Análisis energético de la sostenibilidad ambiental del municipio de Palmira (Colombia)

Energetic analysis of environmental sustainability in the municipality of Palmira (Colombia)

Analise da matriz energética de sustentabilidade ambiental no município de Palmira (Colombia)

Iván Darío López Villalobos[1] & Judith Rodríguez Salcedo[2]

[1]Ingeniero ambiental, Especialista en administración pública y Candidato a magíster en ingeniería ambiental por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. [2]Ingeniera química, Magíster en ingeniería ambiental y sanitaria, Estudiante de doctorado en la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.
[1] Docente de la Institución universitaria Antonio José Camacho Cali. [1,2] Grupo de investigación en eficiencia energética y energías alternativas. Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, Colombia.

[1] idlopezvi@gmail.com, [2]geal_pal@unal.edu.co

Resumen

La creciente población urbana mundial, aumenta la demanda de recursos naturales para sostener la calidad de vida de la población humana, esto genera impactos negativos sobre los ecosistemas naturales y la supervivencia de especies para mantener servicios ambientales. Por este motivo, es necesario, medir el estado de las ciudades como sistemas ecológicos, con el fin, de priorizar la gestión ambiental, acorde al desarrollo sostenible. Para esto, existen metodologías de valoración crematísticas, basadas en el valor del dinero, que excluye el trabajo de la naturaleza para ofrecer servicios ambientales que promueven sostenibilidad ambiental. Este estudio, investigó modelos que permiten una contabilidad ambiental, que integre ecosistemas naturales y urbanos, hallándose en la síntesis emergética, la propuesta más novedosa, basada en los conceptos de la termodinámica. Tomó como zona de estudio, al municipio de Palmira, definido como Tecnoecosistema, aplicando una metodología de cinco fases, basada en el método de la síntesis emergética. Calculándose el índice de producción de emergía – EYR con 1,46, Índice de carga ambiental – ELR con 3,2 e Índice de sostenibilidad ambiental – ESI con 0,46. El análisis indica, que la sostenibilidad ambiental y la generación de riqueza real, están limitada por el actual uso del suelo, y puede mejorarse, con mejor aprovechamiento de este recurso, esto, sería una gestión transversal. Además, el Tecnoecosistema está sujeto al metabolismo social de la ciudad de Cali, por tanto, la demanda de bienes importados y uso del suelo urbano aumentará, afianzando la necesidad de gestión de políticas ambientales y proponer al municipio como Ciudad Emergente.

Palabras clave: Sostenibilidad ambiental, desarrollo sostenible, emergía, síntesis emergética, municipios intermedios.

Abstract

A rising global urban population, increases the demand for natural resources for a certain quality of life. This creates negative impacts on natural ecosystems and the survival of other species. For this reason, it is necessary to measure the state of cities as ecological systems with the purpose of prioritizing environmental management, in accordance to sustainable development. To this end, there exist methods of chrematistic evaluation which exclude the work of nature to provide environmental services that promote environmental sustainability. This study investigated models that foster environmental accounting and that integrate natural and urban ecosystems. The most original proposal came in the form of emergetic synthesis, based on thermodynamic concepts. The municipality of Palmira was chosen as the study area, known as Techno-ecosystem, and applied a five-phase methodology, based on the emergetic synthesis method. Calculating the rate of emergy production - EYR with 1.46, Environmental Load Index - ELR with 3.2 and Environmental Sustainability Index - ESI with 0.46. The analysis indicates that environmental sustainability and the generation of real wealth is limited by current land use, and can be improved with better use of this resource, through a transversal management process. Furthermore the Techno-ecosystem is subject to the social metabolism of the city of Cali and therefore the demand for imported goods and urban land use will increase, reinforcing the need for environmental management policies , as well as the need to apply to the municipality as Emerging City.

Key-words: environmental sustainability, sustainable development, emergy, emergy synthesis, intermediate municipalities.

Resumo

O crescente aumento da população urbana mundial aumenta a demanda de recursos naturais para sustentar a qualidade de vida da população humana, isto gera impactos negativos sobre os ecossistemas naturais e a sobrevivência de espécies para manter os sistemas ambientais. Por este motivo, é necessário, avaliar o estado das cidades como sistemas ecológicos, com a finalidade de priorizar a gestão ambiental, segundo com o desenvolvimento sustentável. Para isto existem metodologias de valorização crematísticas, baseadas no valor do dinheiro, que excluí o trabalho da natureza para oferecer serviços ambientais que promovem a sustentabilidade ambiental. Este estudo investigou modelos que permitem uma contabilidade ambiental, que integre ecossistemas naturais e urbanos, encontrando uma síntese energética, a proposta semântica, baseada nos conceitos da termodinâmica. Tomou como zona de estudo o município de Palmira, definido com tecnoecossitema, aplicando uma metodologia de cinco fases, baseada no método de síntese energética. Calculando-se o índice de produção energia- EYR com 1,46, índice de carga ambiental- ELR com 3,2 e índice de sustentabilidade ambiental – ESI com 0,46. A Análise indica que a sustentabilidade ambiental e a geração de riqueza real, estão limitadas pelo uso atual do solo, e pode melhorar-se, com um melhor aproveitamento deste recurso, isto, seria uma gestão transversal de recursos. Além disso, o “tecnoecossitema” está sujeito às metamorfoses sociais da cidade de Cali, por tanto, a demanda de bens importados e o uso do solo urbano aumentarão, confirmando a necessidade de gestão de políticas ambientais e propor ao município o status de cidade emergente.

Palavras Chave: sustentabilidade ambiental, desenvolvimento sustentável, energia, síntese energética, municípios intermediários.

Introducción

La población urbana mundial alcanzará los 6.300 millones de habitantes en el 2050. Esto implica nuevos retos en los campos de la agricultura, el empleo, la energía, la vivienda y la infraestructura; también representa retos frente a la expansión de los barrios marginales y el deterioro del medio ambiente alrededor de las urbes, considerando que estas representaran el 75% de las emisiones globales de carbono (ONU, 2011).

El Banco Interamericano de Desarrollo viene trabajando en una plataforma llamada "ciudades emergentes y sostenibles" que trabaja en tres áreas críticas: i) sostenibilidad ambiental y cambio climático, ii) desarrollo urbano y iii) sostenibilidad fiscal y gobernabilidad. Estas ciudades tienen una población entre los cien mil y los dos millones de personas, y una tasa de crecimiento mayor que otras ciudades. Actualmente se trabaja en proyectos piloto en ciudades de Latinoamérica como Santa Ana en San Salvador, Puerto España en Trinidad y Tobago, y Trujillo en el norte de Perú, tomando como referentes los resultados de la ciudad de Calgary en Canadá, de amplio crecimiento económico, cuyo desempeño es destacado en las tres áreas.

La concentración de la población se encuentra en ciudades tan diversas como ciudad de México, Sao Pablo, Cairo, Bombay y Seúl, sin embargo, según Moreno (2011), la mayoría de ciudades del planeta son pequeñas o medianas en tamaño, de hecho hay más de 3.500 ciudades intermedias en todo el mundo con poblaciones entre 100 mil y 2 millones de personas. Más del 80% de estas ciudades se encuentran en países en vías de desarrollo. Aproximadamente dos 2 millones de personas trabajan, duermen y juegan en estas ciudades intermedias. Eso es casi una de cada tres personas en el planeta. El enfoque no está en la dimensión de la ciudad, sino en su crecimiento, ya que varias de estas ciudades intermedias tienen un crecimiento más rápido que otras, tanto en población como en producción económica.

Siguiendo con Moreno (2011), "en América Latina y el Caribe, por ejemplo, hay cerca de 500 ciudades intermedias. Pero sólo 143 de ellas están creciendo rápidamente. Estas son lo que llamamos las "ciudades emergentes". Están creciendo porque ofrecen puestos de trabajo y oportunidades económicas. Muchas se encuentran cerca de centros de producción agrícola, minera o industrial. Tienen intercambios comerciales con Asia, Europa y Norteamérica. Otros se están convirtiendo en destinos turísticos populares o ejes vitales para diversos servicios. Aunque algunas de estas ciudades están aisladas geográficamente, todas miran hacia el exterior y están sumamente conectadas.

En América Latina y el Caribe, casi todas ya pasaron el 100% de penetración móvil. Más del 40% de su población tiene acceso a Internet. En promedio, la población de estas ciudades emergentes está creciendo dos o tres veces más rápida que las megaciudades. De hecho, el crecimiento de las ciudades gigantes como Río de Janeiro y Buenos Aires, esencialmente se detendrá en la próxima década. Esto significa que la mayor parte del crecimiento urbano en los próximos 20 años ocurrirá en ciudades emergentes. Para absorber ese crecimiento, los gobiernos de estas ciudades tendrán que invertir miles de millones de dólares en nueva infraestructura, viviendas y edificios públicos. También tendrán que encontrar nuevas fuentes de agua, electricidad y combustible."

En Colombia, la configuración de los municipios, especialmente en el departamento del Valle del Cauca, es de concentración de asentamientos urbanos, entre los cuales sobresalen destacan la ciudad de Cali y ciudades intermedias como

Palmira, Buenaventura, Tuluá, Buga, Cartago y Zarzal. Esta distribución responde a la tendencia que prevé que el 80% de la población colombiana será urbana en el 2020 (MAVDT, 2008).

Desde 1997 con la Ley 388, se requiere para la planeación de los municipios un plan de ordenamiento territorial (POT), un plan básico (PBOT) y un esquema (EOT), según la complejidad determinada por el número de habitantes. Además, en 2008, se creó la política de gestión ambiental urbana, que orienta el accionar de los actores institucionales y sociales, en relación con la gestión ambiental en el territorio urbano, que en muchos casos, han presentado ineficiencia e ineficacia, tal vez por el exceso de burocracia involucrado o por el desconocimiento de competencias. Ello se refleja en la crisis por desastres invernales, a lo que se respondió con la denominada "gestión del riesgo", reglamentada en la Ley 1553 de 2012.

Para determinar si un sistema urbano es sostenible, incluyendo sus servicios ambientales, existen metodologías que cuantifican el metabolismo de la economía (crematística) o de la sociedad, dependientes de la economía de mercado Las metodologías crematísticas, es decir, relativo al valor del dinero, encontradas para realizar estas valoraciones, son las siguientes: i)Metodologías basadas en precios del mercado, ii) Metodologías directas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales, iii) Metodologías indirectas para la valoración económica de bienes y servicios ambientales, iv) Método basado en costos (MAVDT, 2003).

