

Promoviendo la transformación positiva de nuestro impacto sobre el entorno: la Huella Ecológica de la Villa Futalaufquen en el Parque Nacional Los Alerces y su potencial para generar nuevas formas de utilizar el capital natural

Francisco Carabelli[12], Laura Forti[1], Laura Hessy[1], Nora Mendoza[14], Carlos Baroli[3], Claudia Tabares[3]

[1] Instituto Superior de Educación Tecnológica Nº 812 (CeRET-Chubut)
[2] Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
[3] Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
[4] Grupo de Ecología del Paisaje y Medio Ambiente, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires

francisco.carabelli@gmail.com
Alsina 2252
Código Postal 9200 – Localidad Esquel - Chubut
Teléfono: 54 2945 450820

Introducción

Si ha leído Ud. la zaga del Señor de los Anillos, de Ronald Tolkien, estará familiarizado con la descripción de los *hobbits*, esos curiosos seres que tienen una estatura relativamente pequeña para el enorme tamaño de sus pies. Metafóricamente, la casi totalidad de los seres humanos somos realmente versiones magnificadas de los hobbits del Prof. Tolkien, pues la huella que le imprimimos a la naturaleza en términos de nuestros hábitos de consumo es dramáticamente más grande que nuestras extremidades plantares.

La Huella Ecológica es un indicador cuyo propósito es, precisamente, determinar el impacto del consumo de una comunidad dada sobre el medio natural, asociado con un determinado estilo de vida “promedio” o estándar que dicha comunidad se ha dado. En su concepción original, la metodología de cálculo de la Huella hace uso de información secundaria, proveniente de estadísticas y censos de los que se dispone sobre los distintos consumos vinculados a los alimentos, vivienda, transporte, bienes y servicios. En nuestro país, la posibilidad de conseguir información estadística específica es inversamente proporcional al tamaño de la población objeto de análisis, es decir, cuanto más pequeña es la localidad, tanto más improbable es que se pueda disponer de información detallada sobre las distintas categorías de consumo. Es principalmente éste el motivo que ha llevado a un equipo técnico interinstitucional a iniciar la construcción de una metodología propia, que se está poniendo gradualmente a prueba en comunidades de pequeña y mediana escala –desde cientos a pocas decenas de miles de personas- para conocer la Huella Ecológica de las mismas mediante la generación de la información primaria y la participación ciudadana. En este trabajo se aborda el cálculo de este indicador para una población de pequeña escala que se halla inserta en un Parque Nacional en la Patagonia Andina de Argentina.

La Villa Futalaufquen es el único asentamiento urbano del Parque Nacional Los Alerces en el noroeste cordillerano de la provincia de Chubut, con alrededor de 50

viviendas y una población que muy escasamente supera el centenar de habitantes, quienes son en su mayor parte empleados de la Administración de Parques Nacionales con sus familias, gendarmes, docentes y empleados de la escuela.

La principal infraestructura de la Villa se diseñó y construyó entre fines de la década del ´40 y principios de los años ´50. Se trataba del mejor tipo de construcción que había disponible en la época, y fue pensada para funcionar en un sitio aislado. La infraestructura y los servicios instalados con posterioridad no guardaron en muchos casos relación con la calidad instalada inicialmente (Martín, 1997). La Villa Futalaufquen ocupa hoy alrededor de 32 hectáreas (Figura 1) y además de las viviendas incluye servicios de uso público, la Intendencia del Parque Nacional, un Centro de Visitantes, servicios de comedor, campamento, kiosco y despacho de combustible. En años recientes se han logrado mejoras en el tema viviendas, distribución de energía mediante cableado subterráneo, pavimentación de calles principales y comunicación telefónica. Se prevé continuar con estos trabajos para alcanzar una mejora integral de los servicios de agua, recolección y tratamiento de residuos y calefacción, así como completar el plan de mejoramiento de viviendas e instalaciones (de la intendencia, casa de huéspedes, talleres, etc.). No se prevé alentar un crecimiento poblacional significativo aunque se considera conveniente contar con un plan de ordenamiento para regular el desarrollo de la Villa (Martín, 1997). Existe un proyecto para instalar una planta depuradora. En la actualidad el agua se toma de un arroyo. La basura recolectada se traslada fuera del Parque Nacional, siendo su destino final la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Esquel, distante 64 km de la Villa. Los pobladores y el personal de intendencia están autorizados a extraer un cierto volumen de leña por temporada. La Villa se provee de electricidad de una usina hidroeléctrica de la provincia que funciona dentro del Parque. Algunas seccionales utilizan grupo electrógeno (Fernández Montoni y col., 2007).

