

DISEÑO DE UN PROGRAMA INFORMÁTICO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LOS ALIMENTOS.

Computer program designing to calculate the Ecological Footprint of Food.

Francisco Carabelli, Ivana Rojas, Juan Andrés Alonso,
Marcos Menger, Carlos Alfredo Baroli

ARGENTINA

Resumen

Se presenta el proceso de diseño de un programa informático para calcular la Huella Ecológica de los Alimentos, cuyo propósito es proponer una herramienta útil, en especial para conocer el consumo alimenticio de una comunidad y planificar acciones de producción local de alimentos. Se describen los pasos para elaborar el programa, apoyados en la arquitectura orientada a servicios. Esta primera versión cuenta con módulos de etiquetación, creación de encuestas, parametrización de productos, carga de datos, verificación de datos, cómputo de la huella ecológica y generación de informes. El programa se aplicó en una ciudad de mediana escala, noroeste de la provincia de Chubut, en la Patagonia andina argentina. Los resultados, si bien son preliminares, dan cuenta de que el programa puede ser un aporte valioso para alcanzar los fines previamente mencionados.

Palabras clave: Huella Ecológica, alimentos, escala municipal, software de cálculo.

Abstract

Its presents the process of designing a computer program to calculate the Ecological Footprint of Food, whose proposes a tool useful, in special to meet the food consumption of a community and to plan actions for local food production. The steps to develop the program, which is supported by the Service-Oriented Architecture, are described. This first version includes labeling modules, surveys design, product parameterization, data loading, data verification, ecological footprint calculation and reporting. The program is applied in a city of medium scale of Northwest of the province of Chubut, in the Patagonia andina argentina. The results, although they are preliminary, realizes that the program can be a valuable contribution for the purposes previously mentioned.

Keywords: Ecological Footprint, food, municipal level, calculation software.



Francisco Andrés Carabelli es Ingeniero Forestal de la Universidad Nacional de La Plata; Doctor en Ciencias Forestales por la Universidad Ludwig-Maximilian de Munich, Alemania. Coordinador del Equipo Académico-Técnico de la Huella Ecológica de pequeñas y medianas comunidades. <http://www.lahuellaecologica.com.ar>. Autor y coautor de numerosas publicaciones. Actualmente es Profesor regular de la carrera de Ingeniería Forestal, en la Sede Esquel de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco.

contacto: francisco.carabelli@gmail.com



Projeto de um programa de computador para o cálculo da Pegada Ecológica dos Alimentos.

Resumo

Apresenta o processo de concepção de um programa de computador para calcular a Pegada Ecológica de Alimentos, cuja finalidade é propor uma ferramenta útil conhecer consumo alimentar de uma comunidade e planejar ações de produção local de alimentos. Descreve as etapas para o desenvolvimento do programa, apoiado pela arquitetura orientada a serviços. Esta primeira versão inclui módulos de rotulagem, criação de pesquisas, parametrização de produtos, carregamento de dados, verificação de dados, o cálculo da pegada ecológica e relatórios. O programa foi aplicado em uma cidade de média dimensão, noroeste da província de Chubut, na Patagônia Andina Argentina. Os resultados, embora preliminares, percebem que o programa pode ser uma valiosa contribuição para a consecução dos fins acima referidos.

Palavras-chave: Pegada Ecológica, alimentos, nível municipal, software de cálculo.

Introducción

La consideración del desarrollo únicamente o casi exclusivamente como un proceso de transformación física y económica del territorio y no como un proceso *a la medida humana* (en el sentido propuesto por Max-Neef, Elizalde, Hopenhayn, 1994:30) es el factor predisponente de



Ivana Soledad Rojas Córscico es Ingeniera en Sistemas de Información de la Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba, Argentina. Administradora de laboratorio de computación del Instituto Superior de Educación Tecnológica N° 812. Profesora de Informática en las Escuelas N° 713 y N° 708. Asistente técnico del Instituto Superior de Formación Docente N° 804. Integrante del Equipo Académico-Técnico de la Huella Ecológica de pequeñas y medianas comunidades.

Contacto: ivana.rojas@hotmail.com

Juan Andrés Alonso es Analista Programador del Colegio Universitario IES Siglo 21, Córdoba, Argentina. Administrador de Red del Instituto Superior de Formación Docente N° 804, Esquel Chubut. Administrador de Laboratorios de informática de distintos colegios en la Provincia de Chubut e integrante del Equipo Académico-Técnico de la Huella Ecológica de pequeñas y medianas comunidades.

Contacto: juan_a_alonso@hotmail.com

Marcos Menger es estudiante avanzado de Ingeniería Forestal en la Sede Esquel de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco; técnico del Departamento de Estadística y Control de la Información de la Subsecretaría de Bosques de la Provincia de Chubut e integrante del Equipo Académico-Técnico de la Huella Ecológica de pequeñas y medianas comunidades.

Contacto: mengerm@gmail.com

Carlos Baroli es Licenciado en Economía de la Universidad Nacional de Buenos Aires, Coordinador Alterno del Equipo Académico-Técnico de la Huella Ecológica de pequeñas y medianas comunidades. Delegado Zonal en la Sede Esquel de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB). Actualmente es Profesor regular de la Facultad de Ciencias Económicas y de la Facultad de Ingeniería en la Sede Esquel de la UNPSJB.

Contacto: cbaroli@economicas.unp.edu.ar





la ocurrencia de desequilibrios, disparidades y esencialmente de una no-consideración de la dimensión humana. En este contexto, otorgar calidad de vida a un territorio se revela como un proceso de múltiples facetas y de gran complejidad, dentro de un amplio espectro de desafíos cuyos extremos podrían ser, por un lado, los de mejorar las condiciones de base a aquellos sectores de la población que están sumidos en situaciones de precariedad y, por el otro, garantizar la permanencia del capital natural -entendiendo por tal al conjunto de reservas naturales que garantiza un flujo de bienes y servicios hacia el futuro (Rees, 1996:197)- del que disponen las comunidades que se asientan en dicho territorio, especialmente en sistemas territoriales en los que todavía parece viable la posibilidad de gestar y gestionar ciertos equilibrios básicos entre el medio natural y la sociedad humana.

En la provincia de Chubut, ubicada en el centro de la vasta región patagónica, la conformación de Comarcas configuró un nuevo escenario territorial, que parece traer consigo una perspectiva distinta de la gestión de las comunas y de la relación de estas entre sí y con los gobiernos provincial y nacional. Frente a una todavía incipiente pero gradualmente creciente tendencia de planificación del desarrollo y de gestación de nuevos marcos de autonomía, los gobiernos municipales parecen haber “sintonizado” con otras formas de pensar iniciativas y procesos de desarrollo (Carabelli, Demarchi, Baroli, 2008:110).