Sin embargo, este cálculo no considera los bienes y servicios dados por el trabajo de la naturaleza (Daily, 1997; Goodland & Daly, 1996). Por otro lado, los métodos de valoración energética dan valor al trabajo de la naturaleza independientemente del mercado, considerando flujos de bienes y servicios de manera sistémica, expresándolos en unidades de energía, para de esta manera hacer una contabilidad de bienes y servicios integrales, y analizar su comportamiento como sistema ecológico (Daniels & Moore, 2002).

Se tomó entonces al municipio de Palmira, ciudad intermedia, de categoría 1, con cerca de 300.000 habitantes, fuerte potencial agronómico y un flujo de bienes y servicios para valorarlo como sistema ecológico. Esta ciudad fue considerada capital agrícola de Colombia hasta la década de 1980; sin embargo, esta dinámica cambió con la consolidación de las estructuras de producción agrícola nacional, concentrándose en el cultivo de caña de azúcar y su agroindustria. Cuenta con diversas ventajas comparativas por sus servicios ambientales: dos zonas francas y la disponibilidad de instituciones científicas, educativas y estatales que la destacan como ciudad región. Se suma a esto la cercanía al puerto de Buenaventura y a la ciudad de Cali. Esta última cuenta con cerca de tres millones de habitantes, posee una posición estratégica en la "Alianza del Pacífico" de acuerdo con el Diario El País de Cali (14 de abril de 2013), pero con una capacidad de carga ambiental limitada, que gira hacia su área metropolitana, especialmente Palmira, la cual, debe afrontar esta situación como un desafío ambiental y no netamente crematístico.

Este proyecto aplicó el método de la síntesis emergética —que se basa en la eMergía, sustentado en las leyes de la termodinámica— como modelo de análisis energético para el municipio de Palmira, en cinco fases. Esto se hace a partir de una recopilación de datos priorizados de los documentos de prospectiva del municipio, de la definición del sistema ecológico con entradas y salidas de bienes y servicios, incluyendo los ambientales, para establecer su sostenibilidad ambiental en términos de eficiencia energética.

Esta sostenibilidad se analizó, usando el cálculo de los indicadores emergéticos, que en este caso fueron: producción de eMergía (EYR), índice de carga ambiental (ELR) e índice de sostenibilidad emergética o ambiental (ESI). Se priorizaron las áreas de gestión de sostenibilidad ambiental para el diseño de una política transversal, considerando principalmente el uso efectivo del suelo para la producción de alimentos, el cual debe consolidarse en la estructura del plan de ordenamiento territorial con el fin de enfrentar los desafíos del cambio climático y la globalización.

Con este análisis, es posible gestionar que el municipio de Palmira se proponga como ciudad "emergente y sostenible", dado que su aplicación es un avance significativo para la toma de decisiones en los procesos de planeación, y puede ser replicado en municipios intermedios de Colombia.

Metodología

Para valorar el municipio de Palmira (Colombia), con sus componentes urbano y rural, que considere los servicios ambientales desde una dinámica ecológica, se revisaron una serie publicaciones y libros, encontrándose el método energético de la "síntesis emergética", cuyas referencias tienen su origen en Odum H. (1996), sin embargo, una buena recopilación, además de un buen análisis entre economía ambiental y ecológica, se puede encontrar en Álvarez *et al.* (2006), lo cual, sirvió como referente para el siguiente modelo metodológico.

Esta metodología ha sido diseñada para la valoración del municipio como sistema ecológico planteándose cuatro objetivos que se cumplen en cinco fases, como aparece en la Tabla 1; posteriormente se describe cómo se realizó cada una de ellas.

Tabla 1. Fases para cumplimiento de objetivos

OBJETIVO	FASE
Caracterizar y tipificar de los sistemas productivos del uso de suelo del municipio de Palmira.	**Fase I**: recopilación de información basica secundaria
Cuantificar los balances de materia y energía en el municipio de Palmira	**Fase II**: Definición del tecnoecosistema
Realizar el análisis energético en términos de eficiencia para la sostenibilidad ambiental del tecnoecosistema Palmira.	**Fase III:** Cálculo de flujos e indicadores de sostenibilidad
Proponer las prioridades para la política territorial municipal.	**Fase IV:** Determinación de los temas prioritarios de manejo hacia la sostenibilidad
	Fase V: Análisis y entrega de resultados

Fase I. Recopilación de información básica secundaria

Se realizó la determinación del estado del arte del municipio de Palmira con la recopilación de información climatológica, biofísica, y social, en fuentes públicas y privadas. A partir de la revisión del modelo de la síntesis emergética, se requirió de información ambiental, social y económica de fuentes integradoras como lo son: el plan de ordenamiento territorial, planes parciales, rendición de cuentas de la administración municipal, anuario estadístico de la cámara de comercio de Palmira (2012), agremiaciones y consulta a expertos en diferentes temáticas del desarrollo. Esta información se priorizó objetivamente en tablas y cartografía para realizar el cálculo de indicadores y la definición de flujos del sistema, a partir del cual se definirá el Tecnoecosistema Palmira.

La mayor parte de la información para un municipio intermedio se encuentra en fuentes de cámara de comercio con el anuario estadístico, el POT, y en varios casos en que no se halló, se contó con agremiaciones, consulta a expertos. Sin embargo, los datos no se presentan tan desagregados como los pide el modelo de síntesis emergética. Como en el caso del uso del suelo, se estimó a partir de mapas de CVC e IGAC, para luego calcular las pérdidas de suelo por el método de TOSI 1972, como se observa en el anexo 3. Los datos de exportaciones y económicos se presentaron solo con valores monetarios, por lo que se requirieron de estimaciones a partir de los datos de flujo del DANE.

La memoria de cálculo del anexo 1 presenta la fuente de información, con lo que se pretende dar confiabilidad de los mismos, asegurándose de que la fuente sea oficial o de autoridades reconocidas en el sector; como ejemplo están las unidades per cápita de la Food and Agriculture Organization de las Naciones Unidas —FAO—.

Los datos de eMergía nacional, para hallar la transformidad del dinero y personas, fueron mucho más sencillos de encontrar debido a los informes anuales de ministerios, DANE y datos internacionales que miden el desempeño de Colombia a nivel mundial. Muchos de estos datos se presentan en el anexo 2.

Fase II: Definición del tecnoecosistema

Para realizar el análisis sistémico del municipio de Palmira, es necesario definir el ecosistema artificial de la ciudad. Para esto se lo denominó "Tecnoecosistema Palmira", se establecieron sus componentes, entradas de energía, recursos naturales, las interacciones con entradas y salidas de los límites de cada uno, así como la frontera con el entorno. Todo esto requirió esquematizar los procesos que involucran los flujos de energía como una cadena trófica, diferenciando las entradas de fuentes de energía (radiación, alimentos, vientos), los recursos naturales (ríos, viento, radiación, geotermia), producción primaria (cultivos, bosques, reservas naturales), comercio, urbanismo y todos los componentes rurales y urbanos (barrios, parques, industrias, acueducto, energía hidroeléctrica).[1]

Este esquema se realizó mediante un diagrama de flujo, considerando que cualquier porción del universo, puede considerarse como un sistema, es decir, una entidad formada por unidades o componentes interdependientes que interactúan entre sí y funcionan como un todo, como una entidad integrada. (Becht 1974), usando los símbolos de la teoría general de sistemas que se muestran en la figura 1. Los componentes son los siguientes:

i. Renovables: ríos, sol, lluvia, viento, calor, hidroelectricidad, geotermia, agricultura y selva.

1 Se debe tener en cuenta que, de acuerdo con el ordenamiento territorial, un municipio colombiano se subdivide en componente rural y urbano.

ii. No renovables: pérdida de suelo.

iii. Importaciones: combustibles, electricidad, alimentos, bienes.

iv. Exportaciones: alimentos, bienes.

v. Dinero: mercado, turismo, tasas de interés.

vi. Personas: trabajadores o mano de obra.

vii. Consumidores: especies de ganado, medio ambiente construido antrópico.

Construcción de un diagrama de flujo: El sistema ecológico real se esquematiza a partir de la información biofísica, modelando de forma explícita los flujos entrantes al sistema para desarrollar un inventario de los procesos, reservas y flujos que están dentro de los límites. Para esto se usan símbolos propios de la teoría general de sistemas (Bertalanffy, L. 1991), que describen las interacciones, destacando las más relevantes, y seorganizan en una tabla emergética. En la Figura 1 se presentan los símbolos del lenguaje energético para los distintos componentes del sistema.

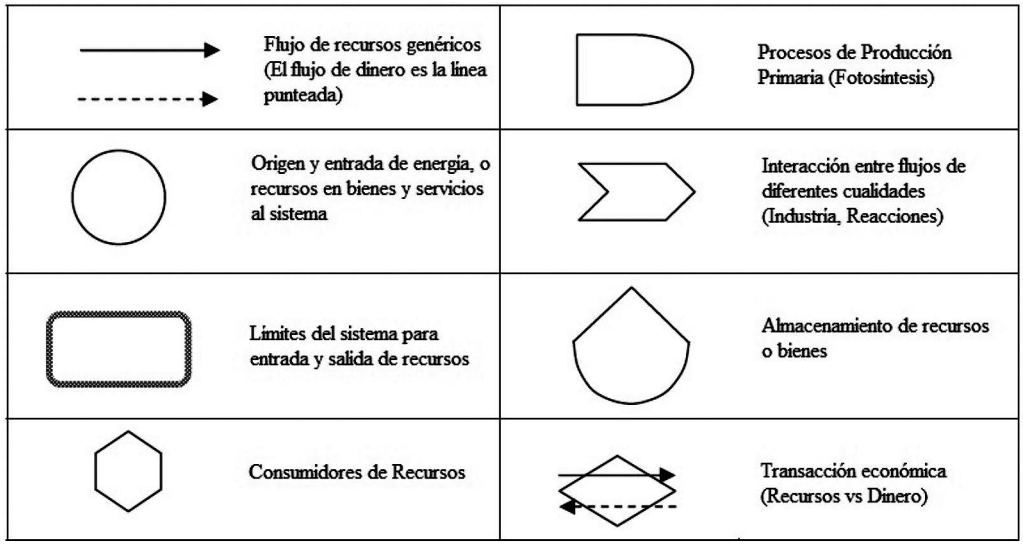

Figura 1. Símbolos energéticos para diagramas de flujo

Fuente: Adaptado de Ulgiati S. *et al.* (2007)

El diagrama debe estar siempre referido a un sistema superior (aproximación "menor detalle-mayor detalle"). Este diagrama permite dar un panorama más claro de la organización de la ecología del municipio, con su metabolismo social y los servicios ecosistémicos. Una vez realizado el diagrama, podrá realizarse el cálculo energético de cada flujo para hallar su equivalente emergético. El diagrama con los flujos de energía puede verse en la Figura 3.

