



Ciudad Postmoderna Sumidero de Materia y Energía *El agujero negro de la biósfera*

Lilliana Acevedo* y Carlos Peláez*

Síntesis

La ciudad es un sistema que depende del sector rural en algunos términos importantes, razón que induce a que la región periurbana padezca un impacto más contundente. Con la evolución cultural, esta dependencia se ha modificado en algunos aspectos; sin embargo, aún se conservan los elementos de estratificación que constituyen el distintivo más evidente del sector rural.

Con la implementación de los vertederos o rellenos sanitarios como estrategia para el manejo de residuos, la ciudad postmoderna se consolidó como un sumidero de materia y energía, dado que ellos cortan abruptamente los ciclos biogeoquímicos que son, en definitiva, los responsables del mantenimiento de la sostenibilidad de la biósfera. Es necesario hacer una discusión sobre los aspectos relevantes de la relación entre la ciudad y el sector rural y las consecuencias ecológicas que se desprenden de estos hechos, en busca de soluciones que mejoren esta relación a partir de un mejor uso del suelo.

Palabras Clave

Ciudad, sector rural, energía, industria, agricultura, economía, postmodernidad, sostenibilidad, biósfera, metrópolis, vertedero, suelo, fertilizante, residuos sólidos, biogeoquímica, reciclaje, agro ecosistema, Medellín, Valle de Aburrá.

The Postmodern City: Drains of Matter and Energy. The black hole of the biosphere

Abstract

The city always has depended on the rural sector for its functioning, with regard to the supply of food, water, energy and evacuation of its waste, causing significant impacts in the periurban region, according to the societies evolution. In the postmodernity, this dependence has been intensified; nevertheless the stratification that distinguishes the rural sector still remains.

With the implementation of the dumps or sanitary landfills like strategy for the managing residue, the postmodern city was consolidated as a drain of matter and energy, since these systems cut abrupt the biogeochemical cycles that ensure the maintenance of the biosphere sustainability. It is urgent that both the citizens and leaders and public administrators analyze the consequences of the current relation between city and field in order to look for the solutions that make possible an environmental sustainability of the cities from a suitable land use.

Key words

City, rural sector, energy, industry, agriculture, economy, postmodernity, sustainability, biosphere, metropolis, dump, soil, fertilizer, solid residues, biogeochemical, recycling, agroecosystem, Medellín, Aburrá Valley.

Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM).

Grupo Interdisciplinario de Estudios Moleculares (GIEM). cpelaez@matematicas.udea.edu.co

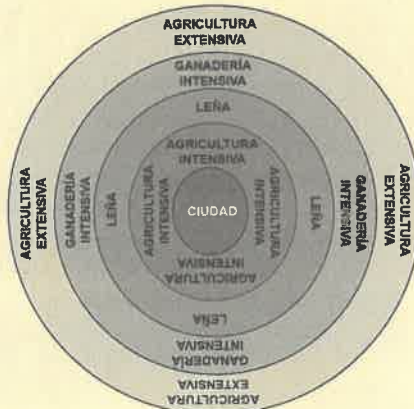
Introducción

La lengua castellana describe la ciudad como un conjunto de edificios y calles regidos por una autoridad local, cuya población densa y numerosa se dedica, por lo común, a actividades no agrícolas¹. Desde sus modestos comienzos en Mesopotamia hasta las actuales megalópolis, las ciudades son entes que siempre han dependido del sector rural².

Incluso en la consolidación de la agricultura industrial y aún en la era de la globalización, la relación entre ciudad y entorno rural ha sido mayoritariamente lineal y cumple con los conceptos básicos establecidos por Johann Heinrich von Thünen³. Este economista alemán, considerado un clásico de la economía teórica, desarrolló un modelo en el que relaciona renta y distancia de producción para dar cuenta de la estratificación del sector rural. Según esta aproximación, una ciudad y su entorno se pueden entender como espacios concéntricos, donde la ciudad se sitúa en el centro y el sector rural se encuentra en compartimentos, especializado en diferentes actividades que proveen los recursos para sostener el orden ciudadano⁴.



Von Thünen planteó que si se tiene la distancia *productor-consumidor* como única variable independiente, la rentabilidad y el deterioro de los productos son los factores determinantes para explicar la estratificación rural observada en la periferia urbana.