Esta realidad propone un desafiante espacio de trabajo para adaptar la huella ecológica a las condiciones de las numerosas comunidades de pequeña y mediana escala socioeconómica que hay en el país, en términos de generar la información básica para su determinación, de la que habitualmente estas comunidades carecen, de lograr la participación gradual de la población en tal proceso y de emplear los resultados no solamente para dimensionar el grado de uso –o sobreuso– del territorio, sino para poder delinear estrategias para planificar acciones de desarrollo social y productivo. Al respecto, es pertinente señalar que Wackernagel y Rees (1996: 9) concibieron este indicador para ser utilizado haciendo uso de información secundaria proveniente de estadísticas y censos de los que un país, región, provincia o comunidad puede efectivamente disponer sobre los distintos consumos, con el fin de alertar acerca del sobreuso del capital natural para satisfacer los hábitos de consumo de una comunidad cualquiera.

Tomando en consideración este propósito original, el trabajo de un equipo académico y técnico residente en la Provincia de Chubut emplea el concepto de huella ecológica para adaptarlo a las realidades y necesidades de municipios que no cuentan con la información para calcular la huella y que a su vez pueden hacer uso de esa información, cuando se ha generado, para instrumentar iniciativas de desarrollo. Con esta impronta, se ha realizado



una primera aplicación en una pequeña comunidad localizada en un Parque Nacional (Carabelli, Forti, Hessa, Mendoza, Baroli, Tabares, 2011:2), que permitió afianzar la metodología para dar continuidad a este proceso de adaptación.

Debido a las limitaciones que se mencionan previamente para disponer de toda la información que permita cuantificar de manera integral la huella ecológica de una comunidad, su cálculo puede segmentarse para que a medida que se vayan obteniendo los datos se determinen las huellas referidas a cada categoría de consumo: alimentos, vivienda, transporte, bienes y servicios. Esta es precisamente la estrategia del equipo de trabajo, pues como la información se va adquiriendo de manera muy gradual, con un gran esfuerzo que está directamente relacionado con los recursos humanos y presupuestarios disponibles, la cuantificación de los consumos y de las hectáreas bioproductivas se enfoca en una huella a la vez, por lo que en este artículo se considera únicamente a la huella ecológica de los alimentos.

Esta huella puede conceptualizarse como la superficie de tierra de donde la ciudad se apropia de recursos para su sostenimiento alimentario. Se trata de la superficie de tierra que en promedio se requiere para producir el alimento que una persona consume anualmente, multiplicado por el número de habitantes de la ciudad (Rodríguez Muñoz, 2005:224). Su estimación arroja un área abstracta que no está geográficamente delimitada.

Con este marco, este artículo tiene como objetivos específicos los siguientes: a) detallar el proceso de diseño de una herramienta informática para cuantificar la huella ecológica de los alimentos; b) aplicar esta herramienta a una población de mediana escala socioeconómica, como es el caso de la ciudad de Esquel, ubicada en el noroeste cordillerano de la provincia de Chubut, en la Patagonia de Argentina.

Metodología

El ejido municipal de la ciudad de Esquel tiene una superficie de 117.000 hectáreas, mientras que su casco urbano, en el que habitan 40.000 personas (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2011), ocupa una superficie de aproximadamente 600 hectáreas, en la que la actividad económica está principalmente vinculada con la administración pública, tanto en forma directa mediante salarios como indirecta, mayoritariamente mediante obras públicas. El turismo, con una marcada estacionalidad (invierno y verano), es una actividad que gradualmente está adquiriendo un rol dinamizador de la economía local. La actividad agropecuaria y forestal local carece de la capacidad de generar empleos en cantidad y calidad para incluir a una cantidad significativa de personas.



La metodología de modelado y diseño de software seleccionada para la creación de este programa informático es la de arquitectura orientada a servicios -SOA, por su sigla en inglés- (Microsoft Corporation, 2006: 1-21). Se trata de un concepto de arquitectura que consiste en un método de diseño de software, donde las aplicaciones de negocio se descomponen en "servicios" individuales que pueden ser utilizados independientemente de las aplicaciones de las que forman parte y de las plataformas informáticas sobre las que se ejecutan. Al poder disponer de los servicios individuales como piezas independientes, se tiene la posibilidad de integrarlos y agruparlos de maneras distintas para conseguir capacidades completamente nuevas, además de obtener una aplicación de fácil mantenimiento.

Esta arquitectura proporciona al mismo tiempo una metodología de trabajo que permite flexibilizar la manera como se opera diariamente para poder alcanzar un menor tiempo de respuesta en los procesos. Es por ello que el proyecto se puede fraccionar en distintas etapas para lograr el objetivo, que es el de disponer de una herramienta para cuantificar las huellas en cada categoría de consumo.

La tecnología que se ha utilizado para dar soporte a esta arquitectura es la de Windows Communication Foundation -WCF- (Lowy, 2007: 207-242; Resnick, Crane, Bowen, 2008: 377-395; Johnson, Madziak, Morgan, 2009: 165-181). WCF es el modelo de programación unificado de Microsoft para compilar aplicaciones orientadas a servicios. Permite compilar soluciones con transacciones seguras y de confianza, que se integran en diferentes plataformas y que interoperan con las inversiones existentes. El modelo distingue entre clientes-que son aplicaciones que inician la comunicación-y servicios-que son aplicaciones que esperan a que los clientes se comuniquen con ellos y respondan a esa comunicación-. (Figura 1).

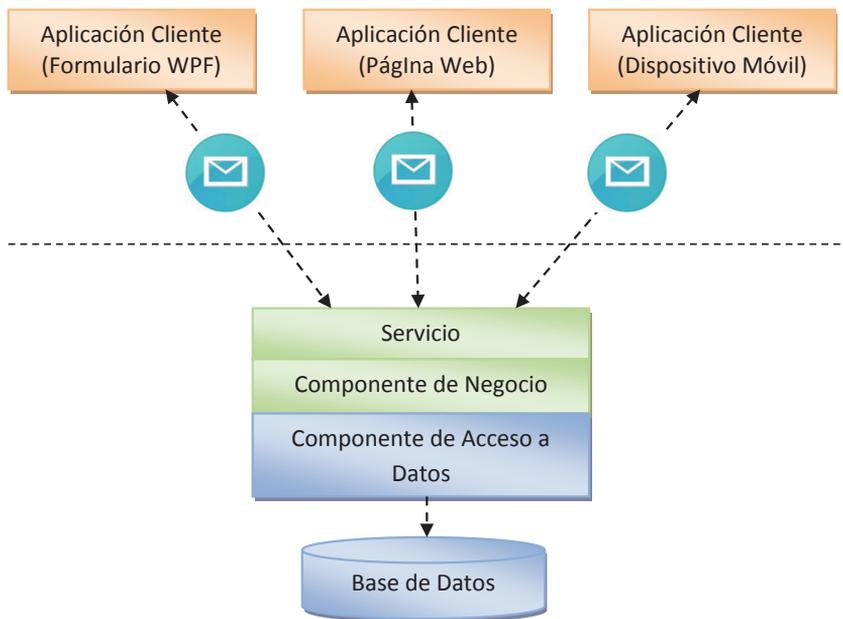
Estos servicios, a su vez, se comunican con un componente de negocio que tiene por objetivo establecer la lógica de este último y de comunicarse con el componente de acceso a datos, para consultar o almacenar los mismos en la base propiamente dicha.