Fase III: Cálculo de flujos e indicadores de sostenibilidad

En esta fase, a partir del diagrama de flujo se construye la tabla emergética, realizando los cálculos de los componentes (energía solar, mareas, electricidad, lluvia, etc.) con la respectiva cantidad de emergía, como se muestra en el siguiente ejemplo:

Tabla 2. Estructura de la tabla emergética

Ítem	Unidad	Cantidad Neta	Transformidad (seJ/unidad)	Emergía (seJ/año)
Recursos Renovables (R)				
Sol	J/año			
Lluvia	g/año	A	B	A X B = C
Viento	$/año			
Producción de Energía Renovable del Sistema (R1)				
Biomasa (Madera, Cultivos, etc)				
Hidroelectricidad				
Cogeneración				
Recursos No renovables del Sistema (Nn)				
Perdida del Suelo (M. Parental, M. Orgánica, etc.)				
Minerales				
Petróleo				
Entradas al Sistema – Importaciones (F)				
Combustibles – Electricidad (F1)				
Alimentos (F2)				
Bienes y Servicios (F3)				
Mano de Obra externa (S_L)				
Salidas del Sistema – Exportaciones (Ne)				
Productos Agrícolas				
Materias Primas				
Productos Manufacturados				

Fuente: Adaptado de Álvarez *et al.* (2006)

Los datos de los flujos que entran a los límites del sistema se hallan en unidades energéticas —julios— o específicas —gramos—, generalmente anuales (J/año o g/año). Estas unidades se multiplican por su respectiva transformidad para obtener su emergía; posteriormente se suman para obtener la emergía total y calcular los respectivos índices emergéticos. Uno de los puntos más conflictivos es emplear transformidades previamente calculadas para distintos componentes.[2] Muchas de estas transformidades para distintos procesos están calculadas para Estados Unidos, donde más utilización ha tenido el método. Pero también existen otras calculadas en otros países, a saber: Tailandia (Brown & McClanahan, 1996); Taiwán (Huang, 1998); Brasil, Chile, Ecuador, Italia, Nueva Zelanda, etc. (Odum, 1996).

En este punto, se realizaron los diferentes cálculos de los flujos de recursos renovables, producción de energía renovable, recursos no renovables a nivel local, importaciones, exportaciones, y producto interno bruto (ver Anexo 1), que se definieron en la tabla generada a partir del diagrama "Tecnoecosistema Palmira". Se hallaron las cantidades de emergía de cada flujo, teniendo como referente el equivalente energético o específico y su transformidad. Estos valores pueden observarse en la Tabla 4.

Culminada la tabla se priorizaron los índices emergéticos. Estos permiten tomar decisiones con el objetivo de maximizar el bienestar público con las menores pérdidas ambientales posibles, es decir, facilitar la gestión ambiental para la toma de decisiones en la priorización de políticas públicas y detallar la sostenibilidad del municipio.

Los índices calculados fueron:

i. "Índice de producción de emergía" o EYR *(emergy yield ratio),*

ii. "Índice de carga ambiental" o ELR *(environmental loading ratio)* y el

iii. "Índice de sostenibilidad ambiental o emergética" o ESI *(emergy sustainability index)*.

Mayores valores del *índice de carga ambiental* indican mayor estrés ambiental en el sistema. Cuanto más alto sea el *índice de producción de emergía*, más energía está proporcionando un proceso dado al sistema frente a la que retira. La emergía renovable capturada expresa el flujo de emergía capturada e introducida en el sistema, expresada en términos de inversión monetaria, teniendo en cuenta que a largo plazo solo son sostenibles sistemas con alto porcentaje de emergía renovable capturada.

Cálculo de índices: Los índices muestran las diversas características del sistema en estudio, permitiendo hacer comparaciones y propuestas con el fin de priorizar la gestión y la sostenibilidad ambiental del sistema. Los principales índices se muestran en la Tabla 3.

2 Pueden consultarse en diversas fuentes (Ulgiati *et al.,* 1994; Brown & McClanahan, 1996; Odum, 1996; Day *et al.,* 1997; Ulgiati & Brown, 2002; Brotje, 2003).

Tabla 3. Principales índices de estado que se emplean en la síntesis emergética.

Índice o Indicador	Formula	Unidades	Descripción
Emergía Total U	U = R + N + F		
Índice de producción de Emergía - EYR	EYR = U/ (F1+F2+F3+SL_N)		Mide la contribución potencial de un proceso al conjunto del sistema debida a la explotación de recursos locales.
Índice de carga ambiental - ELR	ELR = (N+F1+F2+F3+SL_N)/ (R+SL_R)		Índice de estrés ambiental, debido a una producción, indicador de la presión de un proceso de transformación sobre el medio ambiente.
Índice de Emergía Renovable capturada	R/F		Índice de efectividad del sistema socioeconómico en la captación de los flujos naturales.
Consumo de Emergía por persona	U/Población	seJ/persona/ año	Medida del nivel de vida potencial medio de una población
Capacidad de Carga renovable	U/superficie del país	sej/m^2/año	Índice de presión de un proceso sobre un territorio.
Capacidad de carga enovable	(R/U) x Población	Población	Estima población que podría mantenerse dependiendo sólo de los recursos renovables
Índice monetario Emergético	U/PIB	sej/$	Relaciona emergía con unidades monetarias. Análisis de relaciones comerciales.
Índice de sostenibilidad - ESI	EYR/ELR		Medida de la contribución del sistema jerárquicamente superior a la producción del sistema por unidad de carga del mismo.

Fuente: Álvarez *et al* (2006)

Fase IV: Determinación de los temas prioritarios de manejo hacia la sostenibilidad

Obtenidos los índices de sostenibilidad, se interpretaron y analizaron con el fin de identificar los insumos que más contribuyen a las importaciones de emergía no renovable. De acuerdo con esto se definió hacia qué áreas o temas direccionar las políticas públicas para fortalecer la sostenibilidad ambiental del municipio definido como Tecnoecosistema, con base en definición de Odum *et al.* (2006). Determinar los temas de prioridad facilitará la toma de decisiones según su ecología, de manera que genere riqueza real desde el punto de vista ecosistémico. Además, referencia el contexto de ciudades emergentes y las características que se describieron en el área de estudio. Se tuvo cuenta los panoramas nacional y mundial, y se adoptó una perspectiva global en temas sociales, económicos y ambientales.

Fase V: Análisis y entrega de resultados

Se extrajeron las respectivas conclusiones de la aplicación de la síntesis emergética, así como las recomendaciones y las futuras decisiones para llegar al desarrollo sostenible. Estas recomendaciones

corresponden al análisis de las debilidades y fortalezas del modelo, buscando el mejoramiento continuo de la metodología para la definición concreta de cómo se encuentra el municipio de Palmira para afrontar las consecuencias de la dinámica mundial en el cambio climático, económico y social, como ciudad emergente que pretende ser sostenible.

La figura 2 muestra la importancia de la obtención de información básica desde la fase 1 con el fin de cumplir con la síntesis emergética y definir la sostenibilidad del municipio de Palmira como Tecnoecosistema, cumpliendo con los objetivos propuestos, especialmente en la fase 5, donde se realizan las conclusiones interpretando los indicadores emergéticos.

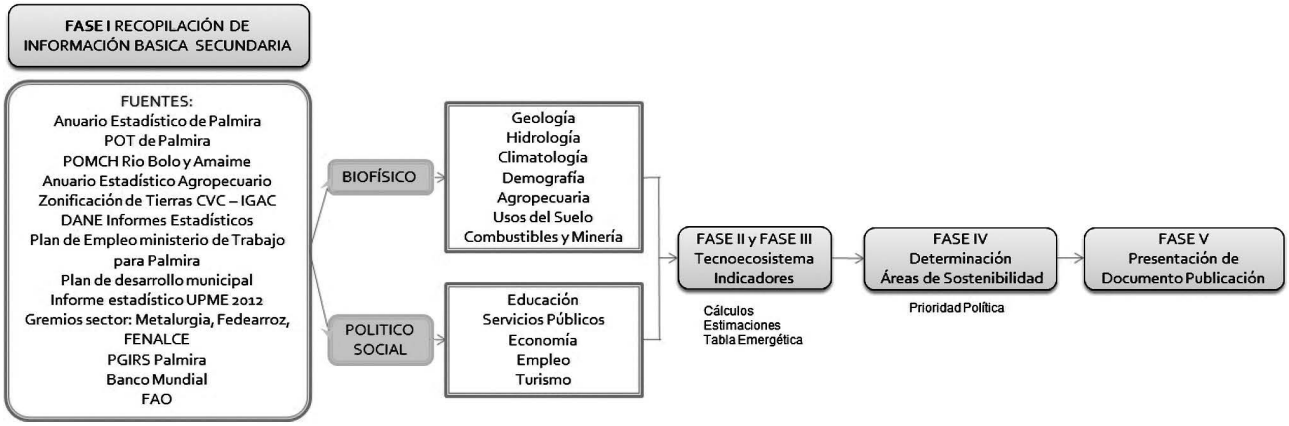

Figura 2. Esquema metodológico en cinco fases

Resultados y discusión

Tecnoecosistema Palmira – Diagrama de flujo

Para definir el municipio de Palmira como sistema ecológico, se requirió establecer y definir los componentes rural y urbano que lo integran como sistema en un diagrama, de ahí, saber cuáles son los flujos de entrada y salida de energía. Este Diagrama de Flujos, se denominó "Tecnoecosistema Palmira", identificados con la mayor especificidad, para su posterior cuantificación, así como las relaciones entre componentes con el medio ambiente, con información recopilada de distinta fuente de los componentes rural y urbana, para esquematizar las interacciones, usando los símbolos de la ecología de sistemas, como se definieron en la Figura 1.

Las interacciones del ecosistema con entradas y salidas de energía, pueden verse en la Figura 3.