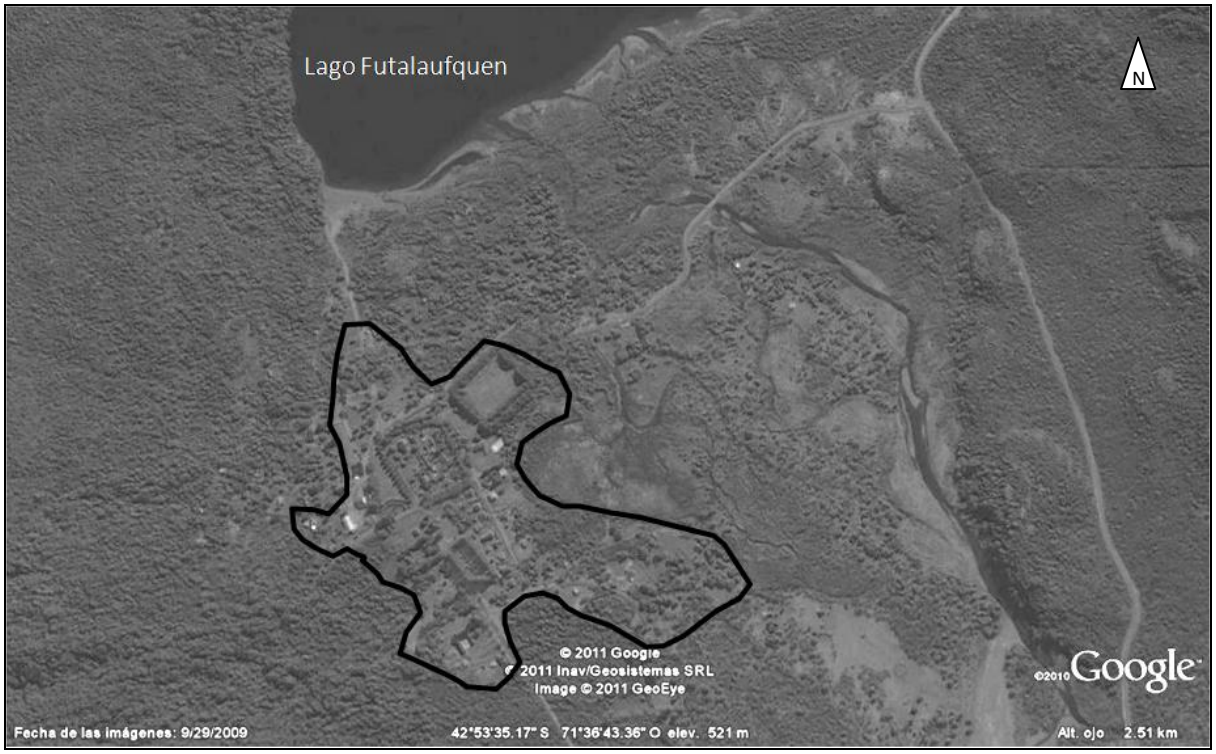


Figura 1. Límites de la Villa Futalaufquen dentro del área de Reserva del Parque Nacional Los Alerces (Fuente: Elaboración propia a partir de imagen original obtenida del Programa Google Earth).

El objetivo principal cuya satisfacción permite configurar este artículo, es realizar una primera estimación fiable de la Huella Ecológica de la Villa Futalaufquen, en el marco de un programa de investigación y desarrollo tecnológico cuyo propósito último es generar una "solución tecnológica" que pueda ser aplicable a comunidades en el rango de habitantes precedentemente mencionado, de modo de dejar instaladas las capacidades para que luego una comunidad lo pueda aplicar "per se" cuando por distintas razones se presente la necesidad de actualizar el indicador –por ejemplo porque la comunidad fue creciendo, aumentaron las demandas y la sobreutilización de los recursos disponibles-. En los espacios aún relativamente poco antropizados que habitamos, principalmente en los ámbitos cordilleranos y de estepa de la región patagónica, las situaciones en su inmensa mayoría embrionarias de desarrollo de los espacios urbanos otorgan aún ciertas garantías de que la planificación de las interacciones entre el hombre y el medio natural es posible, en términos de dar entidad a procesos que equilibren los aspectos económicos, sociales y culturales con los naturales para que la sostenibilidad no sea solamente un término abstracto.

Materiales y métodos

El análisis de la Huella Ecológica es una herramienta de contabilidad que nos permite estimar los requerimientos de consumo de recursos y de asimilación de basura para una población humana determinada o una economía en términos de un área de tierra productiva correspondiente (Wackernagel y Rees, 1996).

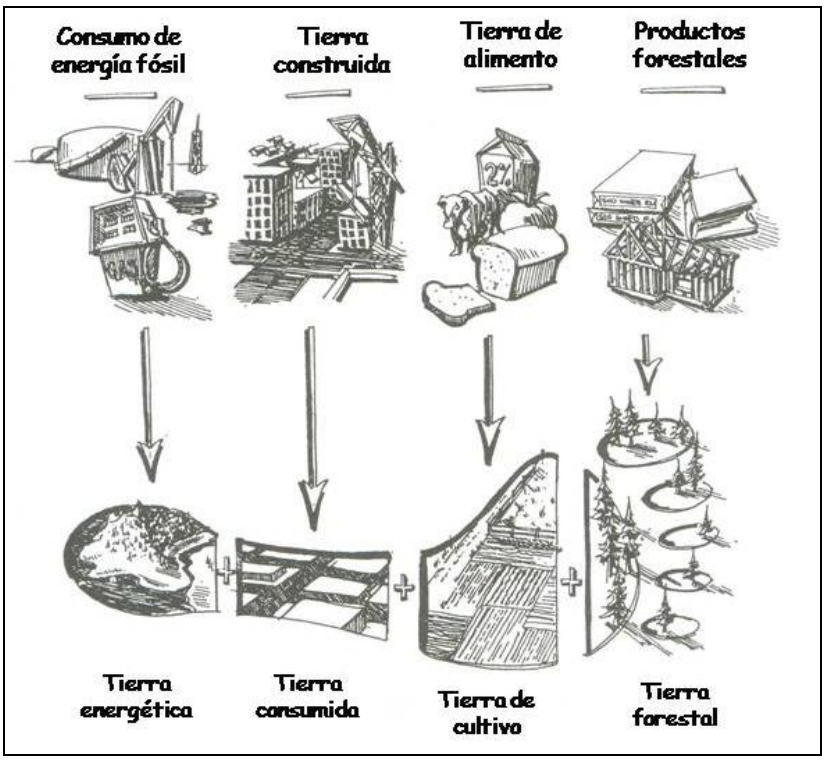


Figura 2. Representación esquemática de la Huella Ecológica. La producción y utilización de cualquier bien y servicio depende de varios tipos de productividad ecológica, las que se pueden convertir a equivalentes de áreas de terreno (Fuente: Adaptado de Wackernagel y Rees, 1996).

La secuencia metodológica es *aparentemente* simple:

- Contabilizar el consumo de las diferentes categorías (productos; residuos) en unidades físicas.
- Transformar los consumos en superficie biológica productiva, a través de Índices de Productividad.