La aplicación cliente cuenta actualmente con formularios Windows Presentation Foundation-WPF- (Andrade, Livermore, Meyers, Van Vliet, 2007: 111-132; Solís, 2009: 87-105), pero en un futuro podrá incluir aplicaciones móviles y web. WPF ofrece una amplia infraestructura y potencia gráfica con la que es posible desarrollar aplicaciones visualmente atractivas, con facilidades de interacción entre las que se incluyen animación, vídeo, audio, documentos, navegación o gráficos 3D.

El motor de base de datos utilizado es SQL Server 2008 (Petkovic, 2011: 212-265), que permite almacenar, procesar y proteger los datos referentes a la huella.



Figura 1. Modelo de comunicación entre aplicaciones cliente y servicio, componentes de negocio y de acceso a datos y la base de datos.



Fuente: Construcción propia

Con la perspectiva de contar con una representación espacial geográficamente referenciada, el software utiliza la tecnología de Google Maps para graficar y representar la información previamente procesada. El fundamento para ello es que las representaciones espaciales del territorio urbano y rural puedan operarse sin que sea indispensable una alta calificación técnica del usuario, teniendo en cuenta que el software se diseña con el propósito de que pueda ser utilizado a la escala municipal. Mediante la interfaz de programación de aplicaciones (API, por su sigla en inglés), se dispone de una "llave de acceso" a funciones que permiten hacer uso de manera segura de un servicio web de representación espacial que provee la empresa Google, dentro del programa informático de la huella ecológica.

Complementariamente, la vinculación del programa informático con un sistema de información geográfica libre y de código abierto tal como el Quantum GIS –*al que se accede desde el sitio www.qgis.org*–, hace factible determinar, ubicar y cuantificar las áreas bioproductivas de que dispone un territorio municipal para fortalecer o bien iniciar actividades productivas. Se establecieron como criterios generales para la determinación de las áreas con potencial productivo la pendiente, la exposición, el tipo de suelo, la cercanía relativa a zonas con agua (lagunas, arroyos, mallines) y la vocación productiva



(por ejemplo hortícola, frutícola, forrajera, forestal). En la situación específica de la aplicación al ejido de Esquel, se reunió información geográfica sobre la planta urbana, sectores de bosque nativo y de bosque plantado con especies exóticas, red vial, lagos y lagunas y límites administrativos del ejido. Se pudo disponer también de una imagen satelital de referencia Landsat TM y de un modelo digital de elevación. Sobre este último se realizó una conversión de las alturas a porcentajes de pendiente a nivel de pixel, para poder realizar una clasificación de la aptitud de tierras por clase de pendiente por debajo de 30% de inclinación –*considerando tres clases: de 0 a 10%, de 11 a 20% y de 21 a 30%*–. Se sustrajeron además las áreas urbanizadas (incluyendo canteras y aeropuerto), los sectores de bosque, cuerpos de agua y caminos. El área que se determinó preliminarmente como aquella con potencial para la producción, se sometió al análisis de un especialista local en producción agropecuaria del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) para sustraer las zonas no aptas, luego de lo cual se obtuvo finalmente la superficie potencialmente apta para la producción de alimentos.

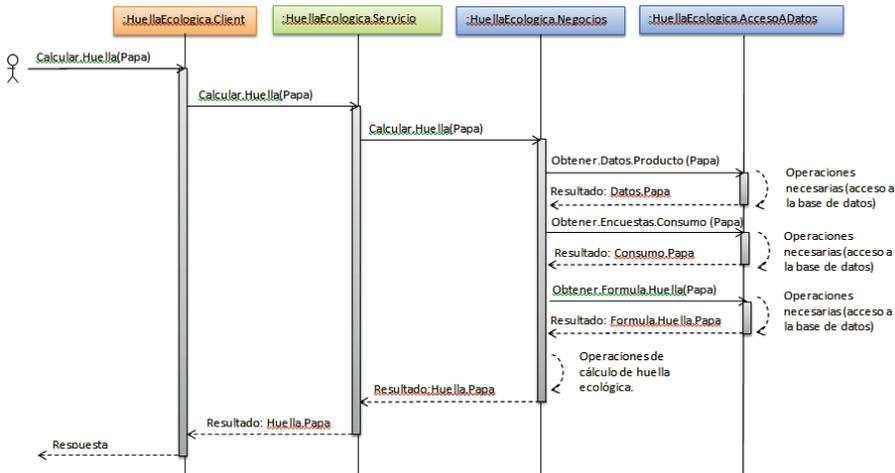
Los requerimientos de sistema para ejecutar este programa informático son: 1) Sistema operativo Windows XP o superior, 2) SQL Server 2008 Express: este motor de base de datos está disponible sin cargo, y su redistribución con las aplicaciones .NET también es gratuita, 3) NET Framework 4.0: este framework está disponible sin costo alguno, del mismo modo que su redistribución con aplicaciones .NET, 4) APIs de Google: pueden utilizarse sin cargo y están disponibles para cualquier aplicación que sea gratis para el usuario.

Para generar la información sobre consumo doméstico de alimentos que posteriormente procesa el programa, se elaboró una encuesta y se realizó un muestreo en un área de cobertura que incluyó todos los sectores del ejido urbano de la ciudad de Esquel. El propósito de esta tarea es el de conocer, a través de la cuantificación del consumo de alimentos y las superficies tanto reales como potenciales de que podría disponer el ejido de Esquel para producciones propias, el área, medida en hectáreas, que la población demanda para satisfacer su consumo anual de una amplia variedad de productos alimenticios. Se efectuó una selección de encuestadores entre alumnos de la Tecnicatura Superior en Gestión de la Calidad Ambiental, que se dicta en la Sede Esquel del Instituto Superior de Educación Tecnológica de la provincia, y de agentes ambientales de la Subsecretaría de Medio Ambiente del municipio local. Se organizaron dos talleres de capacitación y se fijó un porcentaje de muestreo de 5% que implica visitar quinientos hogares, dada la circunstancia de que la información obtenida permite no solo determinar la huella de los alimentos, sino también conocer el perfil de consumo familiar y las cantidades mensuales y anuales consumidas por individuo, grupo familiar y para el total de la población según las características socioeconómicas de los distintos barrios que constituyen el espacio urbano.