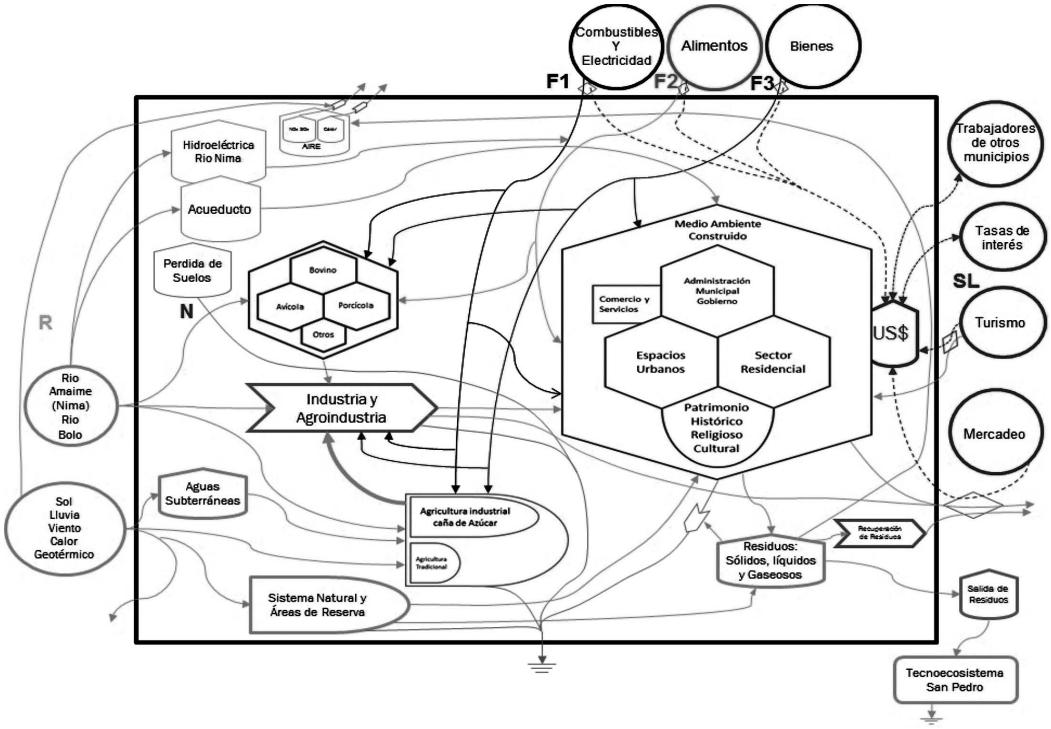

Figura 3. Tecnoecosistema Palmira 2012

El diagrama permite extraer las principales características del sistema, y la relación sociedad-naturaleza con sus subsistemas ambientales y antrópicos.

El diagrama se organiza de izquierda a derecha, de acuerdo al aumento del valor de la transformidad, mostrando los componentes biofísicos y los sectores económicos, así como sus interacciones (las rutas de materia y flujos de energía intercambiada), proporcionado una imagen preliminar de la complejidad interna y la dinámica. Influenciado por las cuencas del rio Amaime y Bolo que a su vez hacen parte de la gran cuenca del rio cauca, con un sistema urbano que demanda bienes y servicios, con un total de 298.667 habitantes y una superficie de 116.200 hectáreas, con un sector agrícola dominado ampliamente por el cultivo de la caña de azúcar y su agroindustria, que incluye la producción de etanol, con algunos cultivos de alimentos y amplio sistema natural. El sector industrial y pecuario, interactúa para entrar al consumo del ambiente urbano, con exportaciones y las transacciones económicas y generación de empleo.

Se destaca el almacenamiento de energía renovable, por la pequeña central hidroeléctrica, se une al flujo de importación de energía eléctrica y combustibles. El acueducto, pérdida de suelo y el componente aire que dependen de los flujos de recursos como el sol, la lluvia, el viento, Calor.

Por la complejidad, se ha querido diferenciar los flujos de emergía importada con colores, el color negro para combustibles y electricidad (F1), color verde a los alimentos (F2), color azul a los bienes y servicios (F3) y color rojo al intercambio de dinero (SL). Se observa el flujo de importación de alimentos y bienes, que entran directamente a lo agropecuario y al sistema urbano.

En la parte inferior se denotan los sumideros de emergía así como el transporte de residuos por fuera de los límites a otro Tecnoecosistema (municipio de San Pedro), lugar donde opera el relleno sanitario de presidente.

Esta representación permite mostrar, como se definen los elementos de la tabla emergética, tabla 14, donde se lleva la contabilidad de los flujos emergéticos.

Tabla emergética – Contabilidad emergética

En la tabla emergética se muestran los principales flujos energéticos con su respectiva transformidad y equivalente emergético distribuidos así:

- *Recursos renovables*: los que se pueden regenerar a nivel local de manera natural a una velocidad tal que el consumo humano no afecte esta regeneración: sol, viento, lluvias, calor.

- *Producción de energía renovable*: Por separado también se contabilizan la energía hidroeléctrica, la agricultura y pecuaria, que se producen localmente.

- *Recursos locales no renovables*: los que se consumen de manera que la naturaleza se ve limitada para regenerarlos y sostener su tasa de consumo, como la pérdida del suelo.

- *Importaciones:* todos aquellos bienes, alimentos y combustibles que entran al sistema y no se producen localmente.

- Exportaciones nacional e internacional: Son las salidas de bienes y servicios que salen del sistema hacia otros, como alimentos, combustibles, manufacturas.

En la Tabla 4, se muestran seis columnas; la primera indica el tipo de recurso; la segunda, la unidad energética o específica (materia) en que se halla expresado el recurso; la tercera, la cantidad neta del flujo anual; la cuarta, la transformidad para hallar la eMergía de cada recurso; la quinta, la fuente donde se halló la transformidad; y la sexta, la eMergía del respectivo flujo del recurso en el año. La Tabla 4 también muestra los flujos de dinero asociados a la ejecución del presupuesto municipal y el turismo. Para calcular la emergía de las transacciones económicas fue necesario calcular la emergía de Colombia para hallar su transformidad. Estos cálculos se presentan en el Anexo 2, al igual que los indicadores emergéticos nacionales.

Tabla 4. Tabla emergética tecnoecosistema Palmira

	Ítem (1)	Unidad (2)	Cantidad neta (3)	Transformidad (seJ/unit) (4)	Fuente biblig. Transformidad (5)	Emergía (seJ/año) (6)=(3)x(4)
	Recursos renovables					
1	Intensidad solar	J/año	2,64E+16	1	Por definición	2,64E+16
2	Velocidad del viento (energía cinética)	J/año	3,02E+14	2,51E+03	Odum (1996)	7,59E+17
3	Lluvia (potencial químico)	J/año	1,24E+16	3,05E+04	Odum (1996)	3,78E+20
4	Geopotencial de lluvias	J/año	4,38E+16	4,66E+04	Ulgiati *et al.* (1994)	2,04E+21
5	Calor geotérmico	J/año	1,06E+15	5,76E+04	Odum (1996)	6,11E+19
6	Caudal de ríos	J/año	1,67E+15	3,05E+04	Odum (1996)	5,08E+19
	Producción de energía renovable					
7	Hidroelectricidad	J/año	9,40E+14	3,36E+05	Odum (1996)	3,16E+20
8	Etanol	g/año	4,28E+13	5,03E+04	Fernández (2008)	2,15E+18
9	Carne	g/año	1,40E+09	3,00E+10	Ulgiati *et al.* (1994)	4,19E+19
10	Pescado	g/año	1,79E+08	2,78E+11	Ulgiati *et al.* (1994)	4,98E+19
11	Frutas y vegetales	g/año	1,85E+09	1,01E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	1,87E+18
12	Azúcar	g/año	1,02E+10	6,04E+08	Odum (1996)	6,13E+18
13	Granos	g/año	5,52E+09	6,04E+08	Romitelli (2000)	3,33E+18
14	Leche	g/año	1,91E+06	1,44E+10	Romitelli (2000)	2,75E+16
15	Agua acueducto	g/año	1,38E+13	3,76E+06	Romitelli (2000)	5,17E+19
	Recursos locales no renovables					
16	Pérdida de suelo	J/año	5,72E+14	1,23E+05	Odum (1996)	7,03E+19
17	Arena y grava	g/año	5,65E+10	1,68E+09	Brandt-Williams (2001)	9,49E+19
	Importaciones					
18	Hidroelectricidad	J/año	9,40E+14	3,36E+05	Odum (1996)	3,16E+20
19	Electricidad	J/año	5,22E+14	1,74E+05	Odum (1996)	9,08E+19
20	Carbón	J/año	9,71E+15	6,69E+04	Odum (1996)	6,49E+20
21	Gasolina	J/año	7,50E+14	1,05E+05	Bastianoni et al (2009)	7,88E+19

Tabla emergética tecnoecosistema Palmira (continuación)

	Ítem (1)	Unidad (2)	Cantidad neta (3)	Transformidad (seJ/unit) (4)	Fuente biblig. Transformidad (5)	Emergía (seJ/año) (6)=(3)x(4)
22	Diésel	J/año	1,01E+15	1,10E+05	Bastianoni et al (2009)	1,11E+20
23	LPG	J/año	2,93E+14	1,11E+05	Bastianoni et al (2009)	3,25E+19
24	Gas natural	J/año	2,23E+15	9,85E+04	Romitelli (2000)	2,20E+20
25	Cereales y granos	g/año	5,52E+10	6,04E+08	Ulgiati *et al.* (1994)	3,33E+19
26	Aceite	g/año	8,84E+09	4,25E+11	Ulgiati *et al.* (1994)	3,76E+21
27	Frutas y vegetales	g/año	1,85E+10	1,01E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	1,87E+19
28	Bebidas alcohólicas	g/año	1,54E+09	1,41E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	2,09E+18
29	Carne	g/año	1,40E+10	3,00E+10	Ulgiati *et al.* (1994)	4,19E+20
30	Pescado	g/año	1,79E+09	2,78E+11	Ulgiati *et al.* (1994)	4,98E+20
31	Leche	g/año	1,91E+07	1,44E+10	Ulgiati *et al.* (1994)	2,75E+17
32	Madera	J/año	1,24E+13	5,36E+04	Odum (1996)	6,66E+17
33	Cemento	g/año	8,31E+04	1,73E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	1,44E+14
34	Caliza	g/año	9,97E+10	1,68E+09	Brandt-Williams (2001)	1,67E+20
35	Arenas y grava	g/año	9,97E+09	1,68E+09	Brandt-Williams (2001)	1,67E+19
36	Acero	g/año	1,79E+10	1,44E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	2,58E+19
37	Plásticos (PET, PP, PS)	g/año	6,07E+09	4,69E+09	Brown & Ulgiati (2004)	2,85E+19
38	Aluminio	g/año	6,62E+08	7,74E+08	Odum. (1996)	5,13E+17
39	Cobre	g/año	3,60E+07	3,36E+09	Brandt-Williams (2001)	1,21E+17
40	Otros metales	g/año	5,52E+08	4,74E+09	Odum (1996)	2,62E+18
41	Papel y cartón	g/año	4,42E+09	7,37E+04	Lan & Odum (2004)	3,25E+14
42	Textiles	g/año	4,42E+08	1,34E+11	Ulgiati *et al.* (1994)	5,92E+19

