



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en ANECA; DIALNET; DICE; IN-Recs; ISOC; LATINDEX y RePEc
Vol 8. N°24
Octubre 2015
www.eumed.net/rev/delos/24

LA GESTIÓN DE LA CALIDAD COMO MOTOR PROPULSOR PARA EL DESARROLLO LOCAL EN LAS EMPRESAS DE LA PROVINCIA DE SANCTI SPÍRITUS

Ing. Arelys López Concepción¹
arelyslopezc@gmail.com

Ing. Martha Laida Reina Vera²
martha@uct.yayabo.ins.cu

Ing. Yaildris González Fernández³
yaildris@alastorssp.co.cu*

Cuba

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Resumen | 3 |
| Abstract | 3 |
| 1. Introducción..... | 4 |
| 2. Generalidades acerca de la energía renovable | 5 |
| 2.1 Situación energética mundial. | 5 |
| 2.2 Situación energética en Cuba. | 6 |
| 2.3 Situación energética en Sancti Spíritus. | 7 |
| 2.4 Fuentes renovables de energía: el biogás. | 8 |
| 2.5 Consideraciones económicas relacionadas con la producción de biogás en Cuba. | 8 |
| 2.6 Efecto ambiental de la producción de biogás. | 9 |
| 3 Propuesta de un procedimiento para la micro localización geográfica de plantas de biogas..... | 9 |
| 3.1 Etapa 1: Caracterización de la provincia. | 10 |
| 3.2 Etapa 2: Determinación de las posibles localizaciones | 10 |
| 3.3 Etapa 3: Selección de las localizaciones " aceptables " de plantas de biogás con fines energéticos..... | 10 |
| 3.4 Etapa 4: Representación geográfica de las posibles localizaciones de plantas productoras de biogás con fines energéticos. | 14 |

¹ Ingeniera Industrial de la empresa pesquera Pescaspir, Sancti Spíritus, Cuba.

² Ingeniera Industrial de la Delegación del Citma SS, Sancti Spíritus, Cuba.

³ Ingeniera Industrial de Calderas Alastor, Sancti Spíritus, Cuba.

| | | |
|-------------|---|----|
| 4 | Aplicación del procedimiento propuesto y análisis de los resultados | 14 |
| 4.1 | Etapa 1: Caracterización de la Provincia Sancti Spíritus..... | 15 |
| 4.2 | Etapa 2: Determinación de las posibles localizaciones | 17 |
| 4.3 | Etapa 3: Selección de las localizaciones " aceptables " de plantas de biogás con fines energéticos..... | 17 |
| 4.4 | Etapa 4: Representación geográfica de las posibles localizaciones de plantas de biogás..... | 19 |
| 5. | Conclusiones..... | 20 |
| 6. | Referencias bibliográficas | 21 |
| Anexos..... | | 23 |
| Anexo 1: | Procedimientos para la toma de decisiones de localización..... | 23 |
| Anexo 2. | Diferentes denominaciones de los métodos de localización. | 24 |
| Anexo 3. | Características fundamentales de algunos métodos de localización de instalaciones..... | 25 |
| Anexo 4: | Clasificación de los métodos multicriterio atendiendo al carácter múltiple de los objetivos, metas y atributos..... | 30 |
| Anexo 5: | Clasificación de algunos métodos multicriterios de acuerdo con el carácter continuo, de esto. | 30 |
| Anexo 6: | Clasificación de algunos métodos multicriterios de acuerdo con el carácter discreto de estos. | 31 |
| Anexo 7: | Representación gráfica del procedimiento diseñado. | 33 |
| Anexo 8: | Principales proveedores de residuos orgánicos en Sancti Spíritus. | 34 |
| Anexo 9: | Localizaciones aceptables. | 35 |

RESUMEN

Dentro de las vías con que cuenta la humanidad para aliviar los problemas energéticos y ambientales, está un mayor aprovechamiento de las fuentes de energía renovables. Cuba, no se queda atrás en este aspecto, la producción de energía eléctrica, siempre ha presentado dificultades pues ha dependido de la importación de combustible por lo que se impone aprovechar plenamente las fuentes renovables de energía.

En la provincia existe un potencial que se deriva de los procesos agrícolas que puede ser utilizado para la producción de biogás con fines energéticos pero se carece de instrumentos metodológicos que permitan representar geográficamente las posibles localizaciones de plantas de biogás con fines energéticos.

La presente investigación permite sentar las bases para la búsqueda de un procedimiento que represente geográficamente las posibles localizaciones de plantas de biogás con fines energéticos en la provincia de Sancti Spíritus.

El trabajo brinda información de gran importancia que puede ser utilizada en otras investigaciones para determinar las posibles ubicaciones de plantas de biogás en el país.

Palabras clave: fuentes renovables-biogas- residuo-desarrollo local-calidad

THE QUALITY MANAGEMENT AS MOTOR PROPELLER FOR LOCAL DEVELOPMENT COMPANIES IN THE PROVINCE OF SANCTI SPIRITUS

ABSTRACT

Among the ways available to mankind to alleviate the environmental and energy problems, is making greater use of renewable energysources. Cuba, is not left behind in this aspect, the production of electrical energy, has always presented problems because it relies on imports of fuel so that it is taking full advantage of renewable energy.

In the province there is a potential that can be used to produce biogas for energy purposes but there is no methodological tools that allow geographically represent the possible locations of biogas plants for energy purposes.

This investigation permits to create the way to look for a procedure that represent geographically the possible location of biogas with energetic intention in Sancti Spiritus province.

The work provides important information that can be used in other investigations to identify possible locations of biogas plants in the country.

Key Word: renewable energy- biogas- residue-local development-quality

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de las vías con que cuenta la humanidad para aliviar los problemas energéticos y ambientales, está un mayor aprovechamiento de las fuentes de energía renovables, dentro de las que se destaca el uso de la biomasa. Además se trata de fuentes de energías descentralizadas.

El mundo actual enfrenta una crisis energética debido al uso indiscriminado de los combustibles convencionales (petróleo, gas natural y carbón); y que se hace cada día más grave por el carácter no renovable de estos recursos y su desmedida utilización en diferentes países del mundo.

En Alemania en los últimos años se han logrado buenos resultados en el desarrollo de las fuentes renovables de energía. La ley de las energías renovables en este país, vigente desde el 2000 y modificada en el 2004, favorece con ayudas económicas estatales a los que producen energía eléctrica con fuentes renovables, se plantea que con un uso masivo de las fuentes renovables (solar directa, biomasa, viento y agua), en sesenta años todas las fuentes de energía podrían ser renovables.

Cuba, no se queda atrás en este aspecto, la producción de energía eléctrica, siempre ha presentado dificultades pues ha dependido de la importación de combustible por lo que se impone aprovechar plenamente las fuentes renovables de energía. Por una parte se encuentra que la utilización de la hidroenergía en Cuba es limitada, así como el aprovechamiento de la energía eólica y la energía solar. A partir de este análisis sólo la utilización de la biomasa como fuente de energía representa una alternativa real para la disminución del consumo de portadores energéticos convencionales en la generación de electricidad.