El consumo se define como:

CONSUMO = (PRODUCCION + IMPORTACIONES) - EXPORTACIONES

Y la Huella Ecológica:

HUELLA ECOLOGICA = CONSUMO / PRODUCTIVIDAD

Por tanto, los cálculos de la Huella Ecológica están basados en dos hechos:

- Se pueden contabilizar físicamente (en toneladas) los recursos consumidos.
- Estos inputs pueden traducirse en área biológicamente productiva (en hectáreas).

Como plantean los autores, la mayoría de sus estimaciones de la Huella Ecológica se basan en el consumo promedio nacional y producciones promedio mundiales, información que da entidad a un proceso de estandarización que facilita comparaciones de "caso general" entre regiones o países. Agregan que, sin embargo, para análisis más sofisticados o detallados, puede ser necesario o deseable basar la estimación de Huella en estadísticas de productividad y consumo locales o regionales (Wackernagel y Rees, op. cit.). Pero como se señalado previamente, este planteo, en apariencia sencillo, requiere -para el caso de comunidades pequeñas no sólo de Patagonia sino de la mayoría de localidades pequeñas y medianas de Argentina- generar la información, pues no existen tales estadísticas. Éste fue el desafío metodológico emprendido en la Villa Futalaufquen, consistente en diseñar y llevar adelante un proceso de generación de información que simultáneamente propiciara el involucramiento, por lo menos parcial, de sus habitantes.

Procedimiento para el cálculo de la Huella Ecológica de los Alimentos

Para obtener la información de base se diseñó e instrumentó una Encuesta de Alimentos que incluía 66 productos alimenticios agrupados en las siguientes 9 categorías: a) verduras, b) verduras de hoja, c) frutas, d) carnes, e) lácteos y huevos, f) cereales y legumbres, g) aceites y grasas, h) azúcar y miel, i) bebidas. Para cada alimento debía señalarse el consumo mensual precisando la cantidad entre cuatro rangos posibles –menor que, entre a y b, entre c y d y mayor que-. En función de las respuestas se seleccionaron los alimentos más representativos en términos de las cantidades mensuales consumidas que luego se proyectaron a un valor anual –equivalente al del año 2010- y para cada uno de ellos se determinó la Huella específica en hectáreas, tarea para la cual previamente se indagaron los valores de consumo promedio nacional por habitante –para tener como referencia- y los rendimientos promedios nacionales por hectárea de tales productos. En cuanto al origen de los alimentos, la encuesta interrogaba acerca de los comercios habituales de compra y en función de esta indicación se realizaron entrevistas a los gerentes o dueños de los mismos, de modo de poder inquirir acerca de los lugares de producción o centros de abastecimiento de los productos. Complementariamente, consultas a especialistas locales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) permitieron precisar los parámetros para el cálculo de las superficies necesarias para la producción de carne ovina principalmente. A modo de ejemplo se

presenta seguidamente el procedimiento para realizar la estimación de la Huella Ecológica para el consumo de carne ovina.

Cálculo de las hectáreas para abastecer el consumo de carne ovina

14,4 kg * 106 hab = 1526,4 kg (se asume mitad cordero y mitad capón)

Información para el cálculo

- Consumo cordero: 0,3 kg/MS/día
- Peso cordero antes de faena: 20 kg
- Peso cordero al gancho: 12 kg
- Consumo ovino: 1,36 kg./MS/día (oveja de cría, promedio anual)
- Consumo capón: 0,92 kg./MS/día (capón Merino de 40 kg de peso)
- Peso capón antes de faena: 40-45 kg
- Peso capón al gancho: 20-22,5 kg
- Rendimiento promedio MS/ha de un campo en la estepa: 200 kg (se aprovecha el 50%)
- Capacidad de carga de un campo en la estepa: 1 oveja cada 3-4 has.
- Rendimiento promedio MS/ha en un mallín: 2000 kg (se aprovecha 70%)
- Capacidad de carga de un campo en mallín: 12 ovejas/ha.

Cantidad de materia seca que consume hasta la faena a los 4 meses (no se consideran los 10 primeros días): 0,3 kg * 110 días: 33 Kg MS/cordero * 64 corderos (viene de dividir 1526 por 2 y luego por 12 kg, que son los que tiene un cordero faenado) = 2112 kg MS

Cantidad de materia seca que consume hasta la faena a los 4 años: 0,92 kg * 1460 días = 1393 Kg MS/capón * 34 capones (viene de dividir 1526 por 2 y luego por 22,5 kg, que son los que tiene un capón faenado) = 47362 kg MS

Consumo MS corderos + capones = 2112 kg + 47362 kg = 49474 kg

HE_{ovina} estepa: 24737 kg/100 kg/ha ≈ 247 ha

HE_{ovina} mallín: 24737 Kg/1400 kg/ha ≈ 18 ha

He_{ovina} total = HE_{oe} + He_{om} = 247 ha + 18 ha = **265** ha

Procedimiento para el cálculo de la Huella Ecológica de la Vivienda

Para cada ítem de consumo, un análisis detallado incluye todos los recursos englobados que van a la producción, uso y disposición de ese ítem. La "energía incorporada" y los recursos se refieren en tal contexto a las cantidades totales de energía y al material que son usados durante el ciclo de vida de un determinado ítem de consumo para su elaboración, traslado y disposición. En el caso de la Huella Ecológica de la Vivienda de la Villa Futalaufquen, su cálculo se basó en la

determinación de las cantidades de los materiales principales involucrados en su construcción y de las magnitudes de energía necesarias para fabricar dichos materiales. La información básica proporcionada por personal del Cuerpo de Guardaparques consistió en porcentajes de los elementos constituyentes –madera, chapa, material (que a los efectos del cálculo se desagregó en ladrillos y cemento)- y la superficie en metros cuadrados de todas las edificaciones que en su conjunto componen el casco urbano de la Villa.

La emisión de CO_2 como consecuencia del uso energético para la producción de los materiales se calculó mediante dos procedimientos: a) el primero de ellos se centró en obtener las cantidades totales –es decir, para todas las edificaciones existentes en la Villa- de los principales materiales constructivos y a partir de tales cantidades averiguar la energía eléctrica y térmica involucrada en los procesos de fabricación de dichos materiales; b) el restante procedimiento consistió en afectar directamente a las cantidades de combustibles fósiles (gasoil, fueloil y gas natural) -intervinientes en la generación de energía eléctrica y térmica- por los factores de emisión de CO_2 de tales combustibles.