Tabla emergética tecnoecosistema Palmira (continuación)

	Ítem (1)	Unidad (2)	Cantidad neta (3)	Transformidad (seJ/unit) (4)	Fuente biblig. Transformidad (5)	Emergía (seJ/año) (6)=(3)x(4)
43	Vidrio	g/año	5,52E+08	3,18E+09	Brown & Ulgiati (2004)	1,76E+18
44	Caucho	g/año	5,52E+08	7,21E+09	Odum (1996)	3,98E+18
45	Asfalto	g/año	1,20E+09	9,56E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	1,15E+19
46	Fertilizantes	g/año	1,82E+10	8,28E+09	Ulgiati *et al.* (1994)	1,51E+20
47	Servicios asociados a importaciones	$/año	3,04E+08	7,24E+12	Anexo 1b	2,20E+21
54	Mano de obra importada de otros municipios	perso-nas/ año	1,00E+03	5,68E+16	Anexo 1b	5,68E+19
49	Turismo	$/año	5,37,E+06	7,24E+12	Anexo 1b	3,88E+19
	Exportaciones nacional e internacional					
50	Prod. agrícolas (azúcar y abonos)	J/año	1,51E+15	1,40E+05	Coelo *et al.* (1996)	2,12E+20
51	Etanol (Manuelita)	J/año	2,10E+15	5,03E+04	Coelo *et al.* (1996)	1,05E+20
52	Prod. agroind. (cítricos, panela y licores)	J/año	3,18E+14	2,00E+05	Fernández (2008) (1996)	6,35E+19
53	Productos químicos	g/año	1,79E+10	4,89E+09	Coelo *et al.* (1996)	8,73E+19
54	Plásticos y cauchos	g/año	1,18E+08	4,69E+09	Coelo *et al.* (1996)	5,53E+17
55	Productos de madera	J/año	4,54E+12	1,30E+06	Coelo *et al.* (1996)	5,82E+18
56	Papel y derivados	J/año	1,00E+13	1,30E+06	Coelo *et al.* (1996)	1,31E+19
57	Máquinas y equipamientos	J/año	1,02E+08	6,70E+09	Coelo *et al.* (1996)	6,83E+17
58	Vidrio	g/año	6,23E+08	3,18E+09	Coelo *et al.* (1996)	1,98E+18
59	Productos de aluminio	g/año	1,19E+09	7,74E+08	Coelo *et al.* (1996)	9,17E+17
60	Servicios y otras transacciones económicas	US $/ año	1,31E+08	1,37E+12	Coelo *et al.* (1996)	1,80E+20
	PIB municipal	US $/ año	3,58E+08			
	Ejecución gubernamental	US $/ año	1,21E+08			

Indicadores emergéticos

Los indicadores emergéticos permiten establecer el estado del Tecnoecosistema Palmira, con la sumatoria de los flujos emergéticos y la sumatoria total de eMergía para el cálculo de los índices que permitirán el análisis para la toma decisiones en gestión ambiental y direccionamiento de Políticas Públicas en Planeación. Para este caso, se priorizaron los índices de Producción de eMergía (EYR), el índice de carga ambiental (ELR) y el índice de Sostenibilidad Emergética o Ambiental (ESI), a la vez se hace una comparación con los indicadores a nivel nacional, así como el porcentaje de producción de eMergía de cada flujo de manera que se haga menos complejo el análisis (Tabla 5).

La tabla también muestra una comparación de indicadores emergéticos entre Palmira y Colombia, sin desconocer las proporciones entre la concentración de recursos y territorio, sin embargo, dará un margen de idea, de cómo se encuentra la sostenibilidad de municipios intermedios en comparación con la sostenibilidad nacional, lo que puede indicar que la sostenibilidad puede mejorarse de pues la capacidad del sistema colombiano puede abarcar el dominio de estrategias en el flujo de emergía y el diseño de políticas regionales.

Muestra las categorías de los flujos de entrada, destacándose que los flujos locales renovables y no renovables, tienen una buena participación con respecto a la emergía total, con un 36%, sin embargo, los importados tienen mayor aporte, esto refleja una capacidad de carga que podría ser menor si no fuera por el sistema actual de desarrollo en bienes y servicios. Llama la atención que el flujo más alto de emergía, se presenta en las importaciones, es decir, a la entrada al Tecnoecosistema, que corresponde a los alimentos importados con un 37%, teniendo en cuenta, el potencial agrícola del Tecnoecosistema por la disponibilidad de suelos y calidad de varios de ellos en diferentes áreas, le siguen combustibles y electricidad y posteriormente bienes y servicios.

Las formulas respectivas para el cálculo de los flujos se muestran en la Tabla 3, sin embargo la tabla 5, también presenta la forma como se hallaron los indicadores a partir de los flujos de eMergía.

Tabla 5. Indicadores emergéticos

	Flujos en Conjunto de la Tabla Emergética	Unidades	Flujo de Emergía	%
R	Emergía Renovable	seJ/año	3,04E+21	24
N	No renovables local	seJ/año	8,36E+20	6
Nn	Pérdida de Suelos local	seJ/año	1,65E+20	1
Ne	Productos directamente exportados	seJ/año	6,71E+20	5
F1	Emergía Importada de Combustibles y electricidad	seJ/año	1,50E+21	12
F2	Emergía Importada Alimentos	seJ/año	4,73E+21	37
F3	Emergía Importada de bienes y comodidades	seJ/año	4,69E+20	4
SL_N	Fracción no renovable (94%) de mano de obra y servicios de importación	seJ/año	2,13E+21	16
SLR	Fracción renovable (6%) de mano de obra y servicios de importación	seJ/año	3,41E+18	0,03
U	Emergía Total	seJ/año	1,29E+22	100
Indicadores de Desempeño			**PALMIRA**	**COLOMBIA**
U/PIBm	Emergía/PIBm[1]	seJ/$	3,60E+13	7,24E+12
U/P	Emergía/hab	sej/Persona	4,3E+16	5,68E+16
A	Área Urbana	m^2	1,6E+09	1,14E+12
U/A	Densidad Potencial	sej/m^2/año	7,9E+12	2,32E+12
EYR	Índice de Producción de emergía U/ $(F1+F2+F3+SL_N)$		1,46	13,68
ELR	Índice de Carga Ambiental $(N+F1+F2+F3+SL_N)/(R+SL_R)$		3,2	0,45
ESI	Índice de Sostenibilidad Ambiental (EYR/ELR)		0,46	30,69
$U_{pal}/_{UCol}$	Emergía de Palmira/Emergía Colombia	%	0,49	

Los flujos de emergía locales renovables y no renovables, muestran un gran aporte debido a la disponibilidad que existe de ellos sobre el territorio palmirano, con un 24% y 6% de Producción respectivamente.

La carga ambiental ELR con 3,2, es un dato aceptable y manejable, que podría ser más bajo debido al gran aporte que tiene la disponibilidad de recursos renovables y no renovables sobre el Tecnoecosistema, que se limita por el flujo de importaciones.

La sostenibilidad ambiental del Tecnoecosistema Palmira, ESI de 0,46, indica que el municipio es superior a comparación de sistemas urbanos a nivel mundial consultados en Ulgiati *et al.* (2007), pues este indicador se presenta en promedio de 0,05 en estos Tecnoecosistemas. Sin aseverar que esto es bueno, pues, se trata de ciudades de mayor tamaño, es muy superior, y puede ser similar en los demás municipios intermedios vallecaucanos por las condiciones de disponibilidad del componente rural. Debe ser prioridad aumentarlo hacia 1 (uno), de manera que se aproveche el aporte de emergía de los recursos renovables para la resiliencia del sistema.

Para poder aumentar o mantener esta sostenibilidad ambiental, la prioridad en la gestión ambiental, debe dirigirse al análisis y manejo del flujo F2 (alimentos) y el flujo F1 (combustibles y electricidad), debido al aporte de emergía de fuera del Tecnoecosistema, que implica el importe de alimentos, que es competencia del uso agrícola del suelo, ampliamente dominado por cultivos industriales sin aseverar que es de su total responsabilidad.

La generación de riqueza real, entonces, está siendo limitada por el actual uso del suelo, y puede mejorarse la sostenibilidad ambiental de municipio, con un mejor aprovechamiento de este recurso, lo cual, sería una gestión transversal, pues, aumentaría la mano de obra y mayor aporte de emergía local, que tiene correlación con la necesidad de mejoramiento en técnicas de producción agropecuaria y agroforestal en más del 23% del territorio, el cual, no se aprovecha de manera sostenida, reafirmando el direccionamiento de la gestión para formulación de políticas públicas en el ordenamiento del territorio.

La prospectiva de la globalización está ofreciendo aumento de las oportunidades financieras, ampliando la cultura consumista del individuo e industrias del municipio, lo que puede significar el aumento del F1 (Combustibles y electricidad) en demanda de combustibles, parque automotor y el F3 (bienes y servicios) con artículos electrodomésticos, por lo que se deben fijar estrategias para apoyar normas de producción más limpia y cultura ciudadana o reforzar las ya existentes a nivel nacional.

Conclusiones

Es posible valorar sistemas urbanos, como el municipio de Palmira, como sistema ecológico, denominado “Tecnoecosistema”, con el método de la síntesis emergética, permitiendo diferenciar entre economía ambiental y economía ecológica, dando valor a los recursos naturales en conjunto con todo el sistema económico y social, en una sola contabilidad y así direccionar las áreas de sostenibilidad, con el cálculo de índices emergéticos, para la toma de decisiones en políticas públicas.

El método de la síntesis emergética es útil para identificar los insumos que contribuyen más a las importaciones de emergía no renovable. Como lo sugiere Odum (1996), la importación de recursos da una idea de una falta de sostenibilidad económica, mientras que el hecho de que no es renovable, sugiere una escasez futura debido a una dependencia de la disponibilidad real de recursos en la tierra.

La aplicación de la síntesis emergética, expone la debilidad de los métodos crematísticos de valoración ambiental, al no poder aplicar un valor a los servicios ambientales o ecosistémicos, no están involucrando su valor social, subestimando su conservación.

