

---

**Una aproximación a la huella ecológica de Malargüe, Argentina**

**Iturbe Andrea; Elsa Marcela Guerrero**

Centro de Investigaciones y Estudios Ambientales (CINEA). FCH. Universidad  
Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires

[emarguerr@gmail.com](mailto:emarguerr@gmail.com)

Iturbe, A. & Guerrero, E. M. (2014). Una aproximación a la huella ecológica de Malargüe, Argentina. *Revista Estudios Ambientales*, 2 (2), 39-57.

**Recibido:** 5 de septiembre de 2014

**Publicado:** 30 de diciembre de 2014

## RESUMEN

Cada vez más personas eligen establecerse en el medio urbano. Las ciudades se convierten en los ámbitos preferidos por las poblaciones humanas para desarrollar sus actividades económicas y sociales. Sin embargo, y en términos ecológico-energéticos, las ciudades son sistemas heterotróficos, altamente dependientes de la materia y energía que proviene de ecosistemas productivos externos muchas veces distantes. La creciente demanda de insumos materiales en las ciudades aumenta la presión sobre ecosistemas terrestres y acuáticos regionales y extra-regionales con efectos importantes sobre los recursos naturales y servicios ecológicos que son imprescindibles para la vida humana y de otras especies. Este trabajo analiza la apropiación de ecosistemas terrestres productivos asociada al consumo de la ciudad de Malargüe, Argentina, en 2010. Emplea la metodología desarrollada por Rees (1996), Huella Ecológica (HE), que permite medir en términos espaciales (hectáreas) la demanda de recursos provenientes de ecosistemas externos a la ciudad. Para su cálculo se establecieron categorías o ítems de consumo: alimentos, madera y papel, secuestro de carbono, disposición de residuos y suelo urbano. Para expresarlos en términos de superficie (ha) se tomaron decisiones particulares para adaptar la metodología original a las condiciones particulares de la ciudad de Malargüe. Fue necesario conocer las características físicas y socio- económicas de los consumos y evaluar la manera en la que se relacionan con los ecosistemas productivos externos a la ciudad. Una vez calculada la Huella Ecológica total de la ciudad se compara con la capacidad de carga local, permitiendo conocer la sustentabilidad ambiental del ámbito de estudio. Resultando insostenible bajo las condiciones de consumo analizadas

**Palabras clave:** desarrollo sustentable, economía ecológica, sistemas urbanos, huella ecológica

## ABSTRACT

Every day, more people choose to live in cities. Cities are the physical support for many human populations and where economic and social activities are developed. Nevertheless, urban areas are heterotrophic systems from an energetic and ecologic view hardly dependent on matter and energy which usually come from productive external ecosystems, even from distant territories. Also, the growing demand for

material and energy in urban contexts cause an increasing pressure on vital species for human beings and other organisms in the regional or extra-regional terrestrial and aquatic ecosystems, with important effects in natural resources and ecological services associated to them. This paper analyzes productive terrestrial ecosystem appropriation associated with the consumption in the city of Malargüe, Argentina, in 2010. It employed Rees (1996) methodology called the Ecological Footprint (EF). It allows us to measure resources demand which come from the city's external ecosystems in spatial terms (hectare). In order to calculate the ecological footprint, some consumption categories or items – e. g. food, wood and paper, carbon sequestration, wastes final disposition and urban uses- were established. To express them in area terms (ha), it was necessary to take specific decisions to adapt the original methodology to the particular case of Malargüe. It was also necessary to know the physical and social economic consumption characteristics and to assess how these are related with external ecosystems. Once the total ecological footprint area had been calculated, it was compared with the local charge capacity to know if it was sustainable or not. As a result, the city was unsustainable considering the categories or items studied. The consumption of ecosystem productive areas in the city of Malargüe proved to be 16.45 times bigger than its own administrative area.

**Key words:** sustainable development- ecological economic- urban systems-ecological footprint

## INTRODUCCIÓN

En la segunda década del siglo XXI el 70 % de los 7.000 millones de personas viven en localidades consideradas urbanas, mayormente ciudades importantes en tamaño de acuerdo a la jerarquía urbana global. Así, cada vez más, el ámbito urbano es elegido para el desarrollo de gran parte de las actividades económicas y sociales modernas. Desde un punto de vista ecosistémico, esas actividades son grandes demandantes de materia y energía provenientes de ecosistemas productivos externos, muchas veces distantes. Además de una demanda continua y creciente de recursos, la ciudad devuelve al ambiente residuos y calor disipado propios del metabolismo interno de la ciudad. Esta dependencia material y energética, afecta por una parte la disponibilidad de recursos naturales pero también causa diferentes problemas ambientales como la degradación de la calidad y cantidad de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, la contaminación atmosférica, la deforestación, entre otros.

