propia

HE Total

Una vez calculadas las HE parciales se procedió a la sumatoria de las mismas para determinar la HE total de la ciudad. Es decir, el área de ecosistemas productivos terrestres necesarios para sustentar el consumo total de la ciudad, así como la absorción de las emisiones que genera su metabolismo urbano. El Cuadro 8 sintetiza los resultados de las HE parciales y la HE total de la ciudad de Tandil para el año 2004, también se agrega una tercer columna con las HE parciales/cápita. La Figura 6 muestra los aportes relativos de los diferentes ítems considerados. Es importante destacar como se relativizan los resultados absolutos de las HE parciales cuando se considera el impacto per cápita. Algunos datos a considerar en este sentido, son que "en el mundo entero existen 1,8 de área biológicamente productiva para hectáreas globales por cada persona" y que la HE promedio en la Argentina, es de 3 hectáreas globales¹⁰. En tal contexto de análisis, los ciudadanos de Tandil estarían en condiciones de sustentabilidad en función de su aporte relativo a la HE total. Sin embargo, la cuestión central debería estar enfocada en la apropiación total de ecosistemas productivos y su vinculación a la sustentabilidad. Seguramente sea necesario a futuro, considerar otros indicadores como el balance material y energético total, la mochila ecológica, el agua virtual o los Input

¹⁰ www.rprogress.org

Materiales por Unidades de Servicio (MIPS), en los que se consideran todos los flujos de energía y materiales que incorporaba la extracción de un recurso, etc.

Cuadro 8. HE total de la ciudad de Tandil

Ítem	Huella Ecológica (ha)	Huella Ecológica /cápita
Alimentos	46.827	0,46
Madera y papel	2.442,8	0,02
Absorción de CO ₂	29.271,7	0,3
Absorción de residuos	14	0,0001
Suelo urbano	4.563	0,045
Total	83.118,5	0,82

Fuente: Elaboración propia

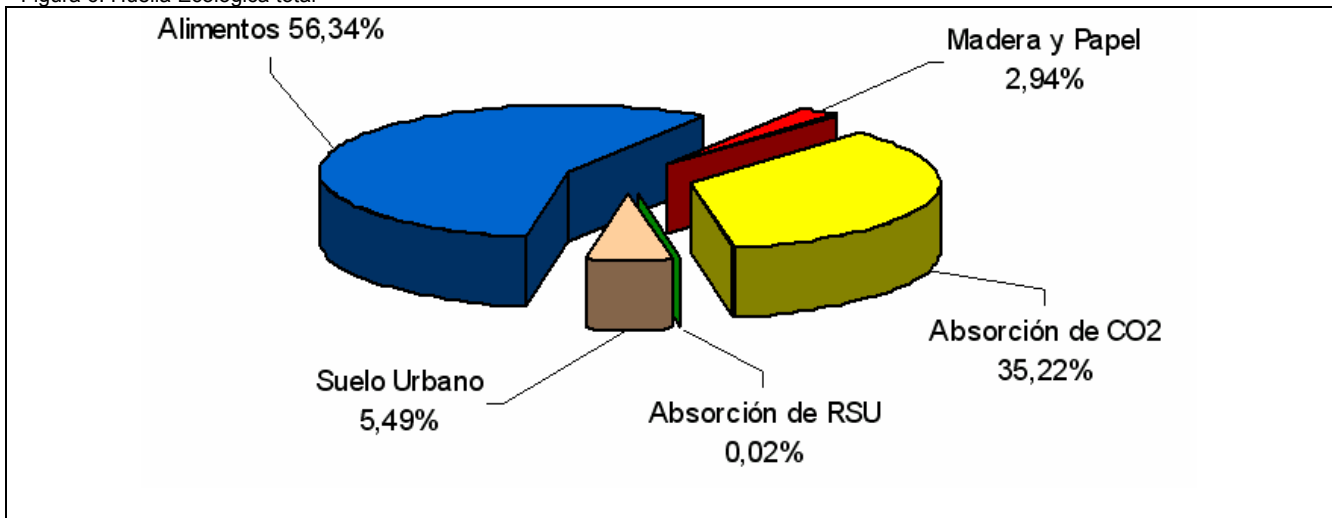
6. Análisis de los resultados de la HE de la ciudad de Tandil

La HE total para la ciudad de Tandil para el año 2004 fue de 83.118,5 ha. Considerando la superficie administrativa de la ciudad (CCL), resultó ser deficitaria en unas 77.708,9 ha.