Sin embargo, la aplicación del método de la síntesis emergética, presenta la debilidad de no incluir el componente social y el análisis de preferencias sociales, que los métodos crematísticos, hacen en sus valoraciones, pero, siguen siendo imprecisos según varios de los autores consultados. Por lo tanto, este trabajo se centra en el valor de servicios ecosistémicos, para la toma de decisiones, a las que se debe dirigir lo político que involucra el componente social de Palmira, en temas de educación y empleo.

El que Palmira sea una ciudad intermedia y cuente con un anuario estadístico de la cámara de comercio, un POT y agremiaciones, permitió hallar información para la aplicación del método, sin embargo, buena parte de ella debió estimarse de varias fuentes privadas y estatales nacionales y fuentes internacionales, debido a no estar tan desglosada como lo exige la método, lo que hace que el estudio sea muy dispendioso. A pesar de ello, desde ahora se cuenta con una línea base para mejorar las fuentes de información y realizar los respectivos balances de masa y energía temporales y verificar el comportamiento de los indicadores emergéticos en corto plazo.

Actualmente se viene debatiendo la eficacia de las Unidades Agrícolas Familiares – UAF y la necesidad de un reordenamiento territorial serio en el uso del suelo nacional, este documento permite valorar este debate, debido a que Palmira, por su posición geográfica, sus ventajas comparativas y estar sujeta al metabolismo social de la ciudad de Cali, debe direccionar una política transversal hacia un uso efectivo del suelo, que impulse la producción de alimentos y su agroindustria, acompañado del ordenamiento urbano. Por lo tanto, debe existir disposición política para proponer al municipio de Palmira, como una ciudad emergente, para hacerla más sostenible y competitiva y cumpla con las tres áreas críticas para este propósito.

El análisis de los flujos, debe ampliarse con el estudio de emergía importado F1 (Combustibles y electricidad) y F3 (Bienes y comodidades), que incluya un valor aproximado de entradas de artículos eléctricos, electrónicos y partes de automóviles, de manera que se clasifiquen los materiales componentes y la cantidad generada con su respectiva transformidad, esto permitirá un análisis más exacto del estrés ambiental del Tecnoecosistema.

Es conveniente integrar estudios de emisiones de CO_2 y polución – asociados a la huella de Carbono, a través de la síntesis emergética, para generación de riqueza y midan la aplicación de políticas de Cambio Climático integrado al CONPES 3550 de 2008 en salud ambiental.

La responsabilidad del uso adecuado del suelo de acuerdo con los resultados del F2 (Alimentos Importados), implica renovar y aportar al debate de las unidades agrícolas familiares que trasciende desde el modelo de producción agrícola impuesto desde los años 70's, sobre la capacidad del Tecnoecosistema de promover riqueza con las necesidades alimentarias del mundo y potencialidad como reserva agrícola, que puede reforzarse con análisis más profundo de la emergía de Colombia.

Debe darse prioridad al debate político hacia el reordenamiento territorial nacional, que defina la zonificación regional de la agricultura y la agroindustria, y el apoyo de capital social, es decir, personal capacitado, que atienda el desafío de una renovación en el uso del suelo agrícola, tomando modelos exitosos de otros países como Brasil, en producción de alimentos.

La síntesis emergética permitiría realizar el estudio de viabilidad al desarrollo de regiones con sostenibilidad ambiental, en el marco de la Ley 1454 de 2011, con la aplicación de método de síntesis emergética, que para el caso de región a la que pertenece Palmira, se consideraría el análisis de un Tecnoecosistema conformado por los departamentos de Chocó, Valle, Cauca y Nariño.

El estudio de la Síntesis Emergética para el ecosistema Palmira, debe actualizarse en periodos de corto plazo acorde al Plan de Ordenamiento Territorial, es decir, máximo cada cuatro años, de manera que permita un análisis temporal con datos que impliquen estadística inferencial, y pronosticar probabilidades emergéticas.

El valor de emergía local, por la forma como están constituidos los municipios intermedios del Valle del Cauca, con los componentes rural y urbano, y la disponibilidad de recursos naturales en zonas de vida similares, pueden presentar los mismos comportamientos, lo que se puede constituir en

una nueva pregunta de investigación, y establecer rangos estadísticos descriptivos de la emergía en municipios de Colombia.

La metodología podría replicarse en municipios cercanos a las grandes capitales colombianas, Bogotá, Medellín y Barranquilla, de manera que permita la comparación de indicadores de sostenibilidad y medición política públicas.

De acuerdo a la literatura revisada, especialmente de otros estudios de ciudades especialmente en Europa y Asia, las ciudades colombianas puede estar presentando una sostenibilidad mucho mayor y manejar una carga ambiental, que permitan la efectividad de políticas públicas de desarrollo, con respecto a las de estos continentes.

Por lo anterior, puede hacerse una recopilación de datos de indicadores y contextos de otros estudios de ciudades y compararlos con la emergía de ciudades Colombianas.

La línea base y conclusiones de este estudio, deben ser tenidos en cuenta por la administración municipal para la elaboración de la propuesta de Palmira como ciudad sostenible y competitiva, referenciando los servicios ecosistémicos y la forma sistemática para medir el cumplimiento de políticas públicas, a través, de la síntesis emergética, entonces se podría afirmar que Palmira cumpliría con los parámetros de selección, resta sólo por gestionar la disponibilidad política.

Para mejor visualización de los resultados de la contribución real de los insumos aportados y de la sostenibilidad global de los procesos de producción, se puede realizar la aplicación de diagramas ternarios que ofrecen una representación gráfica, muy eficiente para la caracterización de los sistemas, que se puede describir con tres variables. ALMEIDA (2004). Este modelo, ampliamente utilizado en las ciencias físicas, se basa en las propiedades geométricas de triángulos equiláteros. El triángulo basado en la contabilidad de emergía e índices de emergía para evaluar los procesos de producción y permisos de los sectores industriales, es usado para evaluar la situación real de un determinado proceso y también para identificar los parámetros críticos que pueden cambiarse para mejorar el rendimiento medioambiental de todo el sistema.

Literatura citada

1. Almeida, C., Barrella, F. & Giannetti, F. (2004). Graphical tool for emergy analysis: concepts and an example of application. São Paulo: Universidade Paulista.
2. Álvarez, S., Lomas, P.L., Martín, B., Rodríguez, M. & Montes, C. (2006). La síntesis emergética ("emergy synthesis"). Integrando energía, ecología y economía. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
3. Bargigli, S. & Ulgiati, S. (2003). Emergy and life-cycle assessment of Steel production. En: Proceedings of the Second Biennial Emergy Evaluation and Research Conference, 20-22. Gainesville, FL, EE.UU.
4. Bastianoni, S., Campbell, D., Ridolfi, R. & Pulselli, F. (2009). The solar transformity of petroleum fuels. Ecol. Model. 220: 40-50. De: www.elsevier.com/locate/ecolmodel
5. Becht, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductionism. Bioscience 24(10): 569-579.
6. Bertalanffy, L. (1991). Teoría general de los sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones. México: Fondo de Cultura Económica.
7. Brandt-Williams, S. B. (2001). Handbook of emergy evaluation: Folio # 44. Gainesville, FL: Center for Environmental Policy, University of Florida.
8. Brown, M.T. & Herendeen R.A. (1996). Embodied energy analysis and EMergy analysis: a comparative view. Ecological Economics, 19: 219-235.
9. Brown, M.T. & Ulgiati, S. (2004). Emergy analysis and environmental accounting. Encyclopedia of Energy. Vol. 2: 329-354.
10. Cámara de Comercio de Palmira (2012). Anuario estadístico municipio de Palmira Palmira: Fundación Progresamos y Municipio de Palmira.
11. Coelo, O., Ortega, E. & Comar, V. (1996). Balanço emergía do Brasil. (Dados de 1996, 1989 e 1981). Brasil.
12. CVC. (2000). Proyecto de modelación río Cauca. Elevación media de la cuenca del río Amaime. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. De: http://www.cvc.gov.co/cvc/Mosaic/dpdf1/volumen4/3-caracteristicasgrtv4f1.pdf
13. Daily, G. (Ed). (1997). Nature´s services: societal dependence on natural ecosystems. Island. Washington D.C. USA.
14. DANE (2005). Proyecciones de población Censo General. Bogotá: DANE.

15. Daniels, P. L. & Moore, S. (2002). Approaches for quantifying the metabolism of physical economies. Part I: Methodological overview. Journal of Industrial Ecology, 5 (4): 69-93.

16. Diario El País de Cali (14 de abril de 2013). ¿Por qué Cali es el nuevo blanco de la inversión extranjera en el Pacífico colombiano? Cali, Colombia.

17. Fernández Pereira, C. L. (2008). Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. Estudo de caso: suco de laranja e etanol. Brasil: Universidade Estadual de Campinas.

18. Gobernación del Valle del Cauca (2010). Anuario Estadístico del Valle del Cauca. Cali: Gobernación del Valle del Cauca. De: http://www.valledelcauca.gov.co/planeacion/publicaciones.php?id=19299

19. Goodland, R. & Daly, H. (1996). Environmental sustainability: universal and non-negotiable. Ecological Applications, 6(4):1002-1017.

20. Ibargüen, J. L. (2012). Caracterización energética en la siderúrgica SIDOC. Palmira: Colciencias-Unal.

21. IGAC, CVC & MAVDT (2004). Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca. Bogotá D.C.: Instituto Agustín Codazzi.

22. Lan, S. & Odum, H.T. (2004). Emergy evaluation of the environment and economy of Hong Kong. J. Environ. Sci., 6: 432-439.

23. León, J. (2001). Estudio y control de la erosión hídrica. Documento de trabajo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

24. MAVDT. (2003). Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

25. MAVDT. (2008). Política de gestión ambiental urbana. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

26. MAVDT. (2009). Plan decenal ambiental. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

27. Moreno, L.A. (2011). Presentación plataforma ciudades emergentes sostenibles. 25 de marzo. Calgary: Cámara de Comercio de Calgary, Canadá.

28. Odum, H. (1996). Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons .

29. Odum, E.P. & Warrent G.W. (2006). Fundamentos de ecología. 5ª. ed. México: Thomson.

30. ONU (2011). Informe sobre población. Organización de las Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Nueva York: ONU.

31. Romitelli, M.S. (2000). Emergy analysis of the New Bolivia-Brazil Gas pipeline. En: M.T. Brown (ed.). Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology. Center for Environmental Policy. Gainesville, FL: University of Florida.

32. Tosi, J. (1972). Una clasificación y metodología para la determinación y levantamiento de mapas de la capacidad y uso mayor de la tierra en Colombia. Serie en facsímil No. 7. San José de Costa Rica: Centro Científico Tropical.