La gráfica circular da cuenta de la estratificación periurbana. En el anillo inmediato al círculo de ciudad se ubica la agricultura intensiva que corresponde a las verduras y hortalizas. En el segundo anillo el modelo identificó el sector que proveía la energía, requerida en la ciudad, en forma de leña. Este hecho cambió con la llegada de fuentes energéticas tales como gas natural y electricidad y continúa su transformación en el modelo actual de ciudad, ante todo en los países del Primer Mundo. Los dos anillos exteriores corresponden a la agricultura y a la ganadería extensivas. Por otro lado, la imagen de la izquierda muestra claramente la relación entre distancia y rentabilidad de mercado que se resuelve en una proporcionalidad inversa.

La reserva de madera destinada a servir de combustible tiende a disminuir en la sociedad postmoderna y es prácticamente inexistente en los países del Primer Mundo; pero en países del Tercer Mundo este renglón aún constituye una fuente significativa de energía. Hecha esta salvedad, es notorio que el área periurbana postmoderna dista en algunos aspectos de lo planteado en la teoría de localización original y, por tanto, es necesario realizar ajustes que permitan su actualización.

En el espacio periurbano de los países de cultura anglosajona se han construido sistemas residenciales para la clase media y las que gozan de mayores privilegios, usualmente

denominados *suburbios*. Estos espacios se caracterizan por poseer cierta independencia respecto a los centros ciudadanos, gracias a la disponibilidad de servicios básicos en centros comerciales, unidades hospitalarias y lugares de recreo. Por su parte, en regiones como América Latina, la periferia de las ciudades presenta combinaciones entre los citados suburbios y los cinturones de miseria. En síntesis, si bien en las áreas metropolitanas del siglo XXI se encuentran algunos elementos no descritos por Von Thünen, la dinámica de esta zona muestra todavía una dependencia profunda de la ciudad respecto al área rural que la circunda. Tal como lo plantea Ramón Margalef (teórico de la ecología) mientras los requerimientos endosomáticos o de energía metabólica son del orden de 120-150 W por individuo, lo requerido por las actividades exosomáticas, en las que la organización ciudadana desempeña un papel determinante, supera 10 veces el requerimiento biológico. ¿Qué sucede entonces con la materia y la energía necesarias para tan abrumador requerimiento? Uno de los paradigmas más estudiados en los últimos años por parte de la Física permite dar cuenta de tal problemática.

Los físicos definen como *agujero negro* una región finita del espacio-tiempo, producto de una gran concentración de masa en su interior, que en consecuencia ocasiona una densidad tan enorme que genera un campo gravitacional de tal magnitud, que ninguna partícula material escapa de esta región. Se podrían, por extensión, comparar las ciudades contemporáneas con los agujeros negros, dado que se comportan como sumideros netos de materia y de energía aprovechable, lo que las convierte en una problemática inmensa que la ecología urbana tiene que resolver, para garantizar la sostenibilidad de la biósfera⁵.



Vista desde el espacio y en la noche, la tierra nos revela los sumideros de materia y de energía aprovechable. Paradójicamente, estos sumideros aparecen como centros luminosos que, además, están concentrados en el hemisferio Norte: al este de Norteamérica y al oeste de la masa continental euroasiática⁶.

Al estudiar el impacto que tiene el funcionamiento de las ciudades sobre el ambiente rural se encuentra que los flujos naturales de materia se interrumpen por la disposición de sus residuos sólidos en los vertederos o rellenos sanitarios.

El Banco Mundial estima que una persona, dependiendo del desarrollo de su país y de su propio estatus económico, puede generar residuos entre 0,3 y 1,4 kg/día⁷. Si en principio se considera que buena parte de este material se dispone en el vertedero, se confirma la interrupción de los ciclos biogeoquímicos que constituyen el pilar conceptual de la sostenibilidad de la biósfera.