La incineración de la basura, es una de las alternativas proclamadas por algunos sectores, pero esto puede contaminar la atmósfera y destruir un valioso recurso. Ya es hora de tener en cuenta estos materiales ricos en nutrientes pues estos residuos orgánicos aumentan considerablemente cada año, ya sean las basuras, las aguas fecales o los excrementos que se generan, son vistos en general como un problema del que hay que desprenderse. Pero, ¿y si en lugar de ser un problema se convirtieran en una forma ecológica de obtener energía? Esta idea se lleva practicando desde hace años con el denominado biogás.

Estudios realizados en Cuba han demostrado que el uso del efluente líquido representa económicamente más beneficio que el propio biogás (Campodónico, 1998). El biogás se puede generar tanto de forma natural- y en este sentido el gas natural no es más que un tipo de biogás surgido por el mismo proceso a partir de residuos orgánicos que quedaron enterrados- o de forma artificial, en dispositivos diseñados para eliminar la contaminación de origen orgánico y producir energía. En teoría, una tecnología adecuada puede aprovechar cualquier residuo orgánico para crear biogás y los usos que pueden dársele son los mismos que cuando se utiliza gas natural porque, en definitiva, no es más que otra forma de biogás. Para comprender el verdadero alcance de sus ventajas es importante asimilar esa doble vertiente que posee el biogás como productor de energía y como eliminador de la contaminación y los residuos (Rico, 2007).

Específicamente en Cuba el uso del biogás se ha restringido para cocinar y solo en algunos casos como oxicorte, sin embargo existen experiencias internacionales dirigidas a la obtención de energía térmica y eléctrica. Un ejemplo es la empresa Biokraftwerk Furstenwalde en los alrededores de Berlín, donde la energía eléctrica se genera en un generador eléctrico acoplado a un motor de combustión interna de diesel y biogás, utilizando como fuente de energía, una parte de los residuos urbanos de Berlín y Brandenburg.

Cuba lleva adelante desde 2005 la "revolución energética", un programa integral para reducir el uso de combustibles desarrollando además tecnologías sustentables o alternativas. Se han realizado varios estudios en lo referido a fuentes de energía renovable y en específico al biogás, ya en la capital se comenzó a poner en práctica una planta de biogás en el principal vertedero de residuos urbanos de la calle 100, para producir electricidad a partir del procesamiento de la basura orgánica, cada tonelada produce entre 30 y 40 metros cúbicos de gas metano a partir del cual un grupo electrógeno genera entre 60 y 70 kilovatios/hora.

Estudios recientes realizados en la provincia de Sancti Spíritus (López, 2006), se han basado en la estimación teórica de los potenciales de biomasa a partir de recursos agrícolas, pecuarios e industriales, utilizando como base la información de los anuarios estadísticos del año anterior y referido principalmente al sector estatal. Sin embargo, los valores obtenidos en estos trabajos no tienen en cuenta la disponibilidad real de los recursos a partir de su posible recolección y su concentración en determinadas localidades. También se realizó un estudio (Balibrea, J., Mendoza, E., Cano-Ott, D., Guerrero, C., Berthoumieux, E., Altstadt, S., ... & Koehler, P2014.), donde se estimó el potencial real de residuos disponibles en el sector cooperativo y campesino que es bien representativo en la producción de residuos que pueden ser utilizados para producir biogás a gran escala.

En la provincia de Sancti Spíritus existe un potencial que puede ser utilizado para la producción de biogás con fines energéticos pero se carece de instrumentos metodológicos que permitan representar geográficamente las posibles localizaciones de plantas de biogás con fines energéticos en la misma. Por lo anteriormente expuesto se pretende *desarrollar un procedimiento que permita representar geográficamente las posibles localizaciones de plantas de biogás con fines energéticos en la provincia Sancti Spíritus.*

2. GENERALIDADES ACERCA DE LA ENERGÍA RENOVABLE

2.1 Situación energética mundial.

Los debates recientes sobre medio ambiente y desarrollo coinciden con el agravamiento de la situación socioeconómica mundial, debido al impacto de la crisis económica global con particular crudeza en las dimensiones financiera, comercial, energética, social, alimentaria y ambiental (Pichs, 2012). Desde la década del 70 del pasado siglo se habla de crisis de los combustibles, con su manifestación más directa en el precio de éstos (Houtart, 2009). Situación

que se agudiza con el crecimiento acelerado de la demanda de energía global basada en un 88% sobre combustibles fósiles (Weiland, 2010). A pesar de los cambios que ya se observan hacia el uso de las fuentes renovables de energía, en las estadísticas mundiales prácticamente no se visualiza el aporte de la energía obtenida por la conversión energética del biogás. No obstante, en regiones como Europa la potencia instalada a partir del biogás aportó en el 2007 cerca de 6 millones de TEP, con un crecimiento anual del 20% (Braun *et al.*, 2010). A medida que ha pasado el tiempo, el ser humano ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos. Para el hombre moderno, es impensable la vida sin iluminación, calefacción, refrigeración, transporte. Esta dependencia energética, se ha convertido en un exceso, específicamente de combustibles fósiles, y sabemos que éstos son recursos no renovables. La humanidad se enfrenta a una crisis energética mundial, y debemos comenzar a buscar soluciones para ponerlas en acción, antes que se agoten los combustibles fósiles y el tiempo, por supuesto. ¿Alcanza sólo con producir más energía, o es necesario replantear el modelo de desarrollo actual de la sociedad? ¿Existen alternativas realmente viables (desde el punto de vista económico y ambiental) para la transición hacia otras formas de energía? ¿Qué cambios tendrá el modo de vida del ser humano si este problema no se resuelve?

¿Se educa a la población para el uso racional de los recursos no renovables? El tiempo se está acabando y encontrar soluciones no es una simple tarea. Sin embargo, plantear las causas, evaluar cada aspecto y mantener una mirada estratégica nos ayudará a salir de la crisis. Isgró, M. D. L. Á. (2013). En un mundo con siete mil millones de habitantes, la energía resulta fundamental para el desarrollo sostenible y, según la Organización para la Alimentación y la Agricultura de las Naciones Unidas (FAO, por sus siglas en inglés), está estrechamente vinculada a la seguridad alimentaria y a la erradicación de la pobreza. En este contexto, la Asamblea General de la ONU declaró al período 2014-2024 (Esperbent, C. 2015).

2.2 Situación energética en Cuba.

En el caso más específico de Cuba se debe señalar que en 1959 la Compañía Electricidad tenía una capacidad de generación de 470 Mw. y sus instalaciones se repartían entre dos sistemas eléctricos independientes: Uno para la zona centro occidental y el otro para la oriental. El total del servicio abarcaba el 56% de la población cubana.