Así los efectos del crecimiento de la población y de la urbanización derivan en aumentos del consumo, la producción y los efectos ambientales que ellos generan.

La presente comunicación evalúa la superficie de ecosistemas productivos externos necesaria para satisfacer las necesidades de consumo y asimilar los residuos generados que soporta al metabolismo urbano de la ciudad de Malargüe en la Provincia de Mendoza, Argentina, en el año 2010.

Se calcula la Huella Ecológica de la ciudad entendida como *“el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población determinada con un nivel de vida específico de forma indefinida, independientemente de donde se localice este área”* (Wackernagel y Rees, 1996) y podría agregarse sin considerar la tecnología empleada, ni los efectos ambientales que esa producción genere.

Este indicador permite expresar en términos de superficie los requerimientos de materia y energía (hectáreas) provenientes de áreas biológicamente productivas necesarias para sostener una población dada. Los flujos considerados están representados por entradas y salidas hacia y desde el sistema urbano. En el caso de las entradas o Input se calculan los consumos asociados a alimentos, madera, papel y suelo urbanizado; y desde el lado de las salidas u output, comprende los residuos sólidos urbanos y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## METODOLOGÍA

El cálculo de la HE de la ciudad<sup>1</sup> incluye la determinación de 5 huellas parciales que implican: la tierra cultivada (para la producción de alimento y pasturas), la tierra construida (viviendas y soporte de infraestructura urbana), la tierra forestal (producción de productos madereros y papel), la tierra necesaria para la disposición de residuos y la absorción de carbono (emisiones de combustibles fósiles) de una población determinada. Estos consumos demandan un espacio físico productivo que se expresa en hectáreas/por año (Van Vuuren y Smeets, 2000).

---

<sup>1</sup> La metodología HE permite calcular tanto el impacto del metabolismo de una ciudad como de una región o un país, en ese caso las categorías o ítems de análisis cambian sustancialmente por ejemplo para un país aparecen categorías como agricultura, minería, industria, generación de energía, servicios, transporte, construcción, etc. (ver Hubacek et al, 2009). También se plantea la economía doméstica y las importaciones/exportaciones que en algunos casos implican cambios sustanciales en los resultados.

El primer paso del cálculo de la HE de una población, consiste en el cálculo anual de los artículos de consumo seleccionados expresados en kilos o toneladas. Esa selección es útil porque a los fines de los resultados conviene considerar aquellos consumos extensivos en producción que consumen espacio; evitar la doble contabilidad de ciertos consumos -en el caso del ganado provee leche, carne, cuero, etc.- y dejar de lado aquellos consumos despreciables en términos de volumen de consumo y demanda de superficie. Una vez obtenidos esos consumos se infiere la superficie necesaria para la producción de esos bienes utilizando valores de productividad anuales promedio -por ejemplo los de la FAO, o los propios de la zona de donde proceden esos bienes en el caso argentino-. En el caso de los bienes industrializados es necesario conocer los rendimientos de la industria en cuestión<sup>2</sup>:

$$HE_i = C_i/P_i$$

Donde:  $HE_i$  = Huella Ecológica del Ítem

$C_i$  = Consumo del Ítem (t)

$P_i$  = Productividad o rendimiento del ítem (t /ha)

En el caso del cálculo de la superficie necesaria para absorber las emisiones de CO<sub>2</sub> primero se contabilizaron el consumo de combustibles en sus diferentes tipos, luego se calcularon las emisiones asociadas a la quema de acuerdo a valores establecidos por el Panel Intergubernamental por el Cambio Climático (IPCC) según tipo de combustible y fuente de emisión, y de ahí se infirió la superficie necesaria para absorber dichas emisiones teniendo en cuenta un escenario específico con cierta tasa de asimilación.

El cálculo se determina de la siguiente manera:

$$\text{Emisiones de CO}_2 / \text{tasa de asimilación por hectárea}$$

Una vez realizados los cálculos para cada HE parcial, se suman dando como resultado una medida general de la HE total.

<sup>2</sup> En estos casos se tomaron valores de rendimiento para Argentina. Wiedmann y Lenzen (2007) discuten el uso de hectáreas globales como las de la FAO o valores regionales de rendimientos promedio.

$$HE_T = \sum HE_i$$

El cálculo de HE total se expresa en hectáreas de terreno productivo consumido. También es posible conocer la huella ecológica per cápita, dividiendo la HE total sobre la población del área en estudio. Ambos valores son interesantes a nivel comparativo: a) puede ocurrir que una misma superficie presente consumos diferentes, b) puede pasar que un mismo consumo en superficie equivalente con más o menos población sirva para ver la intensidad de uso material en una economía, y c) además si se consideran las productividades regionales como dato para transformar los consumos en superficie, aquellos espacios más productivos tendrán rindes más grandes por ha, que las zonas de producción marginal y por lo tanto serían menos sustentables.