En relación a la participación relativa de las HE parciales, más de la mitad de la HE total corresponde a la superficie necesaria para la producción de alimentos, es decir el 56,34%. Esta alta participación del ítem alimentos responde principalmente, a dos consideraciones: 1) que los procesos de producción de los alimentos considerados son muy extensivos en superficie, y 2) que dentro de la dieta alimentaria se trata de



Figura 6. Huella Ecológica total



Fuente: Elaboración propia

productos inelásticos para los distintos niveles de poder adquisitivo. Asimismo, merece destacarse en especial la participación del consumo de carnes dentro de la HE parcial alimentos (véase Cuadro 4) con el 82,5 % del ítem. Como ya se ha mencionado la producción de carnes en la región es principalmente de base extensiva, es decir, depende menos de entradas materiales y energéticas externas – fertilizantes, agroquímicos, agua, etc. – que otras prácticas productivas como la agricultura. En tal sentido, sería importante a futuro analizar la dependencia material y energética de la producción de carnes con otros indicadores como los balances input-output o MIPS¹¹, así como su relación con procesos de intensificación de la actividad que no necesariamente conducirán a mejores condiciones de sustentabilidad.

En segundo orden de importancia merece destacarse la participación de la HE parcial absorción de CO₂ que representa el 35,22%. Su importancia relativa permite observar la

alta dependencia urbana de los derivados del petróleo como insumos energéticos, así como la contribución del sector transporte, fundamentalmente el automóvil particular.

Si se consideran ambas HE parciales en conjunto, representan el 91,56% de la HE total de la ciudad de Tandil. El resto de los ítem considerados aportan relativamente poco a la HE total. Sin embargo en términos absolutos, no representan superficies despreciables y pueden ser insumos útiles en futuros procesos de planificación del desarrollo urbano a nivel local.

El consumo de suelo con destino a uso urbano ocupa el tercer lugar en términos relativos en el cálculo de la HE total, es decir el 5,49%. En términos de la superficie ocupada y la disponible para otros usos, representa el 63 % del área considerada urbana. Por su parte, la superficie destinada a la producción de productos forestales participa con el 2,94% de la HE total, aunque en términos absolutos representa unas 2.400 ha destinadas a la producción forestal.

Por último, la HE parcial del ítem asimilación de residuos posee una pequeña participación relativa dentro de la HE total, con el 0,02%, es decir las 14 ha del predio destinado al relleno sanitario.

¹¹ Dos institutos están a la cabeza en la investigación sobre flujos materiales a nivel internacional: el Wuppertal Institut alemán y del Institut für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung (IFF) austríaco. En el primer caso, la aportación de Frederick Schmidt-Bleek resultó decisiva para la consolidación de conceptos como el de "mochila ecológica" (flujos ocultos de recursos necesarios para la obtención de un recurso o la fabricación de un producto que no forman parte del mismo ni son valorados) o el de Input Material por Unidad de Servicio (MIPS), en el que se intentaban recoger —"desde la cuna hasta la tumba"— todos los flujos de energía y materiales que incorporaba la extracción de un recurso.