Procedimiento para el cálculo de la Huella Ecológica del Transporte

En el caso del transporte, el procedimiento consiste en transformar el consumo total anual de combustible en toneladas de CO_2 o de carbono equivalente y posteriormente en hectáreas de bosque que funcionalmente actúen como sumideros de dicho gas. La información básica para este cálculo provino de dos fuentes: 1) un detalle del gasto de combustible para el año 2010 de la flota de vehículos del Parque en relación con el personal afectado a la Villa y 2) el consumo de combustible de los vehículos particulares a partir de una consulta realizada a los habitantes de la Villa sobre la cantidad de kilómetros recorridos mensualmente y la marca y modelo de vehículo del que disponían en cada caso.

Una vez obtenidos los consumos anuales por tipo de combustible (nafta y gasoil) se convirtieron a valores de energía (en este caso terajulios equivalente a un trillón de julios)[1], luego a toneladas de CO_2 emitidas y finalmente se calcularon las hectáreas de bosque necesarias para absorber tales emisiones.

Procedimiento para el cálculo de la Huella Ecológica de Servicios

En esta etapa de la investigación no se han recabado aún datos sobre bienes, entre los que habitualmente se computan en valores de peso (kg) prendas de vestir de algodón, lana o sintéticas, productos durables de papel (libros) y productos higiénicos de papel (servilletas y papel higiénico, por ejemplo), herramientas y piezas de metal, cuero, productos plásticos y fotos, porcelana, vidrio, productos

[1] Un julio es la medida física para trabajo. Corresponde al trabajo de levantar un kg a una altura de 10 cm. Puede también usarse para medir la energía calórica. Una kilocaloría equivale a 4,1868 kilojoules (Fuente: Wackernagel y Rees, op. cit.).

higiénicos y de limpieza y cigarrillos. Si se consideraron, en cambio, una serie de servicios tales como teléfono, asistencia médica, entretenimientos y educación, pues se consultó a los pobladores sobre el gasto mensual en tales rubros. Para el cómputo se empleó una sección de la planilla de cálculo especialmente diseñada por Wackernagel y col., (2000), en la cual se indican los valores de los factores de conversión de intensidad de energía estimada de cada servicio en relación con su costo (en KW/$) que estos autores calcularon como promedio para calcular el consumo domiciliario. Por este motivo se formula la advertencia que el cálculo de esta Huella para las situaciones locales debe perfeccionarse con factores de conversión propios.

Procedimiento para el cálculo de las superficies bioproductivas locales

La determinación de la superficie bioproductiva local para la producción de pastos para ser consumidos como forraje se ciñó al análisis de un relevamiento existente de pobladores en las inmediaciones de la Villa -dentro de la zona de Reserva del Parque- y a coberturas catastrales en entorno SIG que fueron proporcionadas por personal del área técnica del Parque Nacional.

Dentro de la Reserva del Parque Nacional Los Alerces, donde se halla la Villa Futalaufquen, existen en la actualidad aproximadamente 30 poblaciones, cuya actividad es la ganadería, la que se realiza de acuerdo a los modelos tradicionales en la región, de pastoreo extensivo estacional de veranadas e invernadas sobre pasturas naturales inducidas por el hombre en áreas originalmente boscosas (Parque Nacional Los Alerces, 2011). Si bien el área afectada al uso ganadero abarca una superficie aproximada de 22.000 has, con una carga total de 1000 a 1200 animales mayores y 1700 menores, esto no representa una apropiación efectiva de dicha superficie a este uso, sino que debe interpretarse como un ejercicio de territorialidad por parte de los pobladores (Martín, op. cit.). Es éste un aspecto que adquiere enorme relevancia al momento de identificar las áreas bioproductivas de la Villa, pues una de las zonas más importantes en términos de la concentración de la actividad ganadera es el sector conocido como El Maitenal, a unos 4 km de este espacio urbanizado, por lo que puede asumirse como formando parte del área bioproductiva de la Villa.

En cuanto a la superficie para la producción de otros alimentos distintos de la carne, tales como frutas y verduras, se indagó a los habitantes acerca de la producción doméstica, de modo que pudieran indicar si en su terreno o en las proximidades de su vivienda se producía ¼, ½, ¾ o la totalidad de un determinado tipo de alimento.

En relación con el área para el abastecimiento de productos forestales, si bien se trata de una región boscosa por excelencia, se debe ser sumamente cauto, pues la Villa se halla dentro de un Parque Nacional. Por ende, la presencia de áreas de bosque se contabilizó en términos de la producción de leña y de aquella necesaria para la obtención de la madera para la construcción de las viviendas con predominio

de este material. Los datos del consumo de leña fueron suministrados por el equipo técnico del Cuerpo de Guardaparques.

Resultados

La Huella Ecológica que se ha estimado para la Villa Futalaufquen tiene un carácter necesariamente preliminar, porque es indispensable perfeccionar los procedimientos de cálculo para sensibilizar el análisis incorporando, por ejemplo, el impacto del transporte de alimentos, teniendo en cuenta que a excepción de algunas verduras de hoja y hortalizas, la totalidad de los productos alimenticios provienen de mercados extralocales. Como se ha señalado, es también preciso generar la información para calcular la Huella de los bienes y generar factores de conversión locales para los procedimientos de estimación de la Huella de los servicios.

Huella Ecológica de Alimentos

La "tierra de alimento" se apropia, para ser satisfecha, de la "tierra de cultivo". En este caso, sobre la base de los alimentos seleccionados por cada Categoría Alimenticia (CA) (Tabla 1), que representan un porcentaje igual o mayor del 60% de los productos consumidos por la población de la Villa por Categoría, se han determinado las huellas particulares para cada producto, cuya suma revela la Huella de los Alimentos de la Villa aunque no refleja completamente la verdadera "apropiación" de áreas de cultivo, pues se han considerado 29 de los 66 productos alimenticios que incluye la Encuesta, si bien el grupo considerado representa, en promedio, 77% del consumo total.