Solo se considera la economía doméstica de la ciudad. No importaciones ni exportaciones que son importantes a nivel del Departamento, de la región o del país, pero no de la localidad de Malargüe.

Finalmente, para determinar la in-sustentabilidad/sustentabilidad ecológica se comparan la HE y la capacidad de carga local (CCL)<sup>3</sup> que es la superficie de ecosistemas productivos afectados a la producción de los bienes o productos consumidos y permite conocer el nivel de autosuficiencia a nivel global (datos FAO). Si  $HE > CCL$  la población en estudio posee déficit ecológico (consume más recursos de los que dispone) y en caso que  $HE \leq CCL$  es una población autosuficiente.

## RESULTADOS: DETERMINACIÓN DE LA HE DE MALARGÜE

### *Características generales de la ciudad*

La ciudad de Malargüe se encuentra ubicada a 421 km de la ciudad de Mendoza, dentro del departamento de Malargüe. El departamento cuenta con 27.660 habitantes<sup>4</sup>, y representa uno de los departamentos menos poblados de la provincia (1,43 hab/km<sup>2</sup>), su extensión es considerable, siendo ésta de 41.317 km<sup>2</sup> y comprende un

<sup>3</sup> Es necesario diferenciar el concepto de CCL de Capacidad biológica o bio-capacidad: que es la capacidad de los ecosistemas de producir materiales biológicos útiles y de absorber los residuos materiales generados por los humanos, usando esquemas de gestión y tecnologías de extracción corrientes... la biocapacidad de un área es calculada multiplicando el área física actual por un factor de producción y el apropiado factor equivalente. La bio-capacidad es generalmente expresada en hectáreas globales. Disponible en <http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/glossary/#biocapacity>

<sup>4</sup> INDEC, censo nacional 2010

26,5 % del territorio provincial (Figura 1). En el último censo muestra que su población creció 20,2 % siendo el departamento de la provincia de mayor crecimiento demográfico. La capital, la ciudad de Malargüe, alberga casi el 80 % de la población del departamento y ocupa una superficie de 8.399,498 km<sup>2</sup>.

La estructura económica del departamento de Malargüe se encuentra compuesta por un 85% de sector primario, un 12% de sector terciario o de servicios y un 3% de sector secundario. Entre las actividades importantes que se desarrollan está el turismo, la minería y la explotación de petróleo<sup>5</sup>.

#### *Cálculo de la HE de Malargüe*

1. *Requerimientos alimenticios.* Los datos de consumo fueron registrados en los 5 supermercados ubicados en diferentes barrios de la ciudad. El mayor consumo corresponde a carnes rojas, con un total de 1.234 toneladas (ton)/año. Para el caso de carnes blancas se tomó el consumo de pollo que fue de 368 ton/año, siendo su consumo promedio de 13,30 kg/persona/año<sup>6</sup> resultando menos de la mitad del promedio nacional para 2010. El resto de las carnes -cerdo y pescado- fueron desestimadas por su volumen significativamente menor.

---

<sup>5</sup> A los fines de este trabajo no se ha podido discriminar el impacto del turismo en el consumo local, ni de la actividad petrolera que es importante a nivel nacional

<sup>6</sup> El promedio nacional correspondiente al 2010, es de 34,5 kilos/persona. Según [www.minagri.gob.ar](http://www.minagri.gob.ar)