7. Consideraciones finales

A partir de estos cálculos fue posible obtener la HE total de la ciudad que resultó ser deficitaria en unas 78.318,5 ha. Es decir, que para satisfacer sus requerimientos materiales urbanos, la ciudad necesita una superficie de ecosistemas externos equivalente a 17 veces su superficie administrativa. El Cuadro 9 muestra las condiciones de sustentabilidad de la ciudad de Tandil según el valor de su HE:

Cuadro 9. Condiciones de sustentabilidad de la ciudad de Tandil

Huella Ecológica total	83.118,5 ha
Nº de veces la ciudad	17,31
Huella Ecológica <i>per cápita</i>	0,82 ha
Déficit ecológico	78.318,5 ha

Fuente: Elaboración propia

En relación a la contribución de las HE parciales, presentaron un mayor valor relativo en el consumo total, los ítem alimentos y absorción de las emisiones de CO₂. Ambos ítem suman el 91,56% de la HE total.

Aunque los resultados son coincidentes con la mayoría de los cálculos de HE, en el caso de la ciudad de Tandil su participación relativa resultó algo más alta. Como sucede con el resto de la provincia de Buenos Aires¹², la producción primaria – agropecuaria– está destinada no sólo a la satisfacción de las demandas del mercado nacional, sino que también a la exportación. Además, debido a su condición de ciudad de servicios a nivel regional, es altamente probable que la estructura productiva de la ciudad exporte HE a otras ciudades vecinas a partir de la venta de productos alimenticios y combustibles.

Como se observó precedentemente, el consumo de carne en el ítem alimentos

¹² Álvarez (2004) utilizó la misma metodología para el cálculo de la HE de la ciudad de Azul, distante unos 90 km de Tandil y con un tamaño de población similar. La HE total de la ciudad resultó ser 9 veces la superficie administrativa y de 0,5 ha/habitante. Los datos de las HE parciales indicaron que el ítem alimentos representaba el 55,11%, absorción de CO₂ el 36,72 % y el resto de los ítem cerca del 8% en conjunto. Son numerosos los estudios sobre la HE en Argentina y particularmente en la Región Pampeana, destacándose los trabajos de Pengue (2002, 2003, 2004), Viglizzo (2002) y Casas (2003). No obstante la nueva realidad exportadora de nuestro país está haciendo que los estudios se dirijan a los transgénicos y la soja.

representa el 56,34% de la HE parcial, se trata de una producción extensiva que requiere una gran superficie –4 vacas por hectárea–. También se halla condicionada por factores culturales como la dieta argentina, alta en proteínas de origen animal. Por otra parte, también es importante el consumo de derivados de harina, yerba y azúcar que tienen determinaciones culturales y son extensivos en producción, aunque con mayores rendimientos relativos que la producción cárnica.

La alta participación de la HE parcial de absorción de CO₂ en el total (35,22%), representa una alta dependencia de combustibles fósiles en el sector transporte y un parque automotor importante –el 1,07 % del total provincial–, así como también, un alto requerimiento energético de gas natural de red de los sectores residencial, comercial e industrial.

La apropiación de terrenos para la urbanización constituye el 5,49% dentro de la HE total, que si bien en términos relativos tienen una pequeña participación en la HE total, es importante en términos absolutos ya que ocupa el 63 % del suelo urbano disponible, sin considerar otros usos como: los espacios verdes, el soporte de la infraestructura urbana y los usos especiales como el parque industrial. En los últimos años la ciudad se encuentra en una etapa de expansión acelerada y desordenada que reduce la disponibilidad futura de suelo vacante y compromete la disponibilidad para otros usos.

Asimismo, los requerimientos madereros contribuyen al 2,94% de la HE total, no obstante en términos absolutos son importantes y se vinculan a la importancia de la actividad de la construcción en la ciudad que como se señalara se encuentra en un proceso de crecimiento acelerado. Debido a la estructura económica de la ciudad y la importancia relativa de los servicios, particularmente los educativos, la ciudad presenta una demanda creciente de papel, principalmente destinado a la impresión.

Nuevamente destacar el rol de la ciudad como importante proveedora del sector rural y



de ciudades vecinas, hecho que puede intervenir elevando los valores totales de la HE –especialmente el ítem consumo de alimentos–. En otras palabras, la ciudad exporta parte de su HE total.