Tabla 1. Huella Ecológica de Alimentos de Villa Futalaufquen (VF) para el año 2010.

Producto	Consumo Encuestados (kg)	Porcentaje sobre total en la CA	Consumo promedio VF (hab/año)	Consumo promedio país (hab/año)	HE VF (ha)
Verduras (Kg)					
1) Papa	150	19	36	87	0,2
2) Cebolla	117	15	28,08	11,6	0,15
3) Zanahoria	109	14	26,16	8,8	0,14
4) Zapallo	108	13	25,92	3,5	0,14
5) Tomate	76	9	18,24	26	0,055
6) Lechuga	50	6	11,88	4,5	0,126
7) Batata	42	5	10,08	3	0,063
Subtotal	652	**81**			**0,874**
Frutas (Kg)					
8) Banana	116	16	27,84	12	0,13
9) Manzana	112	15	26,88	8	0,12
10) Naranja	110	15	26,4	1,6	0,22
11) Mandarina	80	11	19,2	6,5	0,17
12) Pomelo	64	9	15,36	10,4	0,095

Tabla 1. Continuación.

Producto	Consumo Encuestados (kg)	Porcentaje sobre total en la CA	Consumo promedio VF (hab/año)	Consumo promedio país (hab/año)	HE VF (ha)
13) Pera	46	6	11,04	3,5	0,045
Subtotal	528	**72**			**0,78**
Carnes (Kg)					
14) Vaca	162	43	38,88	65	66
15) Pollo	90	24	21,6	34,5	0,5
16)Cordero /Capón	60	16	14,4	0,9	265
Subtotal Carnes	312	**83**			**331,5**
Lácteos 1 (l)					
17) Leche	214	80	51,36	29	2,46
18) Yoghurt	53	20	12,72	13	0,61
Lácteos 2 (kg)					
19) Queso	62	70	14,88	11,1	7,14
Subtotal					**10,21**
Harinas/Cereales (kg)					
20) Harina	110	24	26,4	80	1,86
21) Pan	103	22	24,72	70	1,73
22) Fideos	76	16	18,24	7	1,26
23) Arroz	56	12	13,44	65	0,31
Subtotal	345	**74**			**5,16**
Aceites (l)					
24) Girasol	35	40	8,4	8,8	1,43
25) Oliva	23	26	5,52	0,25	1,07
Subtotal	58	**66**			**2,5**
Endulzantes (kg)					
27) Azúcar	45	91	10,8	39,27	**0,2**
Bebidas (l)					
28) Cerveza	278	45	66,72	37	0,64
29) Vino	88	15	21,12	24	0,118
Subtotal	366	**60**			**0,758**
Total HE Alimentos					**351,98**

Para el cálculo de la HE de las bebidas alcohólicas se tuvo en cuenta que en función de las encuestas, 30% de la población estable está compuesto por niños, por lo que se aplicó este factor de descuento al número total de habitantes. En el Anexo I se detallan todas las fuentes bibliográficas de las que se obtuvieron los promedios nacionales de consumo por habitante y aquellas que proporcionaron los rendimientos promedios nacionales de los distintos productos alimenticios considerados, a partir de los cuales se calcularon los valores de Huella.

Huella Ecológica de la Vivienda

Esta Huella corresponde a la categoría de tierra construida y su equivalente de área de terreno es la tierra consumida, es decir, una tierra que no está disponible para otros usos. Como se ha señalado, la Villa se extiende sobre un área de 32 hectáreas, pero la superficie efectivamente construida sólo cubre 4800 m^2, es decir, menos de media hectárea. En la tabla 2 se presentan los valores en toneladas de las cantidades aproximadas de materiales que fueron necesarias para construir las viviendas, así como las energías eléctrica y térmica que demandaron los procesos de fabricación de tales materiales.

Tabla 2. Cálculo del requerimiento de energía para la fabricación de los materiales de construcción de las viviendas de la Villa Futalaufquen.

Material	Cantidad (ton)	Energía (KWh/ton)			Energía total por tipo de material (KWh)
		eléctrica	térmica	Total	
Madera	87	43		3781	3781
Ladrillo	326	7375	606	7981	2601806
Cemento	354	130		46020	46020
Chapa	37	93	2926	3019	110646
Total	**804**	7641	3532	60801	**2762253**

Esta energía total por tipo de material es la energía que fue usada para su manufactura, aun cuando cabría considerar aquella involucrada en su transporte y disposición, que no se contabiliza en este cálculo. Esta energía se convierte a valores de emisión de CO_2 con el propósito de poder determinar la Huella energética, o lo que es lo mismo, la superficie de terreno de bosques necesaria para absorber las emisiones de CO_2 (Tabla 3).

Tabla 3. Huella energética de la vivienda en la Villa Futalaufquen según los valores de emisión de la energía destinada a fabricar los materiales.

Material	Energía Total (GJ)	Factores de emisión (t CO_2/ton material)	Emisión CO_2 (ton)	Huella energética (Ha bosque)
Madera	13612			
Ladrillo	9366502	0,27[2]	88,0	49
Cemento	165672	0,43[3]	152,2	85

[2] Zabalza Bribián I., A. Aranda Usón, S. Scarpellini. 2009. Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. Building and Environment 44 (12):2510-2520.

[3] Fundación Bariloche. 2005. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina. Tomo II, p. 176.

Tabla 3. Continuación.

Material	Energía Total (GJ)	Factores de emisión (t CO_2/ton material)	Emisión CO_2 (ton)	Huella energética (Ha bosque)
Cemento	165672	0,43[4]	152,2	85
Chapa	398327	1,13[5]	41,4	23
Total	**9944112**		281,7	**156**

El valor 9994112 GJ (Gigajulios=10^9 julios) es la energía que demandó fabricar los materiales básicos para construir las viviendas en la Villa Futalaufquen. Pero la relación tierra a energía no debe computarse para un solo año sino que cabría considerar el valor en superficie compartimentalizado en tantos años como tiempo de existencia tiene la Villa (alrededor de 60 años), aun considerando que no todas las viviendas y edificios se construyeron simultáneamente.