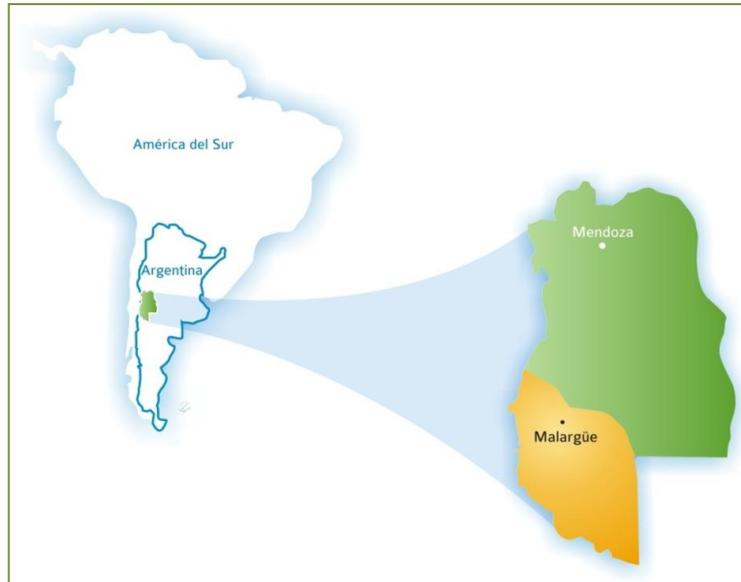


Figura 1. Ubicación geográfica de Malargüe. Fuente: <https://www.google.com.ar>

Otros alimentos con altos consumos son el pan con 900 ton/año, las harinas con 343 ton/año, el azúcar 840 ton/año y la yerba con un total de 252 ton/año. En la Tabla 1 se expresan: a) en la columna 1, el volumen del consumo por producto considerado para la HE parcial alimento; b) en la columna 2, el equivalente (aplicando un valor de rendimiento promedio para Argentina según industria o tipo de procesamiento<sup>7</sup>) de ese volumen transformado en materia prima necesaria para producir ese producto; y, c) la tercera columna, representa el área necesaria para la producción de los insumos requeridos para la elaboración del producto. En algunos casos como la carne no hay más procesamiento que la faena de los animales.

Los rendimientos promedio fueron facilitados por INTA Delegación Malargüe (azúcar, arroz, harinas y derivados, yerba mate, aceites, papa) e indican rendimientos a nivel regional. Los restantes por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca<sup>8</sup> (carnes, pollo). La Tabla 1 resume los resultados expresados en toneladas y superficie.

La HE parcial de alimentos de 2010, representa en total una apropiación de 13.919,22 ha de ecosistemas terrestres/año bajo este ítem.

<sup>7</sup> Datos ofrecidos por el INTA: Malargüe. En los procesos de producción de alimentos, un porcentaje de materia prima es descartada, es por ello, que se calculan previamente los requerimientos de materias primas en base al rendimiento de la industria alimenticia argentina.

<sup>8</sup> [www.alimentosargentinos.gov.ar](http://www.alimentosargentinos.gov.ar)

Tabla 1. HE parcial de ítem consumo de alimentos.

Productos	Consumo total (t)	Equivalente Materias Primas (t)	HE <sub>i</sub> (ha)
Azúcar	840	7.636,36	110,19
Arroz	219	312,85	29,8
Galletas	225	332,35	124,94
Fideos	309	456,42	171,6
Harina	343	506,65	190,36
Yerba mate	252	720	212,39
Pan	900	1.329,39	499,77
Carnes rojas <sup>9</sup>	1.234	1.234	12.340
Pollo <sup>10</sup>	368	59,71	160,65
		100,94	
Papa	288	323,6	11
Aceite girasol	81	81,18	19,46
Aceite soja	105	104,5	49,06
<b>Total</b>	<b>5.163</b>	<b>13.197,95</b>	<b>13.919,22</b>

2. *Consumo de madera y papel.* El consumo de productos forestales fue registrado por los autores a partir del relevamiento de los comercios locales dedicados a la venta en grandes volúmenes de: leña, madera manufacturada y papel. La leña más vendida (el algarrobo), procede de bosques nativos ubicados en la provincia de San Luis, representa un total de 1.270 ton/año. Otra especie con menor consumo es el álamo

<sup>9</sup> Carnes rojas incluye la carne de vaca que en el caso argentino es principalmente una producción de tipo extensivo sin suplemento. El rendimiento promedio en campo de cría es de 0,1 ton/ha.

<sup>10</sup> En el caso de la carne vacuna se tomó el rendimiento promedio del ganado alimentado de manera extensiva en campos de cría. En el caso del pollo se calculó según el índice de conversión alimentaria que permitió estimar la cantidad de grano/pienzo necesario en esta producción.

con un total de 467 ton/año. Ambas (1.737 ton/año) se usan para calefaccionar y cocinar alimentos, siendo su mayor consumo en invierno.

El 88 % de las maderas manufacturadas en 2010, se concentraba en tres especies: álamo, pino y eucaliptus por un total de 6.308,02 m<sup>3</sup> vendidos. Empleadas fundamentalmente en la construcción (tablas para techos, encofrados, alfajías y listones), carpintería (muebles y aberturas) y para uso industrial en tarimas o palet.

El consumo de papel se relevó en imprentas y librerías, considerando el consumo de papel escolar, fotocopias y papel de gráfica<sup>11</sup>. Otros consumos fueron desestimados por falta de información. La suma de los consumos de diferentes tipos de papel fue de 49,27 t /año. A partir de este valor se calculó la superficie necesaria para producir ese volumen de papel considerando el rendimiento promedio de madera (pino y eucaliptus) destinada a la elaboración de pulpa de celulosa y papel en Argentina<sup>12</sup>.