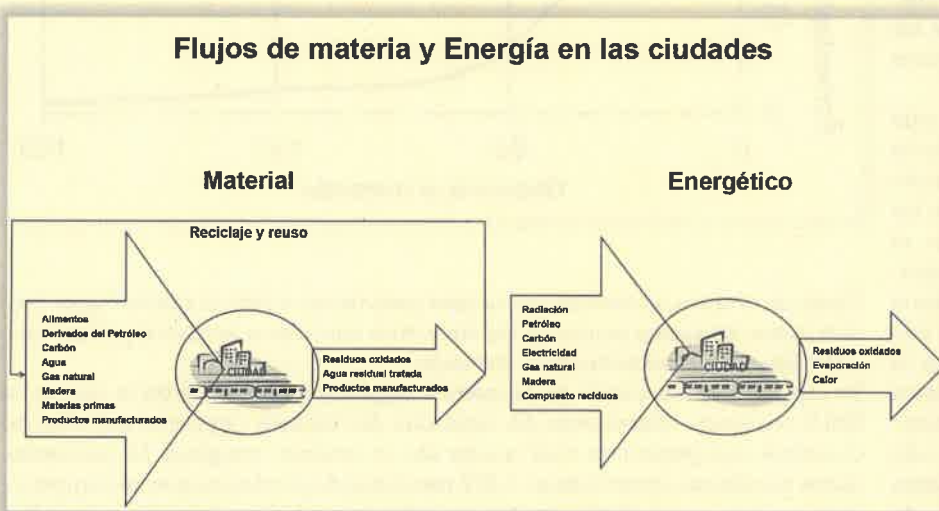
Los gráficos siguientes resumen los flujos de materia y energía en las ciudades actuales.

ciudades está seriamente cuestionada, si no se transforman sus modelos actuales. Por lo tanto, re-uso y reciclaje constituyen la clave para alcanzar la sostenibilidad de las despensas de las ciudades⁸.

Flujos de Materia Orgánica en la Región Metropolitana del Valle de Aburrá

La problemática más determinante en la gestión de los residuos sólidos, en gran parte de las regiones urbanas de

América Latina, es la ausencia de estrategias para la recuperación integral de la materia orgánica urbana con garantías de calidad que no expongan la seguridad alimentaria de la población. En esta grave situación que compromete la sostenibilidad de los ecosistemas y de la sociedad en su conjunto, están incluidas las regiones metropolitanas como la del Valle de Aburrá, cuya ciudad núcleo es Medellín, capital del departamento de Antioquia, uno de los principales departamentos de la República de Colombia.



Como se deduce de los flujos de entrada y salida, el flujo material es cíclico, mientras que el energético es unidireccional. En la sociedad moderna (al no existir reposición material) la sostenibilidad de la biósfera por cuenta de las

La ruptura del ciclo natural del carbono en las urbes es una expresión significativa de la inadecuada

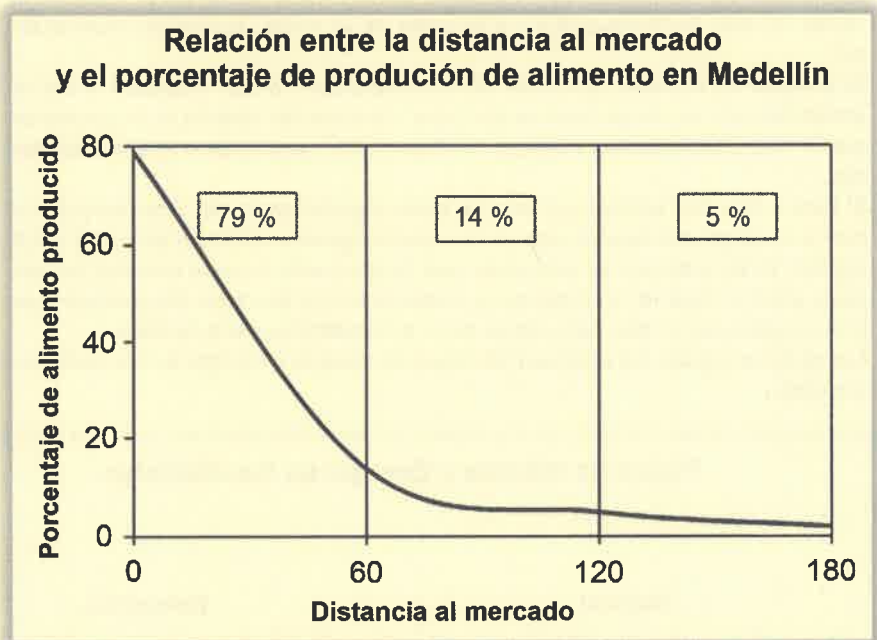
gestión de los residuos sólidos en las grandes ciudades, como sucede en el área metropolitana del Valle de Aburrá. Este agudo problema tiene su origen en el advenimiento de las sociedades agrícolas y de la posterior era tecnológica que le confirió a los asentamientos urbanos la capacidad de producir y consumir muy elevadas cantidades de materia orgánica. La alternativa más generalizada para el tratamiento de los constantes y cuantiosos residuos generados consiste en acumularlos, enterrándolos en suelos no productivos como los rellenos sanitarios, donde no logran reincorporarse al ciclo natural. Semejante manejo de los desechos ha convertido a las ciudades en gigantescos sumideros de materia orgánica y a las áreas periurbanas en zonas con un decrecimiento sostenido de la materia orgánica en sus suelos, por lo cual, cada vez están más proclives a convertirse en áreas improproductivas, e incluso desérticas.