Simultáneamente se determinaron los valores de emisión de CO_2 y la correspondiente Huella energética usando los coeficientes de emisión de los combustibles fósiles para generar la energía eléctrica y térmica (Tabla 4).

Tabla 4. Huella energética a partir de los valores de emisión del combustible fósil con el cual se produjo la energía para fabricar los materiales de las viviendas.

Clase de combustible	Factores de emisión	Emisión CO_2 (ton)	Huella energética (Ha bosque)
Gasoil	3,176 tCO_2/ton[6]		
Fueloil	3,197 tCO_2/ton[9]	234	130
Gas Natural	1,951 tCO_2/dam^3 (9)	377	209
Total			**339**

Nota: dam^3 (decámetro cúbico) equivale a 1000 m^3.

El 56 % de la generación de energía eléctrica en Argentina es aportado por el sistema térmico, mientras que el 44 % restante es aportado por el sistema hidroeléctrico (38%) y nuclear (6%), en lo que se denomina generación de bajo costo (Secretaría de Energía, 2009). En Argentina, la contribución de CO_2 por parte del sistema de generación eléctrico es baja debido a la eficiencia del parque generador y al uso de gas natural, que representa 72% del combustible utilizado en 2008. Sin

[4] Fundación Bariloche. 2005. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la República Argentina. Tomo II, p. 176.
[5] Idem anterior, p. 194.
[6] Secretaría de Energía de la Nación. 2009. Cálculo del factor de emisiones de CO2 de la Red Argentina de Energía Eléctrica. Año 2009.

embargo, el uso creciente de combustibles líquidos y sólidos aumenta las emisiones de CO_2 por energía eléctrica generada (Gil Vidal, 2008).

Aún cuando la contribución del sistema eléctrico a la generación de CO_2 es comparativamente baja, a los efectos de cómputo de Huella deben considerarse los valores de superficie en conjunto, pues las emisiones acontecen simultáneamente. Sin embargo, dado que el consumo energético para la fabricación de los materiales no se produjo en una única oportunidad pero tampoco corresponde segmentarlo en un período de 60 años, se considera a los efectos de la estimación de la Huella total el valor de huella energética de la construcción de los materiales indicado en la Tabla 3. En el Anexo II se detallan todas las fuentes bibliográficas de las que se obtuvieron los valores para el cálculo de la Huella de la Vivienda.

Huella Ecológica del Transporte

El impacto del transporte se ve también reflejado en la Huella energética, y es el que está más estrechamente relacionado con el consumo de energía fósil. En el caso de la Villa Futalaufquen se han computado los consumos por un uso laboral del cuerpo de Guardaparques y aquellos de los residentes para uso particular, consistentes generalmente en traslados a las comunidades cercanas (Tabla 5).

Tabla 5. Huella energética del transporte terrestre por uso oficial y privado de vehículos en el año 2010.

Clase Combustible	Consumo anual (lt)	Consumo energético		Emisión (TCO_2/TJ)	Huella energética (Ha bosque)
		(en MJ)	(en TJ)		
Nafta	73976	2589160	2,59	179,43	99,68
Gasoil	21300	745500	0,75	55,24	30,69
Total	95276	3334660	3,33	234,67	**130,37**

Factores de emisión de CO_2 del combustible[7]: Nafta: 69,30 tCO_2/TJ; Gasoil: 74,10 tCO_2/TJ
Megajulio (MJ): 10^6 julios; Terajulio (TJ): 10^{12} julios

Huella Ecológica de Servicios

Si bien los servicios se consideran a menudo como esencialmente “no materiales”, se mantienen también con flujos de energía y materiales. La transmisión de información requiere energía y transportadores físicos tales como papel o cables y para hacerlo accesible la gente necesita interfases materiales tales como pantallas y radios (Wackernagel y Rees op. cit). Los servicios considerados en el caso de la Villa y su Huella de energía se presentan en la Tabla 6.

[7] Davies Waldron C., J. Harnisch, O. Lucon, R. S. Mckibbon, S. B. Saile, F. Wagner, M. P. Walsh. 2006. Combustión móvil: Generalidades. Capítulo 3, p. 3.16. Directrices del IPCC para inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Tabla 6. Huella energética de los servicios de los habitantes de la Villa Futalaufquen para el año 2010.

Servicios	Consumo mensual familiar ($)	Consumo Anual familiar ($)	Consumo anual VF ($)	Huella energética (m^2/KJ/año)
Teléfono	141	1692	59.220	60.054
Asistencia médica	226	2712	94.920	24.064
Entretenimiento	275	3300	115.500	117.127
Educación	197	2364	82.740	41.953
Total	839	10068	352380	**24.3198**

Nota: Basada en la versión 2.0 de la Planilla de cálculo de la Huella Ecológica Doméstica de Wackernagel y col. (2000). Se expresan los valores en m^2 en lugar de hectáreas para respetar el formato original de las unidades. KJ: Kilojulio, equivalente a 10^3 julios.