El consumo de leña y madera manufacturada se convirtió a m<sup>3</sup> y luego expresado en hectáreas necesarias para su producción. La huella parcial correspondiente a cada producto forestal y papel se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2. HE parcial de papel y madera.

Productos forestales	Consumo ton/año <sup>13</sup>	HEi (ha)
Papel	49,27	6,90
Leña	1.737	92,04
Manufacturada	3.070	219,05
<b>Total</b>		<b>317,99</b>

<sup>11</sup> En los cálculos solo se registra el valor de rendimiento de la industria para Argentina y sobre la base de pino como materia prima, sin incluir por ejemplo la producción de CO<sub>2</sub> u otros contaminantes asociados a la producción de papel (ver discusión cuando se mencionan los consumos calculados en forma indirecta sin considerar las condiciones de esas producciones)

<sup>12</sup> Para producir 1 tonelada de papel es necesario aproximadamente unas 3,5 m<sup>3</sup> de madera de pino (Toval. 2010. Calidad de la madera de Eucalyptus globulus como materia prima para la industria pastero-papelera. <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/4558>)

<sup>13</sup> En cada consumo se realizaron conversiones de toneladas consumidas a superficie necesaria para la producción de ese consumo. En el caso del papel se transformaron las toneladas en m<sup>3</sup>, y se dividieron por la productividad de la especie empleada en Argentina para producir papel: pino de un 67 % y transformados en hectáreas. Para la leña los consumos por especie (algarrobo, álamo) fueron transformados en m<sup>3</sup> y se dividió por la densidad por especie, luego transformados en hectáreas. Para las maderas empleadas en construcción se procedió de forma similar.

3. *Apropiación de suelo urbanizado.* De acuerdo al Plan de Ordenamiento Urbano, la ciudad posee una superficie de 3.299,82 ha, y está dividida en diferentes usos de suelo: residencial, comercial-turístico, servicios sociales y parques de servicios/industrial.

Es importante destacar que a la superficie urbana se le restaron 31 ha destinadas a la disposición de residuos sólidos urbanos, que estaban incluidas dentro de predio del Parque Industrial. La Tabla 3 detalla los usos del suelo y su superficie correspondiente.

Tabla 3. HE parcial de Suelo Urbanizado (en base a datos de la Dirección de Ordenamiento del Territorio).

Tipo de uso del suelo	Ha
Residencial	1.363,33
Espacios Verdes	32,35
Comercial- turística	502,06
Servicios sociales	100,8
Parque de servicios / industrial	1.301,28
<b>Superficie Total</b>	<b>3.299,82</b>

4. *Emisiones de CO<sub>2</sub>.* Las emisiones resultan del proceso de combustión de vehículos particulares y públicos, y de los consumos de gas domiciliario. Los datos de consumo fueron relevados de forma directa. Para 2010 los consumos de combustibles líquidos y los datos sobre Gas Natural Comprimido (GNC) y Gas Licuado de Petróleo (GLP) fueron provistos por estaciones de servicios y la empresa Distribuidora de Gas Cuyana, respecto al gas envasado en garrafas se relevaron en corralones y barracas estos son detallados en la Tabla 4.

La Tabla 4 sintetiza los consumos según combustible, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes y agrega la superficie necesaria para absorberlas. La columna 2 indica en volumen (m<sup>3</sup>) el consumo de combustibles tanto líquidos como gaseosos. La tercera columna indica la conversión a unidades en energía (Tj). La siguiente columna transforma esos consumos en equivalentes de emisiones de CO<sub>2</sub>, para finalmente

calcular la superficie necesaria para la absorción de esas emisiones en escenario similar a las condiciones biogeográficas de Malargüe<sup>14</sup>.

Tabla 4. HE de CO<sub>2</sub> de la ciudad de Malargüe.

Combustible	Consumo (m <sup>3</sup> )	Consumos en unidades energéticas (Tj/año)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (t/año)	Superficie necesaria para secuestro (ha)
GNC	794.780	40,92	2.627,58	875,86
GLP de red	18.647.745	1.744,18	110.057,69	36.685,89
Gas oil	147,663	0,22	15,60	5,2
Nafta	4790,2	0,11	8,12	2,70
GLP garrafa	2.366	0,01	0,87	0,29
Total			<b>112.709,86</b>	<b>37569,953</b>
Tasa de Absorción			3	1

5. *Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU)*. Los datos fueron suministrados por Dirección de Ambiente y Desarrollo Sustentable municipal en base al registro diario de RSU dispuestos en el relleno. Para 2010 el volumen anual fue de 10.492 toneladas, es decir un promedio mensual de 874.33 toneladas y un promedio anual per cápita de 1,14 kg. Cabe destacar que la generación varía en temporada turística de verano y acentuándose más durante las vacaciones de invierno.