Para dar un ejemplo de lo planteado se evidencian, a continuación, los desajustes en el balance de la materia orgánica, en los agroecosistemas cercanos al Valle de Aburrá, inferidos a partir del análisis de las entradas y salidas de productos agrícolas en el principal centro de acopio y comercialización de la región metropolitana del Valle de Aburrá: la Central Mayorista de Antioquia (CMA), y de los sitios de procedencia de los bienes transados allí.

Lo comercializado en la CMA está discriminado en diferentes grupos: las frutas representan el 36,3% de los alimentos que ingresan a la Central; las verduras y hortalizas constituyen el 26%; los alimentos procesados comprenden el 12,3%; el 11,3% abarca la agrupación de huevos, carnes y lácteos; el 7,8% equivale a granos y el 6,4%, a plátanos y tubérculos. Estos alimentos son suministrados, predominantemente, por productores ubicados en los diferentes municipios del departamento de Antioquia, de tal manera que de los 6 grupos de alimentos que abastecen la Central Mayorista, el 63,7% proviene de An-

tioquia y el 36,3% restante se origina en otros departamentos del país y otras regiones del planeta. Entre estos últimos sobresale el departamento del Valle del Cauca que aporta con preponderancia frutas frescas; Cundinamarca provee principalmente frutas y verduras en cuarto lugar está un pequeño porcentaje de frutas traídas del eje cafetero y otras que se importan o se generan en diferentes zonas de Colombia.

En suma, el establecimiento que proporciona alimentos a la ciudad obtiene su materia orgánica, principalmente, de la producción antioqueña y específicamente del Oriente del departamento (favorecido por la cercanía espacial) que genera 2.500 toneladas diarias de alimento. Los municipios de Antioquia que más impactan, dado que reportan la contribución más importante de materia orgánica, en orden decreciente, son los que se localizan entre 0-60 km de la ciudad de Medellín, seguidos por los ubicados entre 61 y 120 km, y luego está el grupo localizado entre 121 y 200 km. De las verduras y hortalizas, el 79% proviene del primer grupo de municipios, el 14,4%, del segundo, y el 5,8%, del tercero. En cuanto a tubérculos, raíces y plátanos, el comportamiento es semejante. Para el caso de las frutas la situación varía un poco, pues sólo el 38,2% se origina en los municipios ubicados a menos de 60 km. Al aplicar el modelo Von Thünen al material provisto desde la región se obtiene el siguiente comportamiento:



Como se observa, el modelo opera adecuadamente al indicar que la mayor presión sobre los suelos ocurre en las áreas más cercanas a la ciudad y disminuye a medida que se incrementa la distancia.

En cuanto a la restitución de la materia orgánica a los suelos de la región, la CMA composta diariamente 28 toneladas de residuos orgánicos del total de desechos que genera, lo cual resulta ser un proceso marginal. En promedio, todos los días se comercializan 2.472 toneladas de productos que, al cumplir su ciclo de vida, serán eliminados en los rellenos sanitarios, situación que ratifica la problemática de la ciudad como sumidero.

Para soportar la hipótesis de la ciudad como sumidero, es necesario considerar que la agricultura en los suelos del Oriente antioqueño ha sido continua e intensa. En este caso, el primer impacto fue la supresión del bosque primario, hecho que condujo al cese del suministro constante de materia orgánica. Los estudios de los ecosistemas tropicales han establecido que, después de la deforestación por el redireccionamiento para uso agrícola intensivo, se presentan rápidos descensos en la materia orgánica del suelo¹⁰. La actividad agrícola que sigue a la deforestación, la cosecha y la remoción de residuos de cultivos, induce una rápida y alta pérdida de nutrientes, y una muy baja reincorporación de material orgánico al suelo¹¹.