La encuesta de consumo de alimentos comprende 76 productos alimenticios agrupados en nueve categorías: 1) verduras, 2) verduras de hoja, 3) frutas, 4) carnes, 5) lácteos y huevos, 6) cereales y legumbres, 7) aceites y grasas, 8) azúcar y miel, 9) bebidas. Para cada alimento se consultó sobre el consumo mensual, precisando la cantidad entre cuatro rangos posibles –menor que *a*, entre *a* y *b*, entre *b* y *c* y mayor que *c*– 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 y para cada uno de ellos se determinó la huella específica en hectáreas, tarea para la cual fue necesario indagar –o bien calcular cuando tales valores no estaban disponibles– los rendimientos promedios nacionales por hectárea de tales productos. Se completaron 464 encuestas, que representaron una intensidad de muestreo de 4,64 %. Una vez que se importan los datos provenientes de las encuestas, el programa posibilita realizar el cálculo de la huella ecológica, permitiendo al usuario filtrar por productos y barrios (Figura 2).

Figura 2. Diagrama de secuencia para el cálculo de la huella ecológica de un producto alimenticio cualquiera.

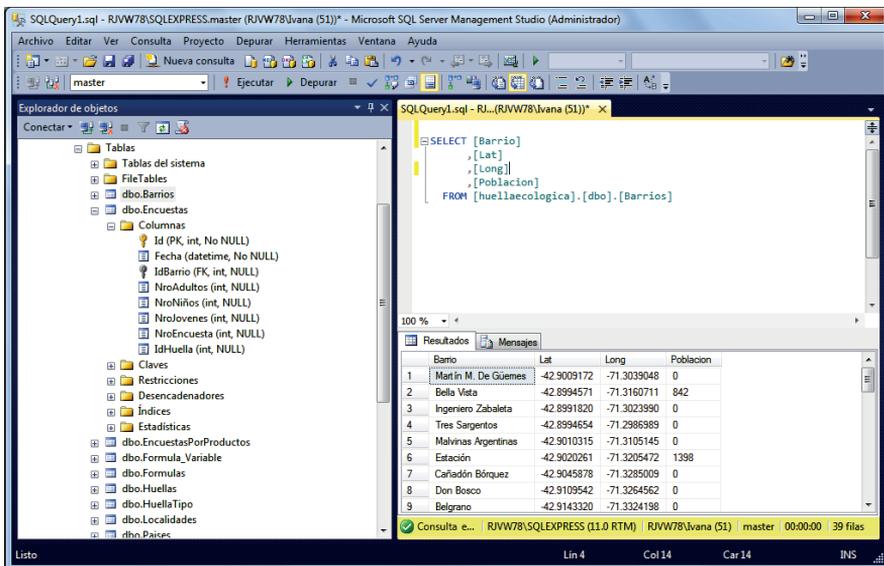


Fuente: Construcción propia

En lo que respecta a los valores de productividad que intervienen en el cálculo de la huella, estos se encuentran almacenados en la base de datos y pueden ser modificados por el usuario a través del programa, para poder así adaptarse a las particularidades de cada municipio.

Respecto a su representación espacial, en la base de datos del programa cada barrio cuenta con las coordenadas de latitud y longitud, de modo que es factible conocer la cantidad de encuestas efectuadas en dicho barrio y el consumo promedio por habitante por barrio (Figura 3).

Figura 3. Pantalla de la base de datos del sistema, donde se muestran las coordenadas geograficas de cada barrio.



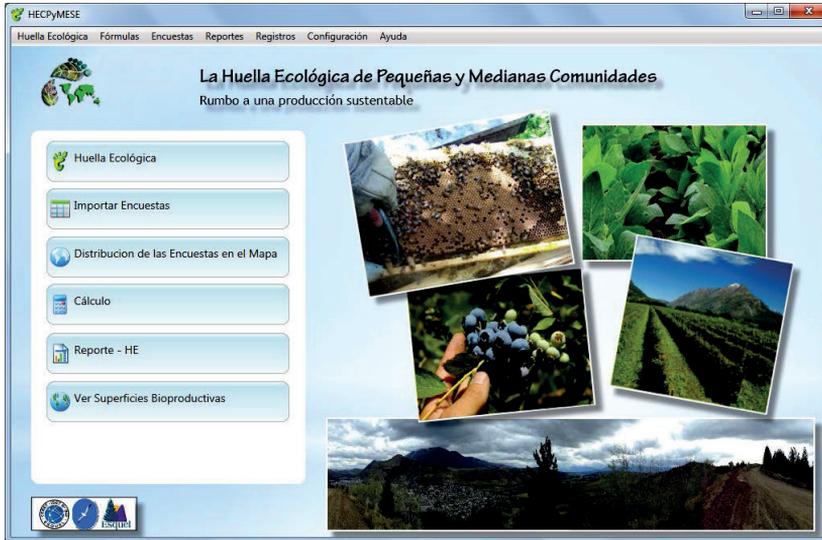
Fuente: Construcción Propia

Resultados

La primera versión del programa informático para el cálculo de la huella ecológica de los alimentos cuenta con los siguientes módulos: 1) *Etiquetación de la huella ecológica*, que tiene por objetivo generar una identidad específica asociada con la proveniencia geográfica de la Huella, es decir, con un municipio determinado con sus respectivas características locales, de modo que pueda ser administrada y consultada en un futuro; 2) *Creación de encuestas*, que permite diseñar a medida las encuestas que servirán para relevar la información necesaria para cuantificar las huellas específicas –en este caso la huella de los alimentos–; 3) *Parametrización de productos*, que permite crear la base de conocimiento del sistema; 4) *Carga de datos* provenientes de las encuestas, que admite la importación de datos desde un archivo MS Excel, como también la carga manual de los mismos; 5) *Verificación de datos*, que tiene por objetivo comprobar los datos ingresados provenientes de las encuestas y cotejarlos con valores de referencia; 6) *Cómputo de la huella*, que procesa los datos recolectados en las encuestas y aplica factores de conversión y fórmulas específicas de cálculo; 7) *Generación de informes*, que habilita la edición de informes, gráficos, tableros de comando y mapas (Figura 4).



Figura 4. Aspecto de la pantalla principal de la primera versión del Programa de Cálculo de la Huella Ecológica de los Alimentos.



Fuente: Construcción propia.

El programa dispone de un módulo para ingresar los datos que caracterizarán la comunidad cuya Huella se quiere calcular –*correspondiente al botón “Huella Ecológica” de la pantalla principal*–, el que constituye el rasgo identitario de una Huella dada, es decir, los datos que posteriormente se ingresen bajo esta “carátula” estarán siempre referidos a esta comunidad. En la nomenclatura de otros programas, como por ejemplo los sistemas de información geográfica, es equivalente a crear un nuevo proyecto (Figura 5).

El programa permite importar datos desde otras aplicaciones, tal es el caso de información que se haya volcado en planillas de cálculo. Esta funcionalidad, a la que se ingresa mediante el botón “Importar Encuestas” de la pantalla principal, permite que, siempre y cuando se hayan asignado en la planilla de origen los códigos de identificación para cada dato que luego requerirá este programa, se puedan importar desde pequeños a grandes volúmenes de datos.