33. Ulgiati, S., Odum, H.T. & Bastianoni, S. (1994). Emergy use, environmental loading and sustainability: An emergy analysis of Italy. Ecol. Model. 73: 215-268.

34. UPME (2010). Energías renovables: descripción, tecnologías y usos finales. Unidad de Planeación Minero-Energética. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.

35. UPME-IDEAM (2005). Atlas de radiación solar de Colombia. Bogotá, D.C.: UPME-IDEAM.

36. Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agriculture Handbook (537). Washington: USDA.

Recibido: 21 de abril de 2013
Aceptado: 20 de mayo de 2013

ANEXOS

ANEXO 1. Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
		Recursos renovables			
1		**Radiación solar**			
	RS	Radiación promedio multianual Kwh/ m^2/año	UPME (2005)	4,5	ES=RS*AT*FC
	FC	Factor de conversión J/Kwh		3,60E+06	
	AT	Área terrestre m^2		1,63E+09	
	ES	**Energía solar en Julios/año**		**2,64E+16**	
2		**Velocidad del viento**			
	Vv	Velocidad del viento prom. multianual m/s/año	UPME (2006)	1,5	Ev=Vv*Cat*DA* CE_a* Gt* FC*AT*T
	Cat	Altura capa atmosférica m		1000	
	DA	Densidad del aire kg/m^3		1,3	
	CE_a	Calor específico del aire Kcal/Kg-K		0,24	
	Gt	Gradiente de temperatura K/m		3,00E-09	
	FC	Factor de conversión J/kcal		4,19E+03	
	AT	Área terrestre m^2		1,63E+09	
	T	Segundos en el año		3,15E+07	
	Ev	**Energía del viento J/año**		**2,26E+14**	
3		**Potencial Químico de lluvia**			
	Eq	Energía química de lluvia ΔG J/kg		4,74E+03	PQ_{ll}= Pc*AT* D_{H20}* Eq* Ev
	Pc	Precipitación anual m/año	Anuario est. Palmira	2	
	D_{H20}	Densidad del agua Kg/m^3		1000	
	Ev	Fracción evapotranspiración		0,8	
	AT	Área terrestre m^2		1,63E+09	
	PQ_{ll}	**Potencial Químico de lluvias en Julios**		**1,24E+16**	
4		**Geopotencial de Lluvias**			
	AT	Area terrestre m^2		1,63E+09	Gp_{ll}= AT*Fs*Pc*Em* Gr*0,75* D_{H20}
	Pc	Precipitación anual m/año	Anuario est. Palmira	2	
	Em	Elevación media del relieve m	CVC (2000)	2992	
	Fs	Flujo superficial de la precipitación	POMCH Río Amaime	61%	
	Gr	Gravedad m/s^2		9,80E+00	
	D_{H20}	Densidad del agua kg/m^3		1,00E+03	
	Gp_{ll}	**Energía total en Julios**		**4,38E+16**	

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
5		**Calor geotérmico**			
	D_{sub}	Distancia de temp. subsuelo m	http://www.cocme.org/ac/images/stories/mesa_u/11-%20lap.pdf	3000	$Q = \frac{\lambda * (T_{amb} - T)}{D_{sub}}$ $Q_g = Q * Ts * AT$
	T	Temperatura a 3 Km de profundidad °C		80	
	T_{amb}	Temperatura ambiental promedio °C		23	
	Λ	Cond. térm. suelo FA Λ en (W/m²-°C)		1,67	
	Q	Flujo de calor promedio (entregado) (J/m²/s)		3,17E-02	
	Ts	Segundos en el año		3,15E+07	
	AT	Área total (m²)		1,63E+09	
	Qg	**Calor geotérmico total en Julios**		**1,63E+15**	
6		**Caudal de ríos**			
		Caudal promedio anual río Amaime m³/s	POMCH² río Amaime	10,11	**EQC**= Qc_{total} * T* QC_{anual} * EP_{H2O}
		Caudal promedio anual río Bolo m³/s	POMCH río Bolo	0,59	
	Qc_{total}	Caudal total		10,7	
	T	Segundos en el año		3,15E+07	
	QC_{anual}	Caudal anual m³/año		3,37E+08	
	EP_{H2O}	Energía potencial del agua J/m³		4,94E+06	
	EQC	**Energía total en Julios**		**1,67E+15**	
		Producción de energía renovable			
7		**Hidroelectricidad**			
		Del 65% de la hidroelectricidad que recibe Palmira el 2% corresponde a la pequeña central hidroeléctrica sobre el río Nima. Tomado del cálculo Nº 19.	Informe de Interconexión EPSA		
		2% Hidroelectricidad en Julios		**9,70E+14**	
8		**Etanol**			
		Producción de etanol Litros/día	ASOCAÑA - Ingenio Manuelita producción territorio Palmirano http://www.minagricultura.gov.co/archivos/cartagena_-_sep_07asocana_v2.pdf	2,50E+05	P_{Etanol}= P_{C2H6O}* D_{C2H6O} $\mathbf{E}_{C2H6O}$= P_{Etanol}*PC_{C2H6O} $\mathbf{E}_{palmira}$= $\mathbf{E}_{C2H6O}$*0,02
	P_{C2H6O}	Pdón m³/año		9,13E+04	
	D_{C2H6O}	Densidad del etanol kg/m³		7,89E+02	
	P_{Etanol}	Pdón kg/año		7,20E+07	
	PC_{C2H6O}	Poder calorífico Kj/kg		2,97E+04	
	E_{C2H6O}	Energía total en J		2,14E+15	
		El 10% de la gasolina posee etanol, de lo que se estima que de la producción el 2% está presente en la gasolina que consume Palmira			
	$\mathbf{E}_{palmira}$	2% de la energía total de etanol en J		4,28E+13	

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
		Producción agropecuaria			
		De la demanda de productos agrícolas, solo el 10% se produce en territorio palmirano, tomando datos ítem 25 al 31.	Secretaría de Agricultura Palmira		
9		**Carne g/año**		**1,40E+09**	
10		**Pescado g/año**		**1,79E+08**	
11		**Frutas y vegetales g/año**		**1,85E+09**	
12		**Granos g/año**		**5,52E+09**	
13		**Azúcar g/año**			
	$C_{azú}$	Consumo per cápita de azúcar Kg/hab/año	http://www.asocana.org/documentos/2452011-6ab62dfe-00ff00,000a000,878787,c3c3c3,0f0f0f,b4b4b4,ff00ff,2d2d2d,b9b9b9.xls	3,40E+01	$\mathbf{CT}_{azú}= C_{azú}*HAB$
	$\mathbf{CT}_{azú}$	Consumo de azúcar g		1,02E+10	
14		**Leche**		**1,91E+06**	
15		**agua acueducto**			
	C_{H2O}	Consumo de agua m³/año	Anuario Estadístico de Palmira	1,38E+07	$M_{H2O}= C_{H2O}*D_{H20}$
	D_{H20}	Densidad del agua g/m³		1,00E+06	
	$\mathbf{M}_{H2O}$	**Masa de agua usada g/año**		**1,38E+13**	
		Recursos no renovables local			
16		**Pérdida de suelos**	Ver anexo 3		
	Ac	Área cultivada sujeta a erosión	Estimado de IGAC (2004)	1,02E+09	$EA=Ac*A*MO*(1- MO_{H2O})*E_{MO}*FC$
	A	Pérdida (A) neta de suelos g/m²/año	Estimado de León (2001)	2,1E+03	
	MO	Materia orgánica %	Estimado de tabla A33 IGAC (2004)	4%	
	E_{MO}	Energía cont. M.O seca Kcal/g		5	
	FC	Factor de conv. J/Kcal		4186	
	MO_{H2O}	Asumiendo cont. de agua en M.O		70%	
	EA	**Energía total en julios**		**5,72E+14**	
17	$\mathbf{Argra}_t$	**Arena y grava 85% g/año**		**5,65E+10**	$\mathbf{Argra}_t$= ArGra*0,85
		Emergía importada			
	E_{elec}	Consumo de energía Kwh/año	Anuario Estadístico del Valle	4,14E+08	
	FC	Factor de conversión J/Kwh		3,60E+06	
		Energía en Julios		1,49E+15	
18	$\mathbf{H}_{elec}$	**Hidroelectricidad local 63% J**	Informe Interconexión EPSA	**9,40E+14**	$\mathbf{H}_{elec}= E_{elec}*FC*0,63$
19	$\mathbf{T}_{elec}$	**Termoelectricidad 35% J**		**5,22E+14**	$\mathbf{T}_{elec}=E_{elec}*FC*0,35$
20		**Carbón**			

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
		Consumo Colombia Toe	www.upme.gov.co/Generador-Consultas/Consulta_Balance.aspx?IdModulo=3	6,10E+06	
	FC	**Factor de conv. Julios**		4,19E+10	
		Consumo carbón Valle del Cauca %	www.upme.gov.co/Docs/Mercado_Carbon.pdf (pag30)	19%	**$E_{carbón}$= Ecpal* FC**
	Ecpal	**Estim. consumo palmirano 20% Tjulios**		**2,32E+05**	
	$E_{carbón}$	**Energía total en Julios**		9,71E+15	
21		**Gasolina**			
	$Gaso_{per}$	Kg equiv. de petróleo/habitante/año	Banco Mundial (2009)	0,06	
	FAC	Factor de conversión Julios		4,19E+10	Gaso= $Gaso_{per}$* HAB* FAC
	HAB	N° de habitantes		298.667	
	Gaso	Gasolina energía total en Julios		7,50E+14	
22		**Diésel**			
	$Dies_{per}$	Ton. equiv. de petróleo/habitante/año	Banco Mundial (Kg equivalente de petróleo)	0,081	
	FAC	Factor de conversión Julios		4,19E+10	Dies= $Dies_{per}$*HAB* FAC
	HAB	N° de habitantes		298.667	
	Dies	Diésel energía total en Julios		1,01E+15	
23		**LPG**			
	LPG_{per}	Kg/hab/año (estimado)	Andesco 2011 - Propano	23	LPG_m = (LPG_{per}* HAB)/1000 **LPG**=LPG_m*FAC
	HAB	N° de habitantes		298.667	
	LPG_m	Ton/año		6,82E+03	
	FAC	Factor de conversión J/ton		4,26E+10	
	LPG	LPG energía total en Julios		2,91E+14	
24		**Gas natural**			
	GAS_{PER}	m^3/habitante/año	www.indexmundi.com/map/?v=137000&l=es	192,09	GAS_m= GAS_{PER}* HAB
	HAB	N° de habitantes		298.667	GAS= GAS_v* FC
	GAS_m	m^3/año		5,70E+07	
	FC	Factor de conversión J/m^3		3,89E+07	
	GAS	GAS Energía total en julios		2,22E+15	
		Comida			
	HAB	N° de habitantes		298.667	Po= PoPER* HAB