El triunfo de la Revolución Cubana inicia una nueva etapa, son rebajadas las tarifas y en 1966 la situación de la generación de electricidad mejoró en el país con la adquisición y entrada en servicio de generadores de la Unión Soviética y Checoslovaquia, así como se suministró por la URSS el combustible necesario. (Material de Estudio, 2006)

El desarrollo del sector energético en Cuba posibilitó una amplia electrificación del país llegando a cubrir un 95 % de la población, pero estuvo caracterizado por la posibilidad de adquirir los combustibles de los países socialistas y por una elevada dependencia del consumo de petróleo. (Romero, 2005). En ese sentido se firma en diciembre del 2012 un decreto presidencial

para impulsar el desarrollo e implementación de las fuentes renovables de energía hasta el 2030 (López A, 2013).

En este mundo globalizado, caracterizado por las sociedades de consumo, en el cual se explotan inadecuadamente los recursos naturales, especialmente los no renovables como el petróleo, se hace necesario poner en práctica nuevas estrategias encaminadas al uso racional de los mismos (El Escenario Energético, C. L. Combustibles Alternativos. Experiencias Potencialidades y Perspectivas Futuras. Febrero del 2015).

2.3 Situación energética en Sancti Spíritus.

En la provincia Sancti-Spíritus existen cuatro subestaciones propias de 110 kV donde se transforma la energía eléctrica al nivel de 33 kV. De este nivel se transforma a 13,8 KV y 4,16 KV en 95 subestaciones de distribución ubicadas en distintos puntos del territorio llevándola al nivel de distribución primaria y de allí al nivel de distribución secundaria a través de bancos de transformadores para su consumo. Además se generó en el 2005 por concepto de utilización del bagazo en tres Centrales Azucareros 31 MW en el período de zafra. Se encuentran en funcionamiento 5 mini hidroeléctricas que no están conectadas al SEN (Sistema Energético Nacional) con una potencia instalada de 140 kW y está en ejecución un proyecto para una hidroeléctrica en la presa Zaza con una capacidad instalada de 2.7 MW. Hoy se cuenta con recursos disponibles para uso energético que pueden ser una fuente importante para la producción de biogás, por lo que deben ser estudiados. Existe un potencial estimado teóricamente para la producción de biogás que asciende a 80 549 777.03 m³ anuales a partir de los desechos de la producción pecuaria, agrícola e industrial, siendo el mayor aporte los desechos pecuarios (63%). Existe un potencial de biomasa que se podría utilizar para la producción de biogás equivalente a 36,9 ktep. La utilización del potencial disponible de desechos orgánicos de la producción agropecuaria y cañero – azucarera posibilitaría la generación de 179.8 GWh de energía eléctrica y 267.9 GWh de energía térmica. Sin embargo existen otras fuentes no estudiadas como son los desechos orgánicos urbanos, o los provenientes de la producción agropecuaria, forestal, cañero – azucarera e industrial, los cuales son un potencial apreciable para la obtención de energía a gran escala y por tanto una perspectiva para la mejora de las condiciones energéticas de la provincia.(López 2006). Los combustibles fósiles aportan el 81% de la producción de energía primaria en Cuba y el 95% de la energía eléctrica (Vázquez *et al.*, 2013). Existen cerca de 34 600 instalaciones que utilizan fuentes renovables de energía; entre estas los molinos de viento, calentadores solares y sistemas fotovoltaicos, aportando un 3,8% de la energía eléctrica (Arrastía, 2012). Específicamente el biogás solamente significa un 0,25% en el consumo de energía primaria, a pesar de que se reportan más de 500 biodigestores en el país (López A., 2013).

2.4 Fuentes renovables de energía: el biogás.

Para hablar de las energías renovables, debemos recordar que estas se entienden como fuentes de energía cuya durabilidad en el tiempo es inagotable, en comparación con la vida de los seres humanos (Romero, 2006). En este particular, puede ejemplificarse que el sol debe permanecer saliendo cada día, aún por un período de 5 000 millones de años, lo que significa que esta fuente estará presente por un período de tiempo inagotable para los seres humanos de hoy. Existen, a saber, tres fuentes principales de energías renovables: la energía del sol, la energía del sistema gravitacional tierra – luna (que se manifiesta principalmente por la energía del oleaje del mar) y la energía de las profundidades terrestres (que se manifiesta fundamentalmente por la energía de los volcanes).

De todas ellas, la más conocida y difundida en Sancti Spíritus es la energía solar (González-Aguilar, J., & Romero, M. 2014). Existen varias formas de utilizar las energías renovables, las que a su vez poseen tecnologías específicas, por ejemplo:

Energía eólica Es la fuente de energía que está creciendo más rápidamente y podría cubrir en el 2020 el 12% de toda la electricidad mundial (La energía eólica requiere condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. El viento contiene energía cinética (de las masas de aire en movimiento) que puede convertirse en energía mecánica o eléctrica por medio de aeroturbinas, las cuales están integradas por un arreglo de aspas, un generador y una torre, principalmente la producción de biogás a partir de cultivos energéticos no se considera éticamente apropiada, ya que la demanda de alimentos no permite pensar en utilizar grandes extensiones de tierra para producir energía. Una opción loable puede ser el aprovechamiento energético por la ruta del biogás de los residuos que se generan durante la actividad agropecuaria, con un marcado impacto ambiental. Estos residuos son también materiales lignocelulósicos por lo que se mantiene la problemática científica a resolver. La energía obtenida a partir de éstos evitaría las emisiones de gases de efecto invernadero debido a una adecuada disposición al medio ambiente de los mismos y a la reducción de las emisiones de CO₂ equivalente por sustitución de combustibles fósiles. Adicionalmente, se obtiene del proceso un residuo digerido con propiedades como fertilizante orgánico que permite mantener la productividad del suelo lo más cercano posible a su potencial, devolviendo los nutrientes de forma más asimilable por las plantas (Weiland, 2010, Garfi *et al.*; 2011). Es por estas razones, entre otras, que el uso de los residuos agroindustriales como fuente de carbono constituye un campo de estudio novedoso en la biotecnología anaerobia.

2.5 Consideraciones económicas relacionadas con la producción de biogás en Cuba.

Dada la sensibilidad ante la situación macroeconómica y las limitaciones financieras de Cuba, un proyecto energético debe pasar por un minucioso análisis y evaluación de la inversión (Menéndez, 2012), que incluya el análisis de las incertidumbres financieras (Romero 2005). En el caso de los proyectos de biogás es importante al realizar el análisis de factibilidad económica,

contar con la oferta precisa de un proveedor que establece los parámetros técnicos y costos reales de la inversión a realizar. Por lo anterior y teniendo en cuenta la opinión de autores como (Pardo 2013) y (Rocha 2013) se recomienda que en la fase de estudios de potencialidades y utilización de residuales para generar energía a partir de biogás, lo más conveniente es centrarse en un estudio de prefactibilidad que busca acercarse a las características y potencialidades generales del proyecto, así como determinar los elementos relativos a los costos de inversión y el efecto económico de la posible instalación.