La representación espacial es otra funcionalidad distintiva del programa. Para poder apreciar espacialmente los datos relevados, el diseño recurre a las prestaciones de Google Maps, de modo que desde un municipio se pueda realizar una visualización de cualquier territorio urbano y rural con tan solo disponer de una conexión a Internet con una velocidad razonable del tráfico de datos (Figura 6). A esta funcionalidad se accede mediante el



botón “Distribución de las Encuestas en el Mapa”, de la pantalla principal. En la figura, la imagen inferior derecha ilustra el aspecto de la pantalla cuando se cambia a la opción “Satélite”.

Figura 5. Apariencia de la pantalla de rotulación de una nueva huella ecológica.

HECPyMESE - Identificación

Identificación de la Huella Ecológica

Tipo de Huella: Alimentos

Nombre:

Fecha desde: 05/03/2015 Hasta: 05/03/2016

Población: Muestra:

Muestra Recomendada: Hectáreas de muestra:

Hectáreas disponibles: Hectáreas cultivables:

Provincia: Chubut Localidad: Esquel

Descripción:

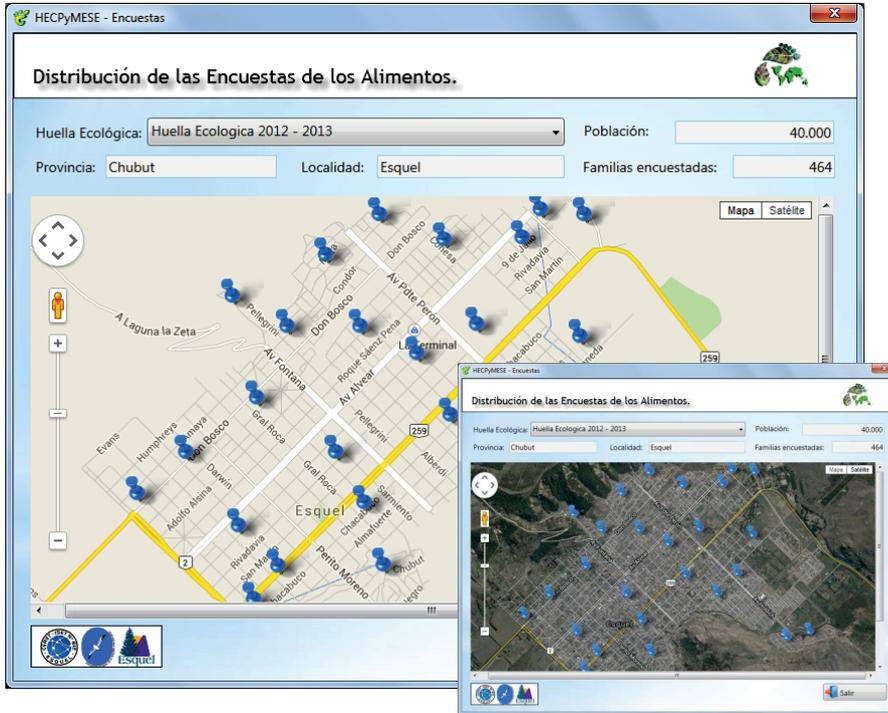
Guardar Cancelar Salir

Fuente: Construcción propia.

Tanto como la distribución de los casos (nos referimos aquí a las encuestas), es posible establecer los parámetros para que se muestren casos individuales o grupos de ellos (por ejemplo, la totalidad de las encuestas realizadas en un barrio de la ciudad) y es también posible solicitar reportes que informan sobre el estrato socioeconómico predominante en cada sector de la ciudad, lo que permite realizar análisis relacionales con el tipo y cantidad de alimentos que se consumen. Una información valiosa en este sentido la aporta una de las variables que se releva con la encuesta, que es la producción propia de alimentos a nivel familiar o barrial. Se puede así conocer si para un determinado producto alimenticio -principalmente verduras y frutas- el grupo familiar produce la cuarta parte, la mitad, las tres cuartas partes o la totalidad -ya sea en su propio domicilio o en un terreno localizado en el barrio, en otro sector del casco urbano o fuera del mismo, pero dentro del área del ejido- de modo que posteriormente es factible deducir en los cálculos de huella la superficie de producción propia, para distinguirla de aquella extra-local.



Figura 6. Ejemplo de ubicación de barrios dónde se realizaron las encuestas de consumo de alimentos, en el casco urbano de la ciudad de Esquel.



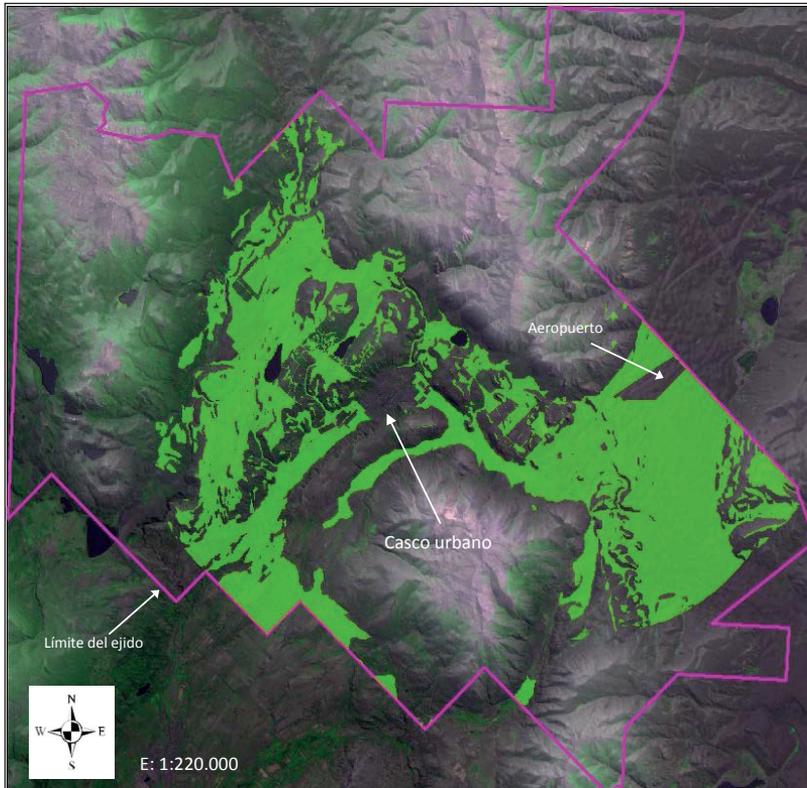
Fuente: Construcción propia.