El predio de disposición final de residuos recibe otros residuos asimilables a urbanos como escombros, chatarra, efluentes cloacales, neumáticos, etc. Estos son dispuestos en sectores específicos, aunque no hacen uso del relleno, se disponen dentro del predio de disposición final. Los residuos peligrosos, patogénicos e industriales poseen

<sup>14</sup> Se empleo una tasa de asimilación que es igual a 3 ton/ha correspondiente a un bosque templado ubicado en La Rioja, España. La metodología aplicada al cálculo de dicha tasa sigue las pautas elaboradas por el IPCC para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero (GEI).

una recolección diferencial y disposición final en un relleno de seguridad ubicado en el departamento de Las Heras.

La superficie total destinada a absorber RSU de la ciudad es de 31 ha y coincide con la superficie de la HE parcial para el ítem.

6. *Huella ecológica total de Malargüe.* Con el cálculo de las huellas parciales se obtuvo una aproximación a la HE total de la ciudad (Figura 2) con una superficie total de 55.137,98 ha. Cabe destacar la participación conjunta de las superficies necesarias para la absorción de CO<sub>2</sub> y para la producción de alimentos representan el 94% de la HE total.

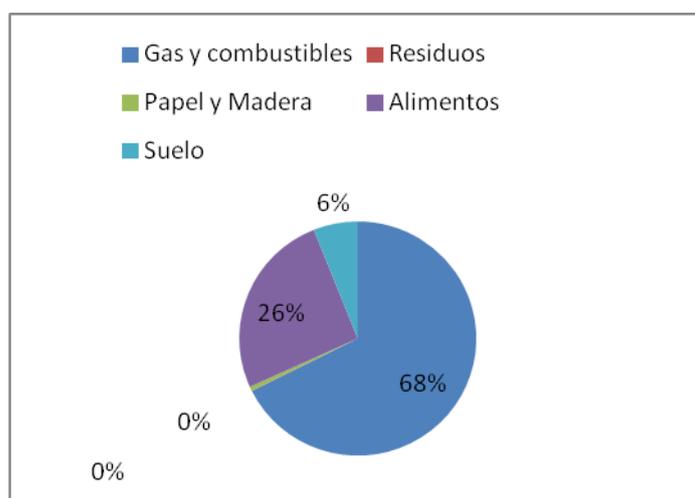


Figura 2. Huella Ecológica Total

Si se compara la HE total con la superficie administrativa de la ciudad resulta unas 16,71 veces mayor, lo que indica un déficit ecológico y condiciones de insostenibilidad.

La Tabla 5 representa los datos de la HE total, sus condiciones de sustentabilidad en relación a la CCL y la HE per cápita.

La participación más importante en la HE total es la absorción de CO<sub>2</sub>, con 67,62 % de la superficie total. Este es un resultado bastante común en otros trabajos similares (Álvarez, 2003 y Güiñirgo, 2007) y responde a una matriz económica altamente dependiente de la quema de combustibles fósiles en el caso argentino. A ello se suman razones específicas para esta ciudad: 1- la localización geográfica del área de estudio y condiciones climáticas adversas durante gran parte del año, y 2- la existencia de una tarifa diferencial (subsidio como zona patagónica- Resolución 2822/2003

Energas), en los consumos de gas, motivo por el cual no se hace un uso sustentable del recurso. Ambos aspectos potencian el gasto energético/per cápita.

Tabla 5. Situación de sustentabilidad ambiental de la ciudad de Malargüe.

<b>HE Total</b>	<b>54.267,40 ha</b>
<b>N° de veces la ciudad</b>	16,45
<b>HE per cápita</b>	1,96 ha/hab.
<b>Déficit ecológico</b>	50.967,58 ha

En el caso de la HE de alimentos (25,64 %), en muchos casos representa consumos inelásticos, determinados por una dieta común a nivel nacional en base a productos cárnicos y harinas, particularmente extensivos en producción y por ende en superficie. El resto de las HE parciales son valores pequeños y en total representan un 8 % del total.

## DISCUSIÓN

Aunque los resultados son coincidentes con la mayoría de los cálculos de HE en ámbitos urbanos para Argentina (Álvarez, 2004 y Güiñirgo, 2007, entre otros), en el caso de Malargüe su participación relativa resulta algo mas alta. Seguramente su condición minero-petrolera y turística a nivel nacional, influye en la estructura productiva de la ciudad y la convierte en exportadora de HE a otras ciudades vecinas a partir de la venta de productos alimenticios y de combustibles.