2.6 Efecto ambiental de la producción de biogás.

La producción de biogás como una fuente renovable ha emergido rápidamente en varios países, principalmente europeos, con la expectativa de mitigar sustancialmente los gases de efecto invernadero (GEI) y reducir la energía a partir de combustibles fósiles. Para ello han creado diferentes regulaciones o incentivos a favor de la energía renovable (Meyer-Ulrich *et al.*, 2012). Los beneficios ambientales de la tecnología del biogás se deben principalmente a la sustitución de energía fósil por la del biogás y a la mitigación de las emisiones que ocurren en el sistema de referencia. Tal es el caso de las plantas de biogás que tratan estiércol de animal que mitigan emisiones debido al almacenamiento de ese estiércol, sin embargo cuando se emplea como sustrato cultivos energéticos como el maíz, se producen grandes emisiones asociadas a la cosecha, que pueden llegar incluso a contrarrestar o hacer neutral el efecto de mitigación por el uso del biogás (Berg *et al.*, 2006). En tal sentido se desarrollan estudios que fundamentan la sostenibilidad de esta. Estos SPIAE son sistemas diversificados y más resilientes, con multiprocesos y multiproductos, y constituyen un efectivo enfoque para mitigar el cambio climático y adaptar la agricultura, ya que permiten incrementar la productividad de la tierra y del agua, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, así como aumentar la seguridad alimentaria. Los sistemas diversificados y más resilientes, con multiprocesos y multiproductos, constituyen un efectivo enfoque para mitigar el cambio climático y adaptar la agricultura, ya que permiten incrementar la productividad de la tierra y del agua, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la dependencia de combustibles fósiles, así como aumentar la seguridad alimentaria. Suárez, J. (2015).

3 PROPUESTA DE UN PROCEDIMIENTO PARA LA MICRO LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE PLANTAS DE BIOGAS

En la bibliografía consultada no se encontró ningún procedimiento para representar en un Sistema de Información Geográfico las posibles localizaciones de plantas de biogás con fines energéticos; es por eso que se hace muy importante la realización de esta investigación. A continuación se proponen una serie de etapas y pasos para dar solución a la problemática presentada realizándose una descripción detallada del contenido de cada uno de las etapas que

componen el procedimiento general propuesto en el Anexo 8 donde se representa gráficamente el procedimiento diseñado.

3.1 Etapa 1: Caracterización de la provincia.

La detención de la contaminación ambiental y la obtención de fuentes renovables de energías, hacen que la tecnología del biogás esté bien adaptada a las exigencias ecológicas y económicas del futuro por lo que se considera una tecnología de avanzada, además el proceso de digestión anaeróbica es un proceso natural e inevitable.

Primeramente se realiza una caracterización de la provincia haciendo referencia a la ubicación geográfica de la misma, la extensión territorial, la población, las comunicaciones, la flora y la fauna, el sistema hídrico y el orográfico así como la superficie forestal.

Además para caracterizarla, se deben describir las principales entidades que emiten residuos biodegradables que contaminan el medio ambiente y que pueden ser utilizadas para producir biogás con fines energéticos.

3.2 Etapa 2: Determinación de las posibles localizaciones

Las actuales circunstancias ambientales que configuran los riesgos derivados del cambio climático han obligado a pensar en la sustitución aceleradora de los combustibles físicos por fuentes renovables de energía. El desarrollo de nuevas fuentes renovables y producciones alternativas locales ha sido un aspecto importante de la aplicación de la nueva política económica seguida por el país con el aprovechamiento de efluentes y residuos de producciones principales.

La contaminación ambiental crece cada día y se hace necesario detenerla y buscar fuentes renovables de energías. La tecnología del biogás está bien adaptada a las exigencias ecológicas y económicas del futuro por lo que se considera una tecnología de avanzada, además el proceso de digestión anaeróbica es un proceso natural e inevitable.

En esta etapa se deben seleccionar los posibles lugares donde se deberían construir las plantas de biogás con fines energéticos, para la realización de esta actividad se toman como principales requisitos, según el autor, los principales proveedores de materias primas (residuos orgánicos) y los principales consumidores de energía.

En investigaciones paralelas a esta se realizó la representación en un SIG de los principales potenciales de residuos orgánicos existentes en la provincia Sancti Spíritus al igual que los principales consumidores de energía eléctrica. En esa investigación se calcularon los principales proveedores de residuos orgánicos y el resultado obtenido fue un orden ascendente de la lista de proveedores y se representaron geográficamente 40 de estos.

Estos datos se han tomado como base para la realización de esta investigación.

3.3 Etapa 3: Selección de las localizaciones " aceptables " de plantas de biogás con fines energéticos.

En la bibliografía consultada no se encontró ningún procedimiento que se refiera específicamente a la selección de localización para plantas de biogás y se debe tener en cuenta que ellas tienen una particularidad y es que la materia prima para su funcionamiento son residuos biodegradables, que poseen restricciones para ser transportados y en alguna medida contaminan el medio ambiente.

Al estudiar la amplia variedad de procedimientos existentes para la toma de decisiones de localización se pudo apreciar el valor del procedimiento propuesto por Domínguez Machuca *et al.* (1995) y Krajewski & Ritzman (2000), por el carácter integrador de los pasos que lo conforman y además el autor hace determinadas consideraciones, para adaptar ese procedimiento al escenario objeto de estudio.

Paso 1: Análisis preliminar:

En esta fase se estudian las estrategias empresariales y las políticas de las diversas áreas, para traducirlas en requerimientos para la localización de las instalaciones. Dada la gran cantidad de factores que afectan a la localización, cada empresa deberá determinar cuáles son los criterios importantes en la evaluación de las alternativas. El equipo de localización deberá evaluar la importancia de cada factor, distinguiendo entre los factores dominantes o claves y los factores secundarios (Krajewski & Ritzman, 1990).

Paso 2: Búsqueda de alternativas de localización:

Se establecen un conjunto de “localizaciones candidatas” para un análisis más profundo, rechazándose aquellas que no satisfagan los factores dominantes de la empresa, por lo que es muy importante tener en cuenta el tipo de instalación que se desea ubicar.

Paso 3: Evaluación de alternativas (análisis detallado):

En esta fase se recoge toda la información acerca de cada alternativa de localización, para medirla en función de cada uno de los factores considerados. Esta evaluación puede consistir en una medida cuantitativa, si es un factor tangible o en la emisión de un juicio, si el factor es cualitativo.

Factores de localización

Según la bibliografía consultada, al estudiar la amplia variedad de criterios acerca de los factores de localización se puede plantear que existen factores específicos de localización para las diferentes instalaciones ya sean manufactura, servicios y otros.

El autor se inclina por las clasificaciones emitidas por Buffa (1981), Heizer & Render (2000) y Krajewski & Ritzman (2000) los clasifican en factores críticos, objetivos y subjetivos, tangibles e intangibles, dominantes y secundarios.