Superficies bioproductivas locales

Las superficies bioproductivas presentan en el caso de la Villa Futalaufquen un reto que no resulta sencillo enfrentar. Como se ha indicado, la Villa se extiende sobre un área de 32 hectáreas, la que principalmente consiste en terrenos de que disponen las viviendas y espacio abierto sin límites artificiales, que los residentes y visitantes utilizan como ámbitos recreativos, aunque no estén especialmente destinados a este fin. Tal podría considerarse entonces la superficie bioproductiva "neta" de la Villa, aunque en ella no se realizan cultivos para la producción de alimentos ni se cría ganado, aspectos sobre los que se indagaba en la Encuesta de Alimentos. En cuanto al área para la producción ganadera, existen en las proximidades de la Villa, en el paraje conocido como "El Maitenal", distante 4 km, explotaciones pecuarias de carácter extensivo en campos de invernada y veranada realizadas por ocupantes que habitan estos territorios en algunos casos desde hace varias décadas. La estimación del área *efectivamente* útil para el pastoreo del ganado, es decir, de producción de pastos, resulta siempre muy dificultosa, pues no existen en general apotreramientos y el ganado se mueve con bastante libertad sobre superficies muy amplias. Pero además cuenta el hecho que la población de la Villa Futalaufquen no se abastece de carne de animales que pastan en estos campos, sino que la compra en comercios que, casi sin excepción, traen la carne de mercados extraregionales. Es pues una superficie que podría computarse como área bioproductiva potencial para la producción de pastos, pero de la que la población de la Villa no se apropia concretamente para el consumo cotidiano.

Finalmente, la superficie boscosa genera otra dificultad, pues la Villa está emplazada en un área forestal por excelencia, por tratarse de un Parque Nacional en la región de los bosques andinopatagónicos. Entonces, si bien en lo que hace al uso para la obtención de productos forestales las extracciones se limitan a leña para consumo, subproductos de bosques de ciprés de la cordillera para uso interno (varas y postes), madera rolliza de individuos muertos de ciprés que se otorga a empleados de la

APN y extracciones de especies exóticas dentro de propiedades privadas o áreas de ocupación (Parque Nacional Los Alerces, op. cit.), se podría aseverar que no existe un límite en términos de cantidad de hectáreas de bosque para actuar como sumideros de CO_2, es decir, la superficie considerada como "energía" o que se apropia de la huella energética excede con creces aquella necesaria para captar las emisiones de CO_2 de la población actual.

Aproximación a la Huella Ecológica de la Villa Futalaufquen

Se presenta una matriz que integra las categorías de consumo con las de áreas productivas (Tabla 7).

Tabla 7. Matriz de superficies apropiadas por categoría de consumo para la Villa Futalaufquen en el año 2010 ("apropiadas" se refiere a utilizadas).

Categorías consumo (Ha)	Categorías Bioproductivas (Ha)				
	Agrícola	Pastos	Bosques	Superficie Construida	Energía
Alimentos	20,5	331,5			
Vivienda			10,8	0,5	156
Transporte					130
Bienes					
Servicios					24,3
Total					**649,3**

Nota: Se incluye la categoría "Bienes" en la tabla 7 a los efectos de mostrar todas las categorías de consumo y de productividad, aún cuando como se indicó no fue considerada en el cómputo de la Huella por carecer de datos en esta etapa.

A efectos de caracterizar cuantitativamente el déficit ecológico de la Villa, se considera que, aún sin haber precisado la superficie "disponible" de área forestal, ésta es suficiente para cubrir los requerimientos de provisión de madera (para construcción y leña) y absorber las emisiones de CO^2. Por lo tanto, el consumo de los habitantes de la Villa en las categorías "Alimentos" y "Servicios" requiere disponer de una superficie anual de producción de 376,3 hectáreas (resultante de sumar la superficie agrícola, de pastos y de energía, esta última para los servicios). Al disponer de una superficie efectiva de 31,5 hectáreas (resultante de restar la superficie construida a la superficie "total" en la que se extiende el poblado), el **déficit ecológico** de la Villa es de 344,8 hectáreas, equivalente a casi 11 veces la superficie actual.

La superficie para la disposición de residuos no fue incluida en el cálculo porque la basura que se genera en la Villa se transporta y depone en la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos de la ciudad de Esquel. No obstante, según la información que obtuvimos a partir de las encuestas, los habitantes de la Villa producen casi 12 toneladas anuales de residuos orgánicos y aproximadamente 38%

de las familias convierte esos residuos en abono en lugar de desecharlos. La producción de residuos inorgánicos, por su parte, es del orden de una tonelada por año.

Discusión

Sobre el uso del capital natural "local"

Como se ha señalado, al no tener la Villa una delimitación estricta en términos de ejido, como sí la tienen los municipios, los límites de un área bioproductiva que le sea propia se tornan difusos. Pero asumiendo que se han tomado los recaudos para sensibilizar el análisis en este aspecto, los resultados ponen de manifiesto que cada habitante de la Villa Futalaufquen "imprime" al medio natural una Huella de 3,55 hectáreas, cuando dispone efectivamente de 0,3 hectáreas. Con tal perspectiva, la capacidad de carga del territorio, -entendiendo por tal la máxima población o el máximo consumo que puede soportar un hábitat determinado sin que se altere de forma permanente su productividad- se ve ampliamente sobrepasada, circunstancia que asume una connotación preocupante por tratarse de un asentamiento dentro de un Parque Nacional. No llama tanto la atención, sin embargo, en términos de sobrecarga ecológica, pues prácticamente sin excepción, los ejemplos de cálculo de la Huella para numerosas ciudades en todos los continentes demuestran que dicha sobrecarga, en algunos casos dramática, se trata de la regla.

Pero dado que se espera que gradualmente el proceso de participación de la comunidad posibilite que se vaya asumiendo una actitud de educación ambiental, un propósito central de toda esta tarea es lograr que se asiente una huella educativa o impronta de conocimiento, en el sentido de que toda o gran parte de la población logre apreciar y dimensionar las presiones que el estilo de vida del que disfruta impone al sistema natural y las consecuencias que a mediano plazo cabe esperar de tal comportamiento, y que ello conduzca a la modificación de pautas y hábitos que, con gradualidad y sobre todo con convicción, podrían tornar a otros más equilibrados y sensatos en términos de resguardar el capital natural, entendiendo por tal al conjunto de reservas naturales que garantiza un flujo de bienes y servicios hacia el futuro (Rees, 1996).