Como se observó el consumo de carnes es alto, algo común en la dieta promedio argentina, que además al tratarse de producciones extensivas en superficie tiene efectos importantes en la superficie total de la HE. Algo parecido ocurre con otros alimentos como yerba, azúcar, y los derivados de harina que tienen determinaciones culturales y son extensivos en producción, aunque tienen mayores rendimientos relativos que la producción cárnica. Otros trabajos realizados en ciudades argentinas como Tandil (con 17,31 veces la extensión de la ciudad) arrojan datos similares asociados a similitudes en el PBNI geográfico y duplican los consumos de otras como Azul cuya HE representa unas 8,98 veces su superficie administrativa (Güiñirgo, 2006 y Álvarez, 2004).

La alta participación de la HE parcial de absorción de CO<sub>2</sub> muestra la alta dependencia de combustibles fósiles, destacándose un alto requerimiento energético de gas natural de red de los sectores residencial, comercial e industrial considerando las condiciones climáticas y la existencia de subsidio a estos consumos como zona patagónica. Luego se puede mencionar la participación los combustibles líquidos producto de los consumos requeridos por el sector transporte.

La apropiación de terrenos para la urbanización constituye una pequeña participación en la HE total, aunque es importante en términos absolutos ya que está ocupado un alto porcentaje 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 puede reducir la disponibilidad futura de suelo vacante y comprometer la disponibilidad para otros usos.

Los requerimientos madereros y de papel contribuyen al 0,58 % de la HE total por lo que podrían parecer despreciables. No obstante, y en términos absolutos, son importantes y se vinculan a la actividad de la construcción en la ciudad en proceso de crecimiento en parte y por otro lado a la estructura económica y la importancia relativa de los servicios de la ciudad, que en muchos casos son demandantes de papel, principalmente destinado a la impresión.

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

- i.* Se trata de una medida indirecta de los efectos del metabolismo urbano sobre ecosistemas calculado a partir de los consumos y no de las condiciones de producción o los costos ambientales asociados a esas producciones.
- ii.* Puede incluir impactos que se manifiestan localmente pero son de responsabilidad regional o nacional, en este caso podría ser la explotación petrolera que no fue incluida en este análisis (para más detalles sobre el tema ver Proyecto europeo de indicadores comunes/ Eurocities, 2001).

- iii. La disyuntiva metodológica, no resuelta, sobre el empleo de valores de rendimientos globales o locales para convertir los consumos en superficie de ecosistemas productivos cooptados.
- iv. La falta de datos sobre determinados consumos, diferenciados por ejemplo entre consumos provenientes del turismo y consumos de los residentes locales.
- v. Se deja de lado la eficiencia relativa de ecosistemas productivos en cuestión, por lo que 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-.
- vi. No siempre es posible considerar la bio-capacidad local, porque no se cuenta con el dato para cada bioma y se termina empleando la CCL, como en este caso.
- vii. Además, asume que cada clase de superficie tiene un único uso (Van den Bergh y Van der Bruggen, 1999), considerando sólo la superficie biológicamente productiva cuando incluso la superficie improductiva puede ser empleada directa o indirectamente para usos humanos (Lenzen y Murray, 2001; Lenzen et al., 2003).
- viii. La metodología empleada para medir el impacto del consumo de energía está exclusivamente centrada en las emisiones de CO<sub>2</sub>, excluyendo el resto de gases de efecto invernadero y considerando un único sumidero de carbono, los bosques, cuando existen otros, como por ejemplo, el mar. Pero en muchos países, y en Argentina en particular, para la producción de determinados bienes se emplea energía nuclear. Tampoco se incluyen emisiones asociadas a los procesos de extracción e industrialización de los bienes consumidos como alimentos por ejemplo.
- ix. Otra limitación importante se refiere a la no diferenciación entre el uso sustentable e in-sustentable de la tierra, de modo que, en aras de aumentar la productividad a largo plazo y logrando una menor HE se podrían estar incentivando métodos in-sustentables -por ejemplo pasar de prácticas extensivas a intensivas en producción en base al incremento de insumos agropecuarios-.

- x. En el caso del suelo urbano solo se considera la superficie ocupada, no la densidad de ese uso, ni las tecnologías y materiales de construcción, ni la calidad de las viviendas, entre otros.
- xi. 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 el de una de superficie construida es notablemente diferente sobre el ambiente (Van den Bergh y Van der Bruggen, 1999). Por ejemplo, en lo que respecta a la infiltración en uno u otro caso.
- xii. Tampoco contempla aspectos sociales como las condiciones de trabajo, o el trabajo infantil.
- xiii. Y al tener en cuenta límites administrativos arbitrarios no distingue entre urbanización difusa o concentrada. Cuando se comparan HE y superficie administrativa muchas veces se deja de lado la capacidad de carga local.