La manifestación de otra funcionalidad espacial requiere, como se ha indicado previamente, el enlace con el programa QGIS, con el cual el programa de la huella se vincula directamente mediante el botón "Ver Superficies Bioproductivas", ubicado en la pantalla principal. El único requerimiento para poder utilizar esta herramienta es el de instalar previamente en el equipo este sistema de información geográfica, que en la práctica es un procedimiento sencillo. Se logra así conocer la superficie bioproductiva de la que potencialmente se dispone para emprender producciones propias (Figura 7).

El programa informático permite realizar los cálculos de consumo y de la huella ecológica para cualquiera de los productos incluidos en la encuesta, mediante el botón rotulado "Cálculo", disponible en la pantalla principal. En la Figura 8 se muestra la pantalla específica que genera el programa con los productos que el usuario selecciona para hacer el cálculo, en la que se visualiza una parte de los cincuenta productos alimenticios que se seleccionaron para ejemplificar esta funcionalidad.



Figura 7. Área bioproductiva (potencial) para cultivos agrícolas y de pastos del ejido de Esquel, en color verde, que asciende a 27.840 hectáreas.



Fuente: Construcción propia.

En este caso se evidencia que para satisfacer sus hábitos alimenticios de consumo, la población de Esquel se apropia -de manera indirecta, pues la casi totalidad de los productos que consume provienen de territorios extralocales- de una cantidad de hectáreas que llega casi a triplicar el área bioproductiva de la que potencialmente dispone para generar una producción local. Este resultado pone de manifiesto que es factible, en tanto se dispone de tierra productiva ociosa dentro del ejido de Esquel, elaborar estrategias para alentar iniciativas que puedan fortalecer y también diversificar las actividades de producción de alimentos que actualmente se realizan en el territorio comunal. De este modo, se otorga una entidad concreta al planteo formulado en la Introducción, cuando se señala que la finalidad de esta iniciativa académica es adaptar el concepto del indicador “huella ecológica” a las realidades y necesidades de municipios que no cuentan con



la información para calcularlo, y que simultáneamente puedan emplear tal información para promover acciones de desarrollo.

Figura 8. Ejemplo de la funcionalidad de cálculo del programa informático de la huella ecológica.

Huella Ecológica - Cálculo

Cálculo de la Huella Ecológica

Huella Ecológica: Población:

Provincia: Localidad: Familias encuestadas:

Cálculo de la Huella Ecológica para los diferentes productos.

Producto	Categoría	Consumo promedio por hab./año	Consumo de la Población por año	He por Habitante (ha/hab)	He de la Población (ha)
Aceite de Girasol	Aceites y Grasas	8,2206	275.672,5071	0,01323763	443,9171
Aceite de Oliva	Aceites y Grasas	7,1884	108.445,7771	0,01321398	199,3489
Azúcar	Azúcar y Miel	9,8159	374.019,6220	0,00164420	62,6499
Cerveza	Bebidas	25,3539	485.221,9794	0,00331424	63,4277
Mate (Yerba)	Bebidas	3,9281	151.367,6264	0,00236633	91,1853
Te	Bebidas	0,0009	34,2636	0,00000016	0,0061
Vino	Bebidas	23,4364	464.686,5204	0,00177494	35,1929
Cerdo	Carnes	10,8409	112.147,3354	0,00511123	52,8747
Cordero/Capón	Carnes	23,5333	622.820,4242	1,95296928	51.686,3423
Pollo	Carnes	16,7886	651.283,1506	0,00363784	141,1231
Vaca	Carnes	29,9508	1.097.333,7905	0,63253976	23.174,9481

HE de los Alimentos de Esquel (Ha):

HE de los Alimentos de Esquel por habitante (ha/hab):

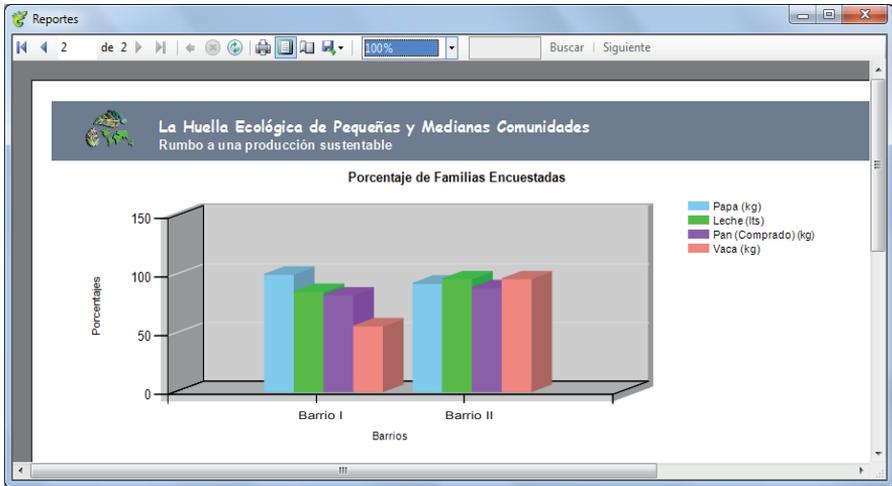
Fuente: Construcción propia.

Con el programa es también posible utilizar la información para realizar análisis comparativos de, por ejemplo, los consumos en distintos sectores de la ciudad, cuyas realidades en términos de poder adquisitivo difieren significativamente. Se accede a esta función mediante el botón "Reporte-HE" de la pantalla principal. El programa también permite generar salidas gráficas de los reportes, que pueden representarse en distintos formatos (Figura 9).

En el ejemplo se presenta un reporte para dos barrios de la ciudad de distinto nivel socioeconómico (barrio I de menor poder adquisitivo y barrio II con una mejor condición), con el fin de apreciar las diferencias en los consumos de algunos productos básicos en la composición de la canasta familiar. Esta faceta es otra característica distintiva del programa y pone de manifiesto su potencial como herramienta de análisis que brinda información de calidad

para aportar al diseño de políticas públicas, en este caso relacionadas con la alimentación.

Figura 9. Gráfico de barras que muestra el consumo de alimentos en dos barrios.



Fuente: Construcción propia.

Consideraciones finales

El propósito de adaptar el concepto de huella ecológica a la realidad social y económica de pequeñas y medianas comunidades trasciende la sola determinación de la magnitud del desequilibrio entre el consumo de una comunidad y los límites ecológicos de los sistemas naturales cuya producción se destina a satisfacer ese consumo. La finalidad última y más ambiciosa es la de convertir al indicador "huella ecológica" en una herramienta eficaz para la gestión ambiental de escala municipal.

En esta dirección, el programa informático que se halla en proceso de diseño y cuya versión inicial se presenta en este artículo pretende ser una herramienta distintiva de respaldo a procesos decisionales en la esfera municipal sobre el desarrollo productivo, urbanístico y para el cuidado ambiental, basándose en la existencia de información sólida y confiable, de la que pueda disponer el personal técnico y administrativo de una comuna, de manera ágil y relativamente sencilla.