- ◆ **Críticos:** Son aquellos criterios cuya naturaleza puede hacer imposible la localización de una planta en un lugar determinado, cualesquiera que fueren las demás condiciones que pudieran existir. Los factores críticos tienen el efecto de descartar algunos lugares.
- ◆ **Tangibles/ objetivos:** Se definen como los costos claramente identificables que pueden ser medidos con alguna precisión. Los costos tangibles incluyen las herramientas, la mano de obra, los materiales, los impuestos, la depreciación y otros costos que el departamento contable y la administración pueden identificar.
- ◆ **Intangibles y los costos futuros/ subjetivos:** Son menos fáciles de cuantificar y pueden ser nombrados a través de las técnicas de ponderación. Estos costos incluyen la calidad de la educación, las instalaciones de transporte público, las actitudes de la comunidad hacia la industria y la compañía, la calidad y actitud de los empleados, así como otras variables, tales como: el clima, las instalaciones recreativas, los deportes, y las que forman parte de la calidad de vida y que pueden influenciar el reclutamiento de personal.
- ◆ **Dominantes:** Incluyen los derivados de prioridades competitivas (por ejemplo, costo, calidad, tiempo y flexibilidad) y que tienen un efecto particularmente poderoso sobre las ventas o los costos.
- ◆ **Secundarios:** También son importantes, pero la gerencia tiene la posibilidad de restar importancia o incluso, ignorar algunos de ellos, si otros factores son más importantes.

La utilización de factores en la toma de decisiones de localización de instalaciones, está estrechamente relacionado con las etapas de este proceso, visto desde diferentes planos de análisis, a través de los cuales se va acotando la selección del lugar en que se localizarán estas, conjugando en este análisis, casi siempre métodos específicos de localización, por lo que resulta un aspecto de singular importancia para esta investigación.

Paso 4: Selección de la localización:

A través de análisis cuantitativos y/o cualitativos se comparan entre sí las diferentes alternativas, para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. En general, no habrá una alternativa que sea mejor que las demás en todos los aspectos; el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima, sino una o varias localizaciones "aceptables". En última instancia, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la dirección, determinarán la localización definitiva. Métodos de localización.

Como se mencionó anteriormente el desarrollo de los métodos trae consigo que varios autores e instituciones los clasifiquen para una mejor comprensión, estudio y aplicación, esta clasificación se rige por diversos criterios, como se puede observar en el Anexo 3.

Los métodos multicriterios son referenciados en muchos casos como métodos que contribuyen al proceso de toma de decisiones relacionadas con la localización de una instalación, se caracterizan por la selección de alternativas en presencia de múltiples criterios.

Se debe siempre tener presente que no existe aún un método multicriterio superior a los demás para tratar cualquier tipo de problema decisional multicriterio, en la medida que en la elección del método multicriterio adecuado influyen, de manera decisiva, las características situacionales del problema decisional en concreto (Ignacio 1983 y Romero 1993).

Varios de los métodos utilizados para localizar instalaciones coinciden en que se pueden utilizar tanto factores cuantitativos como cualitativos, tal es el caso del *Método de factores ponderados* que según Domínguez Machuca (1985) y Pérez Goróstegui (1991) para la localización de una planta se debe usar ese método, que además puede analizar tanto factores cualitativos como cuantitativos, el autor para el desarrollo de esta investigación asume factores cuantitativos, pues se trata de localización de instalaciones para la producción de energía, que es un tema muy importante en la actualidad que genera grandes costos y que sería conveniente minimizarlos.

Es por lo anteriormente planteado el autor para la realización de esta investigación asume aplicar el Método de los factores ponderados, el mismo consta, de los siguientes pasos:

1-Definir Alternativas y Criterios: Las alternativas serían los proveedores obtenidos en el paso 4 y los criterios que se van a evaluar serían los que se deben tener en cuenta para la selección final de los proveedores, se recomienda utilizar la técnica del trabajo con expertos, para definir los criterios más importantes a considerar teniendo en cuenta los planteados en la bibliografía.

2- Igualar los criterios de optimalidad: Se deben llevar todos a máximo o a mínimo en dependencia del problema que se trate.

3- Homogenizar los criterios: Puede ser por varios métodos

$$I. V = \max A_i$$

$$II. V = \max A_i - \min A_i$$

$$III. V = \sum A_i$$

$$IV. V = \sum A_{ij}$$

El autor decide utilizar el número III.

4- Calcular el peso de los criterios: puede ser por varios criterios, El triángulo de Füller o el *Método de la entropía*.

Triangulo de Füller

Consiste en colocar los criterios enumerados y compararlos uno con cada uno de los restantes, establecer una prioridad por uno de los dos que se comparan, luego se suman las

prioridades que se le han otorgado a cada uno de ellos por separados y se dividen entre 10 y así se obtienen finalmente los pesos relativos a cada criterio.

Método de la entropía

$$E_j = \frac{1}{\sum A_i} \left(\log m \right) \sum A_i \log A_i$$

$$D_j = 1 - E_j$$

$$W_j = \frac{D_j}{\sum D_j}$$

5- Determinar las mejores alternativas: Puede ser por varios métodos, en este caso el autor aplica el de ponderación.

$$S_j = \sum_{ij} W_j * N_{ij}$$

Se van sumando por filas y luego se escogen los mayores valores de S_j que serían en este caso los principales proveedores de residuos orgánicos.

3.4 Etapa 4: Representación geográfica de las posibles localizaciones de plantas productoras de biogás con fines energéticos.

Desde un punto de vista práctico, un Sistema de Información Geográfica es un sistema informático capaz de realizar una gestión completa de datos geográficos referenciados; entendiéndose por estos a aquellos datos geográficos o mapas que tienen coordenadas geográficas reales asociadas, las cuales permiten manejar y hacer análisis con datos reales como longitudes, perímetros o áreas. Todos estos datos alfanuméricos asociados a los mapas, más los que se añaden, los gestiona una base de datos integrada con el SIG.

Los SIG son herramientas para la resolución de problemas, especialmente diseñados para manejar información geográfica y datos asociados (temáticos). Se estima que el 90% de la información que maneja la administración es georreferenciable.

Para hacer la representación geográfica de los principales proveedores de residuos orgánicos se utilizó como herramienta el MapInfo, perteneciente al grupo de Sistemas de Información Geográficos.

4 APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PROPUESTO Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

A partir de lo antes visto se realiza una aplicación parcial del procedimiento propuesto en el apartado anterior como validación de la hipótesis de investigación planteada en el trabajo,

considerando los elementos que se presentan en la práctica diaria a la hora de desarrollar el proceso de toma de decisiones relativo a la selección de la localización.

Dentro de los principales elementos del procedimiento que se llevan a vía de hecho en la presente investigación se destacan la definición de las localizaciones aceptables para que un determinado lugar pueda ser considerado en el proceso de toma de decisiones. A continuación se detallan los elementos considerados en las etapas aplicados en el objeto de estudio seleccionado.