No obstante, a pesar de estas limitaciones, los resultados de la HE pueden ser empleados 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., 1999a; Rees, 2000), siendo recomendable el empleo de otros indicadores que ofrezcan información adicional (Lillemor y Craig, 2001).

## CONCLUSIONES

Bajo las condiciones propias de la metodología empleada y las limitaciones descritas precedentemente, la ciudad resultó en una situación de déficit ecológico equivalente a una superficie de 50.967,58 ha. No obstante, es importante relativizar este dato considerando el tamaño de la población bajo análisis. La HE per cápita del año de estudio (para unos 27.660 habitantes), resultó 1,96 ha/hab., considerando que la huella global es de 2,2 ha por persona y año, la situación parece volverse más sustentable<sup>15</sup>. No obstante a los fines de la sustentabilidad global deberían interesarnos los datos y volúmenes de consumo absolutos, ya que la apropiación

---

<sup>15</sup> Si se compara con otros países latinoamericanos como Colombia, México o Ecuador, sus HE se aproximan al promedio argentino de 1,96 ha/per cápita, mientras que USA, Japón o China poseen HE entre 4,7 ha/per cápita hasta 8 ha/per cápita.

humana de ecosistemas productivos desafortunadamente es creciente y visiblemente se vuelve in-sustentable bajo las actuales condiciones de consumo.

Finalmente, el perfil económico de la ciudad -minera, petrolera y turística- la convierte en proveedora de HE o superficie ecosistémica productiva a ciudades vecinas y otras regiones. En otras palabras, la ciudad exporta parte de su HE total.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Álvarez, E. 2004. *Huella Ecológica de la ciudad de Azul*. Tesis de Grado. Licenciatura en Diagnóstico y gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Humanas UNCPBA, Tandil, Argentina.
- Güiñirgo, 2007. *Huella ecológica de la ciudad de Tandil*. Tesis de Grado. Licenciatura en Diagnóstico y gestión Ambiental. Facultad de Ciencias Humanas UNCPBA, Tandil, Argentina.
- Hubacek, K, Guan, D, Barret, J y Weidmann, T. 2009. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: ecological and water footprint. *Journal of cleaner production* 17. Pp.1241-1248. Elsevier.
- Lenzen, M., Murray, S. (2001). A modified ecological footprint method and its application to Australia. *Ecological Economics*, Vol. 37: 229-255.
- Lenzen, M., Lundie, S., Bransgrove, G., Charet, L., Sack, F. 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*, 46 (1), 113-141.
- Lillemor, L. y Craig, S. 2001. *The use of ecological footprint and biocapacity analysis as sustainability indicators for subnational geographical areas: a recommended way forward*. Final report. European Common Indicators Project. EURO CITIES, Italia.
- Departamento Malargüe. 2007. *Plan de Ordenamiento Urbano "Macrozonificación de la ciudad y el oasis"*. Mendoza
- Rees, W. 1996. Indicadores territoriales de sustentabilidad. *Ecología Política* N° 12. Editorial Icaria, Barcelona.
- Rees, W. E. 2000. *Patch Disturbance, Eco-footprints, and Biological Integrity: Revisiting the Limits to Growth (or Why Industrial Society is Inherently Unsustainable)*.

- 
- D. Pimentel, L. Westra, and R. F. Noss, eds. Integrity: Integrating environment, conservation and Healthj. Washington DC. Island Press.
  - Toval, G. 2010. Calidad de la madera de Eucalyptus globulus como materia prima para la industria pastero-papelera. Disponible en: <http://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/4558>
  - Van Den Bergh, J. and Verbruggen, H., 1999. Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics*. 29, 61-72.
  - Van Vuuren, E. and W. Smeets. 2000. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. *Ecological Economics* 34 (2000) 115–130
  - Wackernagel, M. & Rees, W. 1996. *Our Ecological Footprint*. New Society Press. Vancouver, Canada.
  - Wackernagel M., Onisto L., Bello P., Callejas Linares, A., López Falfán, I. S., Méndez García, J., Suárez Guerrero, A. I., Suárez Guerrero, M. G. 1999a. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics* 29: 375–90.
  - Wiedmann, T y Lenzen; M. 2007. On the conversion between local and global hectares in ecological footprint analysis. *Ecological economics* 60 pp.673-677. Elsevier