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
25	Cerper	Consumo de granos y cereales kg/año/hab	Fenalce y Fedearroz	184,82	
	Cer	**Consumo de granos y cereales g/año**		**5,52E+10**	Cer= Cerper*HAB
26	Acper	Consumo de aceite vegetal kg/año/hab	Fedepalma	29,6	
	Ac	**Consumo de aceite vegetal g/año**		**8,84E+09**	**Ac= Acper*HAB**
27	Frutper	Consumo de fruta kg/año/hab	Agronet	40	
	Frut	Consumo de fruta g/año		1,19E+10	Frut= Frutper*HAB *1000
	Veg_{per}	Consumo de vegetales kg/año/hab	Corporación Colombia Internacional	22	
	Veg	Consumo de vegetales g/año		6,57E+09	Veg= Veg_{per}*HAB*1000
	FruVeg	Total consumo de frutas y vegetales g/año		1,85E+10	FruVeg= Frut+ Veg
28	$Alcoh_{per}$	Consumo beb. alcohol litros/persona/año	Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales	6,3	
	$Alcoh_{v}$	Consumo de alcohol litros/año		1,88E+06	**Alcoh= $Alcoh_{per}$*HAB* Da_{lcoh}**
	D_{alcoh}	Densidad del alcohol etílico g/litro		7,89E+02	
	Alcoh	**Consumo de bebidas alcohólicas g/año**		**1,48E+09**	
29	PoPER	Consumo de pollo kg/año/hab	DANE, Fenavi, Fedegan	23	
	Po	Consumo de pollo g/año		6,87E+09	
	Caper	Consumo de carne res kg/año/hab		16	Ca= Caper*HAB
	Ca	Consumo de carne res g/año		4,78E+09	
	Ccerper	Consumo de carne cerdo kg/año/hab		7,8	Ccer= Ccerper*HAB
	Ccer	Consumo de carne cerdo g/año		2,33E+09	
	car	Total consumo de carne g/año		1,40E+10	Car=Ca+Ccer
30	Pezcar	Consumo de pescado kg/año/hab		6	
	Pesc	Consumo de pescado g/año		1,79E+09	Pesc= Pezcar*HAB*1000
31	Lecper	Consumo de leche litro/año/hab		62	Lec= Lecper*HAB* DLec
	Lecv	Consumo de leche litro/año		1,85E+07	
	DLec	Densidad de la leche g/litro		1,032	
	Lec	Total consumo de leche g/año		1,91E+07	

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
32		Madera			
	ARha	En 1 hectárea (1000m^2) produce 1300 árboles por ha en promedio			ConArb=HAB*2/1000 è Hanec = ConArb*10000/1300 è Conmad= Hanec*20 è MAD= Conmad*FC
	ConArb	Si en Colombia existe un consumo de 2 árboles por cada 1000 habitantes, entonces se estima que Palmira consume arboles/año		597	
	Hanec	Hectáreas necesarias para Palmira		78	
	Conmad	Si una Ha en promedio produce 20 m^3, el Consumo de madera en m^3 /año		1,55E+03	
	FC	Factor de conversión J/m^3		8,00E+09	
	MAD	**Energía total en Julios**		**1,24E+13**	
		Materiales de construcción			
33	Cem_{valle}	Consumo de cemento en el Valle ton/año	DANE ANEXO 7 (2012)	8,31E+05	
	Cem_{pal}	Consumo de cemento en Palmira (10%) ton/año	http://www.dane.gov.co/index.php/construccion-alias/estadisticas-de-cemento-gris-ecg/97-boletines/comunicados-y-boletines/2738-estadisticas-de-cemento-gris	8,31E+04	Cem_{pal}= Cem_{valle}*0.1
		Se asume que son necesarias 1,2 ton. de piedra Caliza y 1,6 ton. de arena y grava para producir 1 ton. de cemento y 50% de arena y grava son recuperadas			
34		Piedra caliza g/año			= Cem_{pal}*1,2*10E+6
35	ArGra	Arena y grava g/año		6,64E+10	
	$Argra_t$	**Arena y grava 15% g/año**		**9,97E+10**	ArGra= (Cem_{pal}*1,6)*0,5*10E+06 **$Argra_t$**= ArGra*0,15
36		En Colombia actualmente el uso de acero es de 69 kg/hab; para Palmira se asume 60	www.elespectador.com/impreso/negocios/articulo-309142-consumo-de-acero-al-alza		
		Habitantes de Palmira		2,99E+05	
	Ace	Acero de consumo en Palmira g/año		1,8E+10	
		Materiales usados			
	RES	Generación aprox. de residuos (Ton./año)	PGIRS[3] de Palmira	55200	
37	**Poli**	**Plásticos g/año**		**6,07E+09**	Poli=RES*0,11*10E+6
38	**Alu**	**Aluminio g/año**		**6,62E+08**	Alu= RES*0,012*10E+6
	Cu_{VAlle}	**Consumo de Cobre Valle del Cauca Ton/año**	**Estimado estadísticas UPME para el Valle**	**1200**	
39	**Cu**	**Cobre g/año**	Estima consumo del 3%	**3,60E+07**	**Cu= Cu_{Valle}*0,03*10E+6**
40	**Metal**	**Otros metales g/año**		**5,52E+08**	**Metal=** RES*0,01*10E+6

Memoria de cálculos emergía Tecnoecosistema Palmira (continuación)

	SIGLA	Recurso – bien o servicio	Fuente	Valor	Fórmula
41	**PyC**	**Papel y cartón g/año**		**4,42E+09**	**PyC=** RES*0,08*10E+6
42	**Tex**	**Textiles g/año**		**4,42E+08**	**Tex=** RES*0,008*10E+6
43	**Vi**	**Vidrio g/año**		**5,52E+08**	**Vi=** RES*0,01*10E+6
44	**Caucho**	**Caucho g/año**		**5,52E+08**	**Caucho=** RES*0,01*10E+6
45		**Asfalto**			
	V_{pav}	Vías pavimentadas m^2/año	Estimado plan de desarrollo 2012 - 2015	600.000	Asf= V_{pav}* C_{asf}* D_{asf}
	C_{asf}	Cantidad de asfalto requerida por m^2 en litros		2	
	D_{asf}	Densidad g/litro		1000	
	Asf	**Cantidad de gramos/año**		**1,20E+09**	
46		**Fertilizantes**			
	Fer_{ha}	Por hectárea Kg/ha (estimado – Colombia)	Banco Mundial http://datos.bancomundial.org/indicador/AG.CON.FERT.ZS	499	Fer=Fer_{ha}*Ha_{pro}
	Ha_{pro}	Has. de pdón	Estimado de IGAC (2004)	36482	
	Fer	Consumo de fertilizantes g / año		1,82E+10	
47		Servicios asociados a importaciones US$/año	Cifras CIF Anuario estadístico de Palmira 2012	304’083.098,09	
48		Mano de obra import. de otros municipios Personas	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Económico	1000	
49		Turismo **US$/año**	Concejo Consultivo Municipal de Turismo	5’368.421	
60		Servicios y otras transacciones económicas	Cifras FOB Anuario estadístico de Palmira, 2012	1,31E+08	
		PIB	DANE, 2012		
		Ejecución gubernamental US$/año	Anuario Estadístico de Palmira – Finanzas Públicas, 2012	1,21E+08	

Los ítems del 50 al 59 fueron estimados del DANE http://www.dane.gov.co/index.php/comercio-exterior/exportaciones/97-boletines/comunicados-y-boletines/4464-exportaciones a diciembre de 2012 Anexo 12, tomando como referencia datos del Anuario estadístico de Palmira, 2012.

ANEXO 1b. Cálculo de transformidad del dinero y personas

Sigla		Valor	Fórmula
	Emergía Colombia Sej/año	2,64E+24	
	PIB Colombia	3,65E+11	
Tr_{dinero}	Transformidad del dinero Sej/$	7,24E+12	$\mathbf{Tr}_{dinero}$= Emergía de Colombia/PIB Colombia
$Tr_{personas}$	Transformidad de las personas Sej/pers	5,68E+16	$\mathbf{Tr}_{personas}$=Emergía de Colombia/habitantes de Colombia

ANEXO 2. Uso del suelo en el municipio de Palmira

Clima	Símbolo	Unidad cartográfica de uso de tierras	Ha
MEDIO 1000 – 2000 msnm	AHo4	Agricultura con cultivos de hortalizas (tomate, cebolla).	50
	Akp4	Agricultura con cultivos de caña de azúcar (panelera)	29
	Ap4	Agricultura con cultivos de café	558
	Cd4	Conservación en tierras en descanso, barbecho.	1.689
	Fm4	Forestal de protección - producción, multipropósito, bosques naturales.	492
	Fp4	Forestal de producción, madera/pulpa, bosque plantado	188
	Ge4	Ganadería, pastoreo extensivo vacuno	13.605
	Zta4	Zoocriadero de aves	18
Frio 2000 – 3000 msnm	AHo3	Agricultura con cultivos de hortalizas (repollo, arracacha, otras).	275
	Cd3	Conservación en tierras en descanso, barbecho.	566
	Fm3	Forestal de protección - producción, multipropósito, bosques naturales.	25.576
	Fp3	Forestal de producción, madera/pulpa, bosque natural	1.144
	Ge3	Ganadería, pastoreo extensivo vacuno	8.374
Muy frío 3000 – 3600 msnm	Cd2	Conservación en tierras de descanso (barbecho).	111
	Fm2	Forestal de protección - producción, multipropósito, bosques naturales.	7.485
	Ge2	Ganadería, pastoreo extensivo	1.153
Extremadamente frío y subnivel Mayor a 3600 msnm	Cp1	Conservación en sistema de parques nacionales, parque nacional, reserva natural.	7.750
Todos los pisos	Id	Obras civiles, recreacional, deportivo, turístico	28
	Lu	Obras civiles, conglomerado urbano	58
Cálido 0 – 1000 msnm	Caña	Cultivo de caña de azúcar zona plana	40.943
	Otros cultivos	Cultivos de hortalizas zona plana (maíz, cilantro, aguacate, cítricos, frijol, lechuga, alverja, yuca, mango)	108
	Industria		4.066
	Urbano		1.934
	Total		**116.200**

Fuente: Adaptado de IGAC (2004). (Tabla 38. Mapa uso de las tierras, hojas 280 y 300), Anuario estadístico de Palmira (2012)