Finalmente, reconocer que el conjunto de variables consideradas no son suficientes para explicar la apropiación de ecosistemas productivos externos total a la ciudad. Aunque la metodología de HE ecológica permite obtener una medida física –superficie– de la in-sustentabilidad del metabolismo urbano, es necesario reconocer las restricciones metodológicas propias de la técnica HE.

Entre ellas: no da cuenta de las condiciones de los ecosistemas implicados ya que es un cálculo indirecto de las superficies que se necesitarían para producir esos consumos; no analiza la eficiencia relativa de ecosistemas productivos en cuestión, no mide el impacto ecológico de ese consumo –excluye impactos ecológicos importantes como el consumo de agua y recursos naturales, y determinados tipos de contaminación–. Además, asume que cada clase de superficie tiene un único uso (van den Bergh & Verbruggen 1999), considerando sólo la superficie biológicamente productiva cuando incluso la superficie improductiva puede ser empleada directa o indirectamente para usos humanos (Lenzen & Murray 2001; Lenzen et al. 2003). La metodología empleada para medir el impacto del consumo de energía está exclusivamente centrada en las emisiones de CO₂, excluyendo el resto de gases de efecto invernadero y considera un único sumidero de carbono, los bosques, cuando existen otros, como por ejemplo, el mar. Otra limitación importante se refiere a la no diferenciación entre el uso sustentable e insustentable de la tierra, de modo que, en aras de aumentar la productividad a largo plazo la HE pudiese incentivar métodos insustentables –por ejemplo, pasar de prácticas extensivas a intensivas en producción en base al incremento de insumos agropecuarios–. Sobra decir, no discute los gastos energéticos –y materiales– implicados en el procesamiento de los ítems consumidos. Por otra parte, la agregación de

los diferentes tipos de superficies está hecha asumiendo que cada una de ellas tiene el mismo peso, sin embargo, el impacto una hectárea de cultivos y de una de superficie construida tienen un impacto notablemente diferente (van den Bergh & Verbruggen 1999). No contempla aspectos sociales, considera límites administrativos arbitrarios y no distingue entre urbanización difusa o concentrada, entre otros.

No obstante, entendemos que con limitaciones, la HE puede ser empleada como un indicador espacial útil –que combinado con otros indicadores– puede colaborar en la fijación de políticas de consumo que estimulen pautas sustentables en el crecimiento futuro de la ciudad. Fundamentalmente, porque de acuerdo a la literatura disponible es difícil que un único indicador recoja de forma eficiente todas las cuestiones relacionadas con la sostenibilidad (Wackernagel et al. 1999; Rees 2000), siendo recomendable emplear la HE junto con otros indicadores que ofrezcan información adicional. El conocimiento de los puntos fuertes y débiles de la HE es, por tanto, doblemente importante, pues además de garantizar un uso adecuado del indicador, contribuye a determinar que otro tipo de información puede complementar los resultados ofrecidos.

REFERENCIAS

- Álvarez, E. 2004. Huella Ecológica de la Ciudad de Azul. Tesis de Grado. Licenciatura en Diagnóstico y Gestión Ambiental. Tandil, Argentina. Facultad de Ciencias Humanas UNCPBA.
- Casas, R. 2003. Sustentabilidad de la agricultura en la Región Pampeana. INTA, Castelar. Argentina. Disponible en: <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/rechnat/suelos/casas.htm>
- Castelló Llobet, J. A., González, F., García, E., Pontes, M., Vaquerizo, J. M. & F. Villegas. 1995. Producción de carne de pollo. Real Escuela de Avicultura (2ª ed.). Barcelona.
- Comunidad de Navarra. 2000. Elaboración del cálculo de la huella ecológica en la Comunidad de Navarra. Disponible en: <http://habitat.aq.upm.es/boletin/n32/armor.html>