La sustitución del bosque primario por cultivos agrícolas en los suelos antioqueños implica la exportación de materia orgánica a la ciudad de Medellín, que en la actualidad representa, según lo mostrado en el gráfico cerca de 2.000 toneladas diarias para los suelos que se encuentran en la primera zona de influencia (entre 0 y 60 km del mercado). Lo anterior corresponde, aproximadamente, a 730.000 toneladas de materia orgánica que se pierden por año en los suelos periurbanos. Según Pla Sentis, los procesos de degradación del suelo generalmente se inician con descensos en los niveles de materia orgánica. En la mayoría de los agroecosistemas tropicales, la cantidad de materia orgánica fresca, necesaria para mantener niveles estables en el suelo, excede lo aportado por los residuos vegetales disponibles *in situ*, pues los cultivos modernos de alto rendimiento presentan altos índices de cosecha con escasez de residuos. Con todo ello, para hacer sostenibles los sistemas agrícolas, se requieren insumos orgánicos e inorgánicos externos al sistema, con el fin de retornar a la tierra toda la biomasa producida. En otras palabras, para mantener los niveles adecuados de materia orgánica en el suelo de estos

agroecosistemas, es necesario un balance muy delicado entre producción, descomposición y acumulación¹².

Quizás la mejor alternativa para recuperar la fracción orgánica de los suelos e incrementar su fertilidad está en fortalecer los procesos de desarrollo rural autogestionados para que se reconozca en la materia orgánica algo consustancial, necesario, intrínseco y fundamental para la vida; que debe manejarse de la manera más adecuada, mediante la aplicación de medidas de conservación del suelo, la elaboración de abonos orgánicos a partir de residuos y su aplicación técnica para mantener las propiedades físicas, químicas, bioquímicas y microbiológicas del suelo¹³.

La gestión de los residuos sólidos representa una oportunidad de mejora ambiental para la ciudad, puesto que éstos (mediante la implementación de tecnologías de transformación y sanitización, al ser retornados a los ciclos productivos) contribuyen a la recuperación de los suelos y al bienestar de la biósfera, por la reincorporación del carbono a los ciclos biogeoquímicos. Considerando los porcentajes de materia orgánica producida, y su requerimiento en los suelos, es evidente la necesidad de una mayor demanda de abonos de naturaleza orgánica que supere el 10% de lo producido en la actualidad.

Los Fertilizantes Orgánicos en Colombia

En relación con la producción de fertilizantes en Colombia para suplir la pérdida de fertilidad de los suelos, la materia orgánica valorizada como acondicionador orgánico de suelos representa el 8,94% del total producido y ocupa el tercer lugar entre las diferentes clases de fertilizantes que se comercializan en el país. Este valor se ve ampliamente superado por los compuestos de NPK, que copan el 52,45% del mercado, y por las dis-



tintas fuentes de nitrógeno, correspondientes al 18,28% del espectro comercial.

Entre las fuentes de acondicionadores orgánicos de suelos se encuentran los ácidos húmicos, los compost, las gallinazas, los humus (leonarditas), lombricompost, vinazas, poliacrilamidas y la turba. De estas fuentes, la mayor producción está representada por los compost con un 8,70%; lo que significa que los residuos valorizados corresponden a un 97% de la materia orgánica producida en el país con vocación agrícola. Sin embargo, esa cifra tan sólo representa el 10% de los insumos utilizados en programas de fertilización¹⁴.

En cuanto a la venta de fertilizantes en Colombia, la comercialización de la materia orgánica es superada por los compuestos de NPK, correspondientes a un 48,3% del total del volumen vendido. Las fuentes de nitrógeno equivalen al 21,1%, las de potasio al 8,2%, las de fósforo al 7,31%; el total de enmiendas como azufre, boro, cal, cal magnesiana, calizas, dolomitas, magnesitas menores, silicatos, yesos y otras similares, representan el 6,39%. Los acondicionadores orgánicos de suelos ocupan el sexto lugar en el monto de la comercialización, con un 3,34% del total de kilogramos vendidos. El motivo por el cual se produce alrededor de un 10% de materia orgánica valorizada y únicamente se comercializa un 3,34% se explica porque varias de las empresas productoras de abonos orgánicos son compañías agropecuarias que consumen una gran parte de lo producido. Otra razón para entender por qué existen materiales que se venden más que la materia orgánica, a pesar de producirse en menor escala, se debe a las importaciones de dichas fuentes de fertilizantes inorgánicos¹⁵. Los contaminantes exógenos de los residuos sólidos urbanos y agrícolas, y la falta de normas de control, exponen a la cadena productiva, desde abonos y acondicionadores de suelos hasta alimentos, a concentraciones tóxicas que amenazan la seguridad alimentaria. Este vacío exige mayores controles de

calidad por parte de las autoridades, apoyados en investigaciones relacionadas con la presencia, transferencia y magnificación de sustancias tóxicas en la cadena trófica.