Este programa tiene como principal característica la escalabilidad para insertar nuevas variables, administrar y procesar volúmenes crecientes de información. El incremento de la cantidad de información viene dado por la gradual incorporación de las restantes categorías de consumo de la huella ecológica, pues las huellas de bienes y de servicios también se



calculan a partir de la realización de encuestas especialmente diseñadas para caracterizar el consumo a nivel familiar. En el caso de las huellas de la vivienda y del transporte, la información se gestiona en el ámbito municipal y en organismos vinculados y se adapta a los requerimientos del cálculo. El programa, además, provee herramientas para diseñar encuestas específicas “a medida”, de acuerdo con las necesidades de cada comunidad, vinculadas a la colección de información para respaldar el cálculo de los distintos consumos y de las áreas de producción. El diseño prevé también la facilidad de acceso a los usuarios, dado que la finalidad última de este desarrollo informático es que constituya un instrumento eficaz para el cálculo de la huella ecológica en ámbitos municipales. Tanto la arquitectura de software como el motor de base de datos y el lenguaje de programación conforman una solución de última tecnología.

Desde la perspectiva de cuán innovadora es esta propuesta informática, debe indicarse que existen en uso planillas de cálculo que permiten al usuario conocer su huella ecológica con solo introducir las magnitudes particulares en cada una de las variables, según las distintas categorías de consumo (Sutcliffe, Hooper, Howell, 2008:9; Wackernagel, Dholakia, Deumling, Richardson, 2000:1). En tal sentido, son herramientas muy útiles para caracterizar el consumo doméstico a una escala familiar individual, pero no están diseñadas para poder aplicarse a nivel de una población. Pueden también responderse en línea cuestionarios individuales sobre el valor de la huella ecológica, los que habitualmente expresan los resultados en términos del número de planetas Tierra que se necesitarían si cada habitante consumiera recursos de manera similar a quien está respondiendo. Hay en Internet decenas de páginas de organizaciones ambientalistas y hasta de gobiernos (como los casos de Colombia y Ecuador en América Latina) que ofrecen esta posibilidad a los usuarios.

No obstante, no hemos hallado un programa informático que calcule la huella ecológica para comunidades que esté concebido expresamente con tal fin, tal como el que se describe en este artículo. Aun así, debe enfatizarse que el programa está y seguirá estando en fase de prueba por dos razones principales: 1) 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, 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 rigurosos en los organismos nacionales específicos. 2) Como se ha señalado precedentemente, al módulo inicial para calcular la huella ecológica de los alimentos se agregarán los módulos respectivos para la cuantificación de las restantes huellas, razón por la cual el proceso de diseño está en una fase temprana de desarrollo.

Un aspecto de especial relevancia es que en este artículo se ha puesto el énfasis mayormente en mostrar, si bien de manera parcial, los alcances del programa informático que se ha diseñado más que los resultados en términos de huella ecológica para la comunidad que se adoptó como caso. No obstante, debe quedar claro que se está trabajando arduamente sobre dicho aspecto en particular, pues el municipio de Esquel participa desde sus inicios en esta iniciativa de investigación, debido a que se valoró cabalmente la importancia y el potencial de la información que la huella ecológica es capaz de generar, tanto en términos de la superficie real –*es decir, la que necesita actualmente la ciudad para generar los alimentos, la que se asocia con la producción de la energía necesaria para fabricar los materiales para la construcción de nuevas viviendas, para los bienes y los servicios, la que es necesaria para absorber las emisiones del transporte y procesar los residuos comunitarios de manera sustentable*– como en patrones de consumo de las diferentes categorías y de las posibilidades productivas del espacio correspondiente al ejido municipal. Los funcionarios municipales desean y necesitan información real y organizada para tomar mejores decisiones.

Es principalmente por estas razones que la iniciativa de cálculo de la huella ecológica para comunidades de escala socioeconómica mediana y pequeña, en el marco de la cual el programa informático que se presenta en este artículo constituye una herramienta, obra como un instrumento capaz de generar una base de datos consistente para un diagnóstico de la situación tanto socioeconómica como ambiental de la población, y potencia con ello el planteamiento de políticas y acciones hacia un desarrollo productivo.

En este marco, el involucramiento de la población local es crucial en términos de ayudar a generar la información y, al mismo tiempo, para acompañar la adopción de nuevas formas de utilizar el capital natural. 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. Este aspecto tiene también una dimensión educativa, pues la identificación gradual con el indicador, con el respaldo de los medios locales de difusión, posibilita espacios de discusión, de reflexión y de modificación de hábitos en los distintos ámbitos en los que transcurre la vida comunitaria. En el caso de Esquel, este proceso de involucramiento se ha gestado en varios niveles (Carabelli, Forti, Baroli, Tabares, 2012: 422-424):



- 1) *Nivel municipal institucional*: Como se ha indicado previamente, se favoreció la vinculación del equipo académico-técnico interinstitucional con el municipio, principal institución de gobierno de la ciudad, pues la huella ecológica de Esquel como herramienta de diagnóstico atrajo el interés del Intendente municipal y de su gabinete, lo que se manifestó como voluntad política expresa para generar este indicador, contribuyendo dicha institución en diversas tareas.
- 2) *Nivel comunitario*: La sensibilización de la comunidad, que opera a través de diferentes vías, privilegiando que la claridad del mensaje de la huella ecológica es una exigencia importante en términos de captar la atención del ciudadano. Tales vías son: a) Los medios de comunicación local y en algunos casos provinciales, que se hacen eco de manera permanente de los avances en la tarea de obtención de la información; b) El espacio administrativo municipal propiamente dicho, en tanto constituye un ámbito emblemático de la composición socioeconómica de la comunidad, donde se ha focalizado una campaña de difusión que explica el propósito y los alcances del trabajo de una manera asequible para los empleados y c) El ámbito vecinal, donde estudiantes y cuerpo docente de las instituciones académicas y tecnológicas participantes así como agentes ambientales del municipio realizan un trabajo personalizado, a medida que visitan los hogares de los distintos barrios de la ciudad para completar la encuesta de consumo de alimentos y, actualmente, para coleccionar la información sobre el consumo de bienes y servicios.