Sobre el planteo metodológico

Como certeramente señalan Wackernagel y Rees (op. cit.) estimar la Huella Ecológica de una población dada es un proceso de múltiples estadíos. En el caso de esta estimación sobre una pequeña población situada en un Parque Nacional en la región andino patagónica, la principal finalidad ha sido la gestación de un proceso de desarrollo de una metodología que admita ajustes graduales y ulteriores perfeccionamientos, para disponer de un instrumento que, al tiempo que permita captar las particularidades de las comunidades locales respecto del uso de su entorno natural, pueda estandarizarse para ser aplicado en la forma de una solución tecnológica en otras poblaciones de escalas desde pequeñas hasta medianas en

cuanto al número de habitantes. Las particularidades que le confieren un carácter innovador a esta propuesta metodológica son esencialmente las siguientes: a) la construcción de los conjuntos de datos para los cálculos de las Huellas específicas y de las áreas bioproductivas, b) la deducción de factores locales (nacionales) de conversión para el cálculo de la huella energética y c) la proposición de mecanismos para el involucramiento de la población local de manera que pueda ir consustanciándose con la herramienta mientras se está obteniendo la información para su cálculo y se torne más factible el acompañamiento posterior para adoptar nuevas formas de utilizar el capital natural.

No existen experiencias de esta clase en Argentina. La Huella Ecológica, tanto en un plano conceptual como en uno de aplicación práctica tiene pocos antecedentes de utilización. Su aplicación a poblaciones, por ejemplo, se ha dado para las ciudades de Tandil y Azul (Alvarez, 2004; Guerrero y Guiñirgo, 2008) en ambos casos como trabajos de corte académico sobre la base de información secundaria. Pero existen indicios alentadores: el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) comenzará a difundir mediciones locales y estimaciones internacionales de la Huella Ecológica, tras haber sido admitido recientemente (en septiembre de 2010) en la Global Footprint Network. La Fundación Vida Silvestre Argentina, por su parte, presenta en su sitio web al indicador y tiene un enlace con el Fondo Mundial para la Naturaleza que permite realizar un test online para conocer la Huella Ecológica individual.

Como se ha puesto de manifiesto en el desarrollo de este trabajo, hay numerosos aspectos que deben mejorarse en los aspectos que se proponen como innovadores en el plano metodológico. La construcción de los conjuntos de datos, esto es, las tareas para obtener información primaria, requiere diseñar encuestas de mayor detalle para captar particularidades del transporte, de bienes y de servicios, así como mejorar la Encuesta de los Alimentos y los cuestionarios para acceder a información más precisa, con base en estandarizaciones, de tipos constructivos.

La inferencia de factores locales de conversión requiere indispensablemente de mejores –en el sentido de más consistentes- estadísticas nacionales y provinciales. La indagación de los valores de consumo promedio nacional por habitante de cada uno de los productos alimenticios seleccionados para el cálculo de la Huella Ecológica de los Alimentos, por ejemplo, así como de los rendimientos promedios nacionales por hectárea de tales productos puso de manifiesto las serias deficiencias que existen en torno a la disposición y fiabilidad de tal información en el ámbito nacional. Ha significado un esfuerzo en algunos casos ciclópeo hallar alguna fuente confiable de información, debiéndose recurrir en no pocos casos a investigaciones, si bien sobre Argentina, en idioma inglés, al no haber hallado, luego de exhaustivas pesquisas, datos serios en los organismos nacionales específicos.

En lo que respecta al tercer aspecto de innovación, es indudable que para comunidades de pequeña y mediana escala, la colaboración y participación de la comunidad es tanto un resultado como un requerimiento para que el proceso llegue

a buen puerto. Con la perspectiva de la Investigación-Acción-Participativa –IAP- (Ramírez Escobar, 2006), la meta es que la comunidad vaya siendo la autogestora del proceso, se apropie de él, y tenga un control operativo (saber hacer), lógico (entender) y crítico (juzgar) de él.

Estos aspectos son los que, en gran medida, hacen que la propuesta metodológica que se esboza en este trabajo no conciba a la Huella Ecológica como un punto de llegada sino, por el contrario, como una **plataforma de salida** para poder tornar hacia modalidades de consumo alternativas que resulten más ecoeficientes.

Bibliografía

Álvarez E. 2004. Huella Ecológica de la Ciudad de Azul. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Tandil.

Fernández Montoni, M.V., A. Monjeau, J. Marquez, S. Nazar Anchorena. 2007. Diagnóstico del Parque Nacional Los Alerces. Serie de Perfiles de Parque. ParksWatch - GreenVest (http://www.greenvest.org/publications/pdf/arg_lonp.pdf).

Guerrero E., Guiñirgo F. 2008. Indicador espacial del metabolismo urbano. Huella Ecológica de la ciudad de Tandil, Argentina. Revista Iberoamericana de Economía Ecológica (9): 31-44.

Gil Vidal F. 2008. Generación de energía eléctrica y emisiones de CO_2. Unidad para el Desarrollo energético Sustentable. Subsecretaría de Promoción del Desarrollo Sustentable. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Jefatura de Gabinete de Ministros. Curso de Capacitación. 20 pp.

Martín G. (Coord.). 1997. Plan Preliminar de Manejo del Parque Nacional Los Alerces. Administración de Parques Nacionales. 87 pp.

Parque Nacional Los Alerces. 2011. Plan de Protección contra Incendios Forestales 2010-2011. Departamento Incendios, Comunicaciones y Emergencias, Departamento de Conservación y Manejo. Documento Interno de Trabajo, 41 pp.

Ramírez Escobar G. 2006. Investigación Acción Participativa. División de Investigaciones, Universidad de la Gran Colombia (http://www.universitas.net.ve/biblioteca/datatres/iap.ppt).

Rees W. 1996. Revisiting carring capacity: area-base indicators of sustainability. Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies 17(3):195-215.

Wackernagel M., R. Dholakia, D. Deumling, D. Richardson. 2000. Assess your Household´s Ecological Footprint. Redefining Progress, v. 2.0.

Wackernagel M., W. Rees. 1996. Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth. The New Catalyst, Bioregional Series 9, New Society Publishers, Gabriola Island, BC, 160 pp.