4.1 Etapa 1: Caracterización de la Provincia Sancti Spíritus.

La provincia Sancti Spíritus, por su superficie es la séptima entre las 14 provincias cubanas, resulta la única que sirve de asiento a dos de las primeras villas fundadas por los españoles en el siglo XVI.

Es una de las provincias surgidas en Cuba con la división político-administrativa de 1976, con una superficie de 6 731.9 km² ocupa el séptimo lugar en extensión territorial entre las provincias cubanas. Situada en la región central del país, limita al Norte con el Océano Atlántico, al Sur con el mar Caribe, al Este con la provincia de Ciego de Ávila y al Oeste con las de Villa Clara y Cienfuegos. La población residente en la provincia al cierre de 2008 era de 464 221 habitantes (para una densidad de 69.0 hab/km²), la mayor parte de la cual es urbana (324 305 habitantes, para un 69.86% del total) (Domínguez, A.Z.; Ceballo, O.; García-Lahera, J.P. y González, I (2008).

Con el grueso de su territorio calificado como llanuras, lo que convierte a la agricultura en una de sus principales actividades productivas, en su geografía resalta la presencia de abundantes ríos y arroyos. En uno de ellos, la Zaza, se localiza la presa más grande del país. De ahí se desprende el hecho de que la provincia figure como la de mayor potencial hídrico superficial de la Isla.

Formada por ocho municipios, con una rica historia y convertida en escenario de la materialización de provechosas experiencias, sus más de 460 mil habitantes entre los que sobresale una elevada presencia de nativos y descendientes de las Isla Canarias españolas se suman a la batalla por la reanimación económica nacional, a la que aportan diversos renglones exportables entre los que se destacan el azúcar y sus derivados, papel y cartulina, tabaco torcido y en rama, langosta, cemento, café, miel y artesanía (López 2005).

El 81 por ciento de su territorio se clasifica como llanuras y el resto corresponde a alturas y montañas. La riegan numerosos ríos y arroyos, siendo los principales el Zaza, el Agabama, el Jatibonico del Norte y del Sur, el Higuanojo y el Yayabo.

Dispone también de varias presas, entre ellas la Zaza, la más grande del país con sus mil 20 millones de metros cúbicos de capacidad de embalse, y de numerosas micropresas, que la ubican como la de mayor potencial hídrico superficial de la nación.

Su sistema orográfico lo integran las Alturas de Trinidad-Sancti Spíritus, que suman aproximadamente el 60 por ciento del macizo montañoso de Guamuhaya, y las de Bamburanao-

Jatibonico. En las de Trinidad se localiza la mayor elevación de la provincia, el Pico Potrerillo, con 931 metros sobre el nivel del mar. La flora está representada por especies que constituyen distintas formaciones vegetales, desde extensiones de manglares hasta bosques montanos y submontanos. La fauna tiene mayor diversidad y colorido en las montañas, zonas litorales y cayos. Las principales fuentes económicas son agropecuarias, tanto por el volumen de los fondos básicos como por el hecho de que sus industrias fundamentales utilizan materias primas y subproductos agrarios y ganaderos. Aporta diversos renglones exportables entre los que se destacan el azúcar y sus derivados, papel y cartulina, tabaco torcido y en rama, langosta, cemento, café, miel y artesanía (López 2005). La superficie forestal abarca 89 mil hectáreas, de ellas el 70,3 por ciento ha sido clasificada como bosques naturales; las demás, plantadas.

Al fondo poblacional constructivo corresponden 30 mil 961 hectáreas, de las cuales 10 mil 796 están ocupadas por asentamientos. Se incluyen, además, 33 mil 323 de superficie acuosa, reportándose el 44 por ciento como embalses, entre los que sobresalen Zaza (mil 20 millones de metros cúbicos), Lebrije (128 millones), Tuinucú (57 millones), Higuanojo (24 millones), Aridanes (4,5 millones), Banao (3,2 millones) y La Felicidad (57 millones) (López 2005).

Infraestructura de la provincia.

La provincia, por su ubicación en el centro del país, es sitio de paso entre el Oriente y el Occidente. Las principales vías que la vinculan con el resto de la nación son:

- ◆ Autopista Nacional
- ◆ Carretera Central
- ◆ Circuitos Norte y Sur

Además, esta red es complementada por numerosas arterias que ofrecen accesos a las cabeceras municipales, las que a su vez se sirven de otras de menor categoría y de caminos para llegar a todas las zonas rurales.

Ferrocarriles

El Ferrocarril Central que atraviesa el país de este a oeste cruza por la provincia. Tiene también en servicio otros ramales de importancia nacional como son los de Jatibonico, el de la Línea Norte, Placetas-Fomento y los locales de Sancti Spíritus y Trinidad. Todos los municipios poseen líneas férreas al servicio de los centrales azucareros, que a la vez sirven para la transportación de mercancías.

Aeropuertos

La provincia cuenta en la ciudad de Sancti Spíritus con un aeropuerto para aviones de mediano porte, cuya función principal es la recepción de vuelos domésticos de pasajeros, y base de reparaciones de la aviación agrícola. Existe uno similar en Trinidad, importante Polo turístico. También hay pistas en San José del Lago, balneario de aguas minero-medicinales, y en la localidad de San Pedro, cercana a la laguna, El Taje, coto de caza que se ubica en ese lugar.

Todo se complementa con pistas para la aviación agrícola en diversos municipios. La zona de montaña en Topes de Collantes posee un helipuerto. Puertos

Las principales actividades portuarias se localizan en el sur, en el Puerto de Casilda, que tiene segunda categoría. Cuenta con dos atraques, dársena de maniobra y canales de entrada. Ha sido utilizado como punto de tránsito para cruceros turísticos que llegan a Cuba.

Electricidad

La provincia tiene alimentación eléctrica de 220 Kv y 110 Kv, con tres subestaciones ubicadas en los municipios de Sancti Spíritus, Trinidad y Jatibonico. A partir de éstas se distribuye el servicio mediante líneas aéreas

Comunicaciones

La provincia dispone de modernos enlaces de fibra óptica y microondas digitales que garantizan la conectividad nacional e internacional, para los servicios de voz y datos en todos los municipios del territorio. Seis de los ocho municipios poseen centrales telefónicas de tecnología digital, todos disponen de una moderna infraestructura de servicios públicos con terminales de avanzada tecnología. Se destacan además; la naciente red de acceso para telefonía celular GSM que cubre casi la totalidad del territorio y el sistema de comunicaciones inalámbrico del Escambray, que posibilitan las comunicaciones en los sitios más apartados.

Según datos obtenidos en La Unidad de Medio Ambiente CITMA (2008), en la provincia existen alrededor de 137 empresas y entidades que emiten residuos biodegradables que contaminan el medio ambiente, muchas de ellas cuentan con sistemas de tratamiento, algunos no en muy buen estado, por lo que sería recomendable utilizar estos potenciales para producir biogás con fines energéticos.