La génesis interinstitucional y la labor en marcha en la ciudad de Esquel en el marco de la iniciativa de la huella ecológica adaptada a comunidades de pequeña y mediana escala socioeconómica dan cuenta de un estadio de corresponsabilidad, luego de haber transitado un camino en el que primeramente circuló información, luego conocimiento y más tarde confianza, y ponen de manifiesto la validez del enfoque propuesto y la efectividad de las acciones que se describen y postulan. Los cálculos de la huella ecológica de los alimentos de Esquel constituyen un mecanismo de retroalimentación entre el consumo y el estilo de vida asociado a él. Esto resalta las elecciones personales y brinda la oportunidad para discutir diferentes regímenes de administración de recursos, así como aspectos de la política pública tanto ambiental como económica y social en el plano local y regional. Más aún, como la huella ecológica en sentido amplio y la de los alimentos más específicamente proponen una base para la aplicación de variados modelos que lleven a la práctica la sustentabilidad, hacen posible discutir una amplia gama de políticas públicas donde la faceta ambiental acompañe programas de empleo, de desarrollo productivo, de política nutricional, entre otras y puedan así instrumentarse políticas económicas ambientales, políticas sociales ambientales, políticas productivas ambientales. En los términos en



que lo plantea Di Pietro Paolo (2001:27), se trata de construir una “cultura local de desarrollo”, donde las características de la comunidad juegan un papel fundamental, lo que implica que la identidad propia de cada territorio pasa a convertirse en sustento de su desarrollo productivo. Esa identidad, en el caso de Esquel, se constituye muy fuertemente a partir del medio natural circundante del que la sociedad depende acentuadamente, aunque ellono esté socialmente internalizado; por ende la componente ambiental debe estar explícitamente considerada en la planificación del desarrollo.

Referencias Bibliográficas

- ANDRADE, Chris, LIVERMORE, Shawn, MEYERS, Mike y VAN VLIET, Scott. (2007). *Professional WPF Programming: NET development with Windows Presentation Foundation*. 1ª. ed. New York: Editorial Wrox. Pp.429.
- ARGENTINA. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.(2011). *Provincia del Chubut. Población total y variación intercensal absoluta y relativa por departamento*. Años 2001-2010. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 y 2010. Disponible en Internet: http://www.estadistica.chubut.gov.ar/archivos/Censo2010/poblacion/P1-P_Chubut.xls. Consultado 11.06.14.
- CARABELLI, Francisco, FORTI, Laura, BAROLI, Carlos y TABARES, Claudia. (2012). La Huella Ecológica como estrategia de intervención en ámbitos comunitarios. Una herramienta para promover la interacción entre saberes que fortalezca el desarrollo local. En: *Libro de Trabajos en Extenso del 1er. Congreso Latinoamericano de Ecología Urbana*. Desafíos y escenarios de desarrollo para las ciudades latinoamericanas. Universidad Nacional de General Sarmiento, Buenos Aires: Ed. Universidad Nacional de General Sarmiento. Pp. 415-426.
- CARABELLI, Francisco, FORTI, Laura, HESSY, Laura, MENDOZA, Nora, BAROLI, Carlos y TABARES, Claudia. (2011). Promoviendo la transformación positiva de nuestro impacto sobre el entorno: La Huella Ecológica de la Villa Futalaufquen (Parque Nacional Los Alerces) y su potencial para generar nuevas formas de utilizar el capital natural. En: *Actas del V Congreso Iberoamericano sobre Desarrollo y Ambiente, Red Iberoamericana de Economía Ecológica*. Santa Fe. Disponible en Internet: http://fich.unl.edu.ar/CISDAV/upload/Ponencias_y_Posters/Eje06/Carabelli_Forti_Hessy_Mendoza_Baroli_Tabares/Trabajo%20completo%20Carabelli%20y%20col.%20Eje%206.pdf Consultado 21.06.14.
- CARABELLI, Francisco, DEMARCHI, Gabriela y BAROLI, Carlos. (2008). Desarrollo local de la Comarca de la Meseta Central de Chubut. En: ELGUE, Mario. (Comp). *Emprendedores de la Economía Social*. Buenos Aires: Ed. Ciccus.Pp. 109-140.
- DI PIETRO, Luis José. (2001). Hacia un desarrollo integrador y equitativo: una introducción al desarrollo local. En: BURIN, David y HERAS, Ana Inés. (Comp.). *Desarrollo Local. Una respuesta a escala humana a la globalización*. Buenos Aires. Ed. Ciccus-La Crujía. Pp. 13-50.
- JOHNSON, Bruce, MADZIAK, Peter y MORGAN, Sara.(2009). *Microsoft .NET Framework 3.5 – Windows Communication Foundation*. 1ª. ed.Redmond:Editorial Microsoft Press U.S.593 Pp.



- LOWY, Juval. (2007). *Programming WCF Services*. 1ª. ed. Sebastopol: Editorial O'Reilly Media. 634 Pp.
- MAX-NEEF, Manfred, ELIZALDE, Antonio y HOPENHAYN, Martín. (1994). *Desarrollo a Escala Humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Montevideo: Ed. Nordan-Comunidad, 148 Pp.
- MICROSOFT CORPORATION. (2006). *"Whitepaper: La arquitectura SOA de Microsoft® aplicada al mundo real"*. Redmond: Microsoft Corp., 21 Pp.
- PETKOVIC, Dusan. (2011). *Microsoft SQL Server 2008: Manual de referencia*. 1ª. ed. Ciudad de Mejiro: Editorial McGraw Hill Interamericana, 744 Pp.
- REES, William. (1996). Revisiting carrying capacity: area-base indicators of sustainability. *Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies*, Vol. 17(3). Berlin: Ed. Springer, Pp. 195-215.
- RESNICK, Steve, CRANE, Richard y BOWEN, Chris. (2008). *Essential Windows Communication Foundation For .NET Framework 3.5*. 1ª. ed. Boston: Editorial Pearson Education, 553 Pp.
- RODRÍGUEZ, Flavio B. (2005). Nuestro pan de cada día. La Huella ecológica alimentaria de Bogotá. En: CÁRDENAS, Felipe, CORREA, Hernán Darío y MESA, Claudia (Comp.). *Región, Ciudad y Áreas Protegidas. Manejo Ambiental y Participativo*. 564 Pp. 1ª ed. Bogotá. Ed. Fescol, Ecofondo, Acción Ambiental, Cerec.
- SOLIS M., Daniel. (2009). *Illustrated WPF*. 1ª. ed. New York: Editorial Apress, 495 Pp.
- SUTCLIFFE, Marcus, HOOPER, Paul y HOWELL, Ros. (2008). Can Eco-Footprinting Analysis Be Used Successfully to Encourage More Sustainable Behaviour at the Household Level? *Sust. Dev*. Vol. 16. London. Ed. Wiley Interscience, Pp. 1-16.
- WACKERNAGEL, Mathis, DHOLAKIA, Ritik, DEUMLING, Diana y RICHARDSON, Dick. (2000). *Assess your Household's Ecological Footprint. Redefining Progress, v. 2.0*. Disponible en Internet: http://greatchange.org/ng-footprint-ef_household_evaluation.xls. Consultado 11.01.15.
- WACKERNAGEL, Mathis y REES, William. (1996). *Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth*. The New Catalyst, Bioregional Series 9, Gabriola Island, Canada: New Society Publishers, 160 Pp.

Para citar este artículo:

Carabelli, F. A.; Rojas, I.; Alonso, J.A.; Menger, M. & Baroli, C. A. (2016). Diseño de un programa informático para el cálculo de la huella ecológica de los alimentos. *Teuken Bidikay* Vol. 7 N° 8. Pp. 207-226