Conclusiones

La estratificación del espacio periurbano, propuesto originalmente por Johann Heinrich von Thünen, aún se encuentra vigente y permite plantear que, con la globalización y la posibilidad de acceso a nuevos mercados, no disponibles antes de la irrupción de ese fenómeno sociopolítico, ahora es mayor la amenaza de deterioro del sustrato *suelo* en los agroecosistemas. La separación en la fuente y el reciclaje de la materia, mediante procesos como el compostaje y otros más, constituyen las únicas alternativas para garantizar su restitución en los agroecosistemas y restablecer el flujo de los macro y micronutrientes que posibilitan los ciclos biogeoquímicos, de los que dependen la pervivencia de los ecosistemas y la salud de la biósfera.

Notas

¹ Diccionario Real Academia de la Lengua Española (DRAE). Vigésima segunda edición.

² MARGALEF, R. Ecología. Barcelona. Editorial Planeta, 1992

³ DE CUADRA, Ignacio Echaide, Von Thünen y el significado científico de las etapas sucesivas en la economía espacial. En: Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad de Málaga. N° 17. 1986, pp. 126-149. [en línea] <externos.uma.es/cuadernos/pdfs/pdf329.pdf>

⁴ BARSKY, A. El periurbano productivo, un espacio en constante transformación. Introducción al estado del debate, con referencias al caso de Buenos Aires. Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Universidad de Barcelona. Barcelona. Vol. IX. 1 de agosto de 2005. N° 194 (36). [en línea] <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-194-36.htm>

⁵ JOSHI, Pankaj S., *Singularidades desnudas*. En: Revista Investigación y Ciencia. Edición Española de Scientific American. Número 391. Abril de 2009. 16-23.

⁶ [en línea] <http://www.astromia.com/fotostierra/tierranoche.html> [s.f. consulta]

⁷ [en línea] <http://www.bancomundial.org/investigacion> [s.f. consulta]

⁸ PLA SENTIS, I. "La materia orgánica y la degradación y erosión de suelos en el Trópico". En: VII CONGRESO COLOMBIANO DE LA CIENCIA DEL SUELO. SOCIEDAD COLOMBIANA DE LA CIENCIA DEL SUELO. (Bucaramanga. Octubre de 1994).

⁹ Abastecimiento en la Central Mayorista de Antioquia. Disponible en el portal electrónico de la Corporación Colombia Internacional. [en línea] <http://www.cci.org.co/publicaciones/1_Feb%2010%2006%20abastecimiento%20antioquia.pdf> (Consultado en Septiembre de 2010).

¹⁰ JUO, A.S.R. "Maintenance and management of organic matter in tropical soils". En: Organic-matter management and tillage in humid and sub humid Africa. IBSRAM. No.10; 1990; pp. 199-212.

¹¹ LAL R. & B.T. KANG. "Management of organic matter in soils of the tropics and subtropics". En: Non-symbiotic nitrogen fixation and organic matter in the tropics. Symposia papers 1. 12th International Congress of Soil Science, 8-16. New Delhi, India. Feb. 1982. pp. 152-178.

¹² PLA SENTIS, Op. Cit.

¹³ Cf. <http://www.ica.gov.co/Areas/Agricola/Servicios/Fertilizantes-y-Bio-insumos-Agricolas.aspx> [Consultado en octubre de 2010]. Véase también: Cf. Universidad Campesina. Programa de Capacitación de Promotores de Desarrollo Rural Sostenible. [en línea] <http://www.cosmopolitana-col.com/promotores.htm>

¹⁴ PELÁEZ C, et al. "Evaluación técnica de la situación actual de la prevención, minimización, aprovechamiento y valorización de residuos plásticos y orgánicos en Antioquia". Convenio CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL (CAEM). 012/07 OEI-MAVDT-A,C. MÑ-018049. Proyecto para la valorización material de los residuos. Filial Cámara de Comercio de Bogotá. Universidad de Antioquia. 2008

¹⁵ Cf. http://www.ica.gov.co