4.2 Etapa 2: Determinación de las posibles localizaciones

Para la realización de esta investigación, se han tomado como base datos obtenidos en investigaciones paralelas a estas, donde se estimaron 40 entidades que son representativas en la emisión de residuos que contaminan el medio ambiente y que se pueden usar para producir biogás, los proveedores que se analizan en esta etapa serían los que aparecen en el **Anexo 9**. Teniendo en cuenta la importancia que tiene la disponibilidad de materia prima, para la ubicación de una instalación se decide tomar este criterio como el más importante a tener en cuenta para las posibles localizaciones de plantas de biogás, pero también se analiza el consumo de energía eléctrica de todas esas entidades representativas en la producción de residuos biodegradables.

4.3 Etapa 3: Selección de las localizaciones “ aceptables ” de plantas de biogás con fines energéticos.

En esta etapa se procede a presentar un procedimiento específico basado en el propuesto por Domínguez Machuca et al. (1995) y Krajewski & Ritzman (2000), por el carácter integrador en los pasos que lo conforman.

A continuación se describen cada uno de estos pasos.

Paso 1: Análisis preliminar:

Dada la gran cantidad de factores que afectan a la localización, cada empresa deberá determinar cuáles son los criterios importantes en la evaluación de las alternativas.

Al evaluar la importancia de cada factor, el autor considera como los factores más importantes a tener en cuenta; la disponibilidad de materia prima (potenciales de residuos) y la calidad de la misma y la disponibilidad de mercado (consumo de energía eléctrica).

Paso 2: Búsqueda de alternativas de localización:

Al establecer las “localizaciones candidatas” para un análisis más profundo, se rechazan aquellas que no satisfagan los factores dominantes de la empresa, pero se debe señalar que las mencionadas anteriormente cumplen con los requisitos de la empresa que se desea construir, lo que se debe analizar en que grado las satisfacen. Pero se analizan todas las mencionadas en la etapa 2.

Paso 3: Evaluación de alternativas (análisis detallado):

La utilización de factores en la toma de decisiones de localización de instalaciones, está estrechamente relacionado con las etapas de este proceso, visto desde diferentes planos de análisis, a través de los cuales se va acotando la selección del lugar en que se localizarán estas, conjugando en este análisis, casi siempre métodos específicos de localización, por lo que resulta un aspecto de singular importancia para esta investigación.

En este paso se recoge toda la información acerca de cada alternativa de localización, es decir los factores de cada una de ellas, para medirla en función. Para la evaluación de las alternativas se deben tener bien claros los factores de localización que según lo planteado en el capítulo anterior existen factores específicos de localización para las diferentes instalaciones ya sean manufactura, servicios y otros.

Paso 4: Selección de la localización:

A través de análisis cuantitativos se comparan entre sí las diferentes alternativas, para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. En general, no habrá una alternativa que sea mejor que las demás en todos los aspectos; el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima, sino una o varias localizaciones “aceptables”.

Para la realización de este paso se aplica el Método de los factores ponderados, el mismo consta, de los siguientes pasos: La metodología a seguir para la aplicación de esta técnica, como se mencionó en el capítulo es la siguiente:

1- Definir Alternativas y Criterios: Las alternativas serían los proveedores obtenidos en el **paso 4** y los criterios son los mencionados en el paso 1 que serían la disponibilidad de materia

prima (potenciales de residuos) y la calidad de la misma y la disponibilidad de mercado (consumo de energía).

Partiendo de que cada producto tiene un determinado conjunto de características o propiedades, en función de las cuales queda definido su nivel de calidad; pero no todas las características o propiedades de un producto pueden ser consideradas como índices de calidad.

Índices de calidad son aquellas características de las propiedades de un artículo que definen su calidad, en este caso el autor tiene en cuenta la carga generada por cada residuo referida a DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), pues la misma es directamente proporcional al los sólidos volátiles y a la producción de biogás (obtenida en la Unidad de Medio Ambiente del CITMA, 2008).

2- Igualar los criterios de optimalidad: En este caso los criterios antes mencionados deben ser maximizados para la obtención de buenos resultados en la producción de biogás.

3- Homogenizar los criterios: Puede ser por varios métodos como se mencionó en el capítulo anterior pero el autor decide utilizar el número III.

$$A_i$$

III. $V = \sum A_i$ y se coloca cada valor en la matriz.

4- Calcular el peso de los criterios: En este caso se calcula por el *Método de la entropía*.

$$E_j = \frac{1}{m} \left(1 + \frac{\log A_j}{\sum A_i \log A_i} \right)$$

$$D_j = 1 - E_j$$

$$W_j = \frac{D_j}{\sum D_j}$$

Y se obtiene:

$$W_1 = 0.31334$$

$$W_2 = 0.34517$$

$$W_3 = 0.34149$$

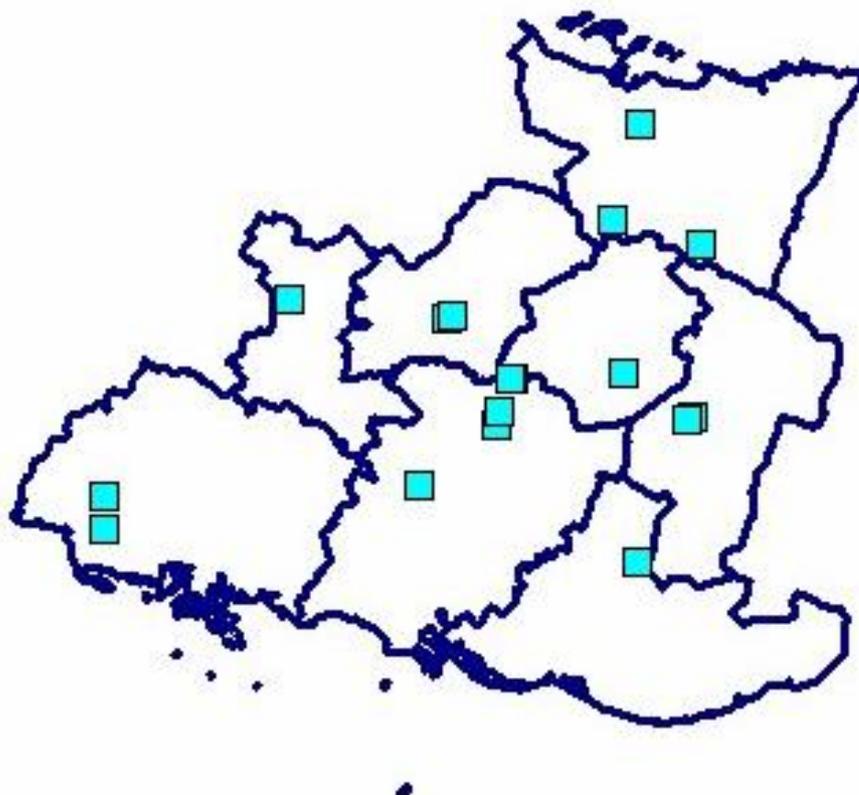
5- Determinar las mejores alternativas: Puede ser por varios métodos, en este caso el autor aplica el de ponderación.

$$S_j = \sum W_j * N_{ij}$$

Se van sumando por filas y luego se escogen los mayores valores de S j que en este caso serían localizaciones aceptables a representar geográficamente; estas representan 57.5% del total de Empresas analizadas, las que se pueden observar en el Anexo 11.