- Guerrero, M. & C. Erbiti. 2004. Indicadores de sustentabilidad para la gestión de residuos sólidos domiciliarios. Municipio de Tandil, Argentina. En: Revista de Geografía Norte Grande. No. 32: 71-86. Santiago, Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- INDEC. 2001. Censo Nacional de Población y Vivienda. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Argentina.
- Kitzes, J., Peller, A., Goldfinger, S. & M. Wackernagel. 2007. Current Methods for Calculating National Ecological Footprint Accounts. Science for Environmental & Sustainable Society Vol.4, No. 1: 1-9. Global Footprint Network.
- Lauria, D. 2001. Indicadores de Precios, Tandil 1995/2001. Centro de información y documentación en economía y administración. Tandil, Argentina. Secretaria de investigación y postgrado. Facultad de Ciencias Económicas, UNICEN.
- Lauria, D. & S. Fuxman. 2000. Ventajas Competitivas y oportunidades de inversión. Tandil 1999/2000. Centro de información y documentación en economía y administración. Secretaria de investigación y postgrado. Tandil, Argentina. Facultad de Ciencias Económicas, UNICEN.
- Lenzen, M. & S. Murray. 2001. A modified ecological footprint method and its application to Australia. Ecological Economics. Vol. 37, No. 2: 229-255.
- Lenzen, M., Lundie, S., Bransgrove, G., Charet, L. & F. Sack. 2003. Assessing the Ecological Footprint of a Large Metropolitan Water Supplier: Lessons for Water Management and Planning towards Sustainability. Journal of Environmental Planning and Management. Vol. 46: 113-141.
- Municipio de Tandil. 2004. Plan de Desarrollo Territorial del Municipio de Tandil -Documento Diagnóstico. Facultad de Ciencias Humanas, Tandil, Argentina. UNICEN - AYDET S. A.
- Pengue, W. 2002. Lo que el Norte le debe al Sur. Le Monde diplomatique, Buenos Aires, año III, No. 34: 6.
- 2003. La economía y los subsidios ambientales: una deuda ecológica en la Pampa Argentina. Fronteras, No. 2: 7-8. Buenos Aires.
- 2004. Desmonte y destrucción del capital natural. La pampeanización de la Argentina. Le Monde diplomatique, Buenos Aires, año V, No. 61.
- Rees, W. 1996a. Indicadores Territoriales de Sustentabilidad. Ecología Política No. 12: 27-41. Barcelona: Editorial ICARIA.
- 1996b. Revising Carrying Capacity: Area-based Indicators of Sustainability. Journal of Interdisciplinary Studies. Vol. 17, No. 3. University of British Columbia, Canada: Human Sciences Press.
- 2000. Patch Disturbance, Eco-footprints, and Biological Integrity: Revisiting the Limits to Growth (or Why Industrial Society is Inherently Unsustainable). In: Pimentel, D., Westra, L. & R. F. Noss (eds), Ecological Integrity: Integrating Environment, Conservation, and Health. Washington: Island Press.
- Secretaria de Turismo y Deporte. 2005. Página Web de la Provincia de Buenos Aires. Municipios. Disponible en: <http://www.styd.gba.gov.ar/>
- van den Bergh, J. C. & H. Verbruggen. 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. Ecological Economics. Vol. 29, No. 1: 61-72.
- Velázquez, G., Lan, D. & G. Nogar. 1998. Tandil a fin del milenio. Centro de Investigaciones Geográficas, Facultad de Ciencias Humanas, Tandil, Argentina: UNCPBA.
- Viglizzo, E. 2002. La sustentabilidad ambiental en el agro pampeano. Revista Ciencia Hoy, Vol. 12: 38-51. Buenos Aires: INTA.
- Wackernagel, M. 1996. ¿Ciudades sostenibles?. Ecología Política No. 12: 43-50. Barcelona: Editorial ICARIA.
- Wackernagel, M., Onisto L., Bello, P., Callejas Linares, A., López Falfán, I. S., Méndez García, J., Suárez Guerrero, A. I. & M. G. Suárez Guerrero. 1999. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics Vol. 29, No. 3: 375-390.
- Wackernagel, M., Shulz, B., Deumling, D., Callejas Linares, A., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., Norgaard R. & J. Ronders. 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. Proceedings of the National Academy of Sciences Vol. 99, No. 14: 9266-9271.