4.4 Etapa 4: Representación geográfica de las posibles localizaciones de plantas de biogás.

En esta etapa se procede a representar en un SIG, mediante el software MapInfo los principales proveedores de residuos orgánicos obtenidos en la etapa anterior para ello es necesario introducir datos como las coordenadas X y Y, ambas obtenidas en la base de datos de Carga Contaminante del CITMA. El mapa de la provincia con los potenciales representados es el que aparece a continuación:



Fuente: Elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

Al realizar la revisión de la bibliografía científica disponible para determinar el estado del arte y de la práctica sobre fuentes renovables de energía, biogás, ventajas y usos, estado actual de la producción de biogás en Cuba, se afirma que la tecnología del biogás, aunque con bajo aporte energético hasta hoy, es una tecnología de elección por su significación en el aporte energético y en la mitigación de gases de efecto invernadero, en Cuba ha estado dirigida hacia soluciones ambientales sin evaluar sus amplias posibilidades energéticas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrastía, M. A. (2012, Agosto 7). Por el dominio gradual de las energías renovables. *Periódico Juventud Rebelde*.
- Balibrea, J., Mendoza, E., Cano-Ott, D., Guerrero, C., Berthoumieux, E., Altstadt, S., ... & Koehler, P. (2014). Measurement of the Neutron Capture Cross Section of the Fissile Isotope ^{235}U with the CERN n_TOF Total Absorption Calorimeter and a Fission Tagging Based on Micromegas Detectors. *Nuclear Data Sheets*, 119, 10-13.
- Berg, W., Brunsch, R. y Pazcicki, I. (2006). Greenhouse gas emissions from covered slurry compared with uncovered during storage. *Agr. Ecosyst. Environ.* 112, 129-34.
- Boccone, R. (2007). *Generación de energía a partir de arroz*. Laboratorio tecnológico. Uruguay.
- Braun, R., Weiland, P. y Wellinger A. (2010). *Biogas from Energy Crop Digestion*. IEA Bioenergy. Task 37 - Energy from Biogas and Landfill Gas. Disponible en: http://www.biogasmax.eu/media/iea_1_biogas_energy_crop__007962900_1434_3003201_0.pdf, consultado el 14/5 2015.a las 15:30
- Campodónico, H., (1998). *Primer diálogo Europa-América latina para la promoción del uso eficiente de la energía*. Serie medio ambiente y desarrollo 15. Naciones unidas.
- El Escenario Energético, C. L. Combustibles Alternativos. Experiencias Potencialidades Y Perspectivas Futuras. febrero del 2015 revista digital de los Joven Club de computación y electrónica, disponible en <http://revista.jovenclub.cu>, consultado 24/5/2015 a las 14:20
- Esperbent, C. (2015). Motor para el desarrollo de las Comunidades: La energía sostenible tiene un importante efecto en la productividad, la salud y la seguridad alimentaria e hídrica de las personas. En América Latina se impulsan proyectos para que las comunidades rurales puedan acceder a fuentes alternativas. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 41(1), 21-27.
- Garfi, M.; Gelman, P.; Comas, J. *et al.* (2011). Agricultural reuse of the digestate from low-cost tubular digesters in rural Andean communities. *Waste Management*, 31, 2584-2589.
- González-Aguilar, J., & Romero, M. (2014). Plantas solares de receptor central: Rendimiento óptico-energético de campos solares. Análisis de la influencia de la dimensión de los helióstatos. *Era solar: Energías renovables*, (180), 36-41.
- Houtart, F. (2009). *La Agroenergía: Solución para el clima o salida de la crisis para el capital*. La Habana: Ciencias Sociales.
- Isgro, M. D. L. Á. (2013). Crisis Energética Mundial. *Crisis Energética Mundial*.
- López, A. (2013, mayo). Conferencia magistral en la XII Conferencia mundial de energía eólica. La Habana, Cuba.
- López, E. (2006). Estudio de las potencialidades de residuos orgánicos con fines energéticos.- Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial en el CUSS.
- Lucas, R., Kuchenbuch, A., Fetzner, I., Harms, H., & Kleinstaub, S. (2015). Long-term monitoring reveals stable and remarkably similar microbial communities in parallel full-scale biogas reactors digesting energy crops. *FEMS microbiology ecology*, 91(3), fiv004.
- Luis Rico J, 2007. " La generación del biogás y los residuos " .Departamento de Ingeniería Química y Química Inorgánica de la Universidad de Cantabria (UC)
- Material de estudio. Marzo – abril de 2006. La Revolución energética en Cuba. – Antecedentes, líneas estratégicas de desarrollo.
- Menéndez, M. (2012). Cuba se propone cambiar su matriz energética. *Boletín clips de energía N° 11*. Publicación quincenal de Cubaenergía con la actualidad energética. ISSN 2077-8473.
- Meyer-Ulrich, A., Schattauer, A., Jürgen, H., *et al.* (2012). Impact of uncertainties on greenhouse gas mitigation potential of biogas production from agricultural resources. *Renewable Energy*, 37, 277-284.

- Pardo, J. A. Estudio de prefactibilidad de un proyecto para la prestación de servicios de acabados para viviendas de interés social en Bogotá. Disponible en <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis45.pdf> (revisado junio 2014).
- Pichs, R. (2012). *Recursos naturales, economía mundial y crisis ambiental*. La Habana: Editorial Científico-Técnica.
- Rocha, W. H. (2013). *Ciclo de vida de los proyectos*. Disponible en: http://proyectosdeinversionwr.bligoo.com.co/media/users/10/534855/files/56394/Ciclo_de_vida_de_los_proyectos.pdf consultado el 20/4/2015, a las 11:25.
- Romero, O. (2005). Metodología para incrementar el aporte de electricidad con bagazo y alternativa de combustible para generar fuera de zafra. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- Romero, O. (2006). Producción de biogás con fines energéticos. De lo histórico a lo estratégico. *Revista Futuros* No. 16, 2006 Vol. IV. ISSN: 1913-6196. Disponible en: http://www.revistafuturos.info/raw_text/raw_futuro16/produccion_biogas.pdf. Consultado el 14/5/2015 a las 11:25
- Suárez, J. (2015). Producción integrada de alimentos y energía a escala local en Cuba: bases para un desarrollo sostenible. *Pastos y Forrajes*, 38(1), 3-10.
- Vázquez, A., Conrado, F., Castro, M., *et al.*, (2013, junio). *Marco regulatorio de las fuentes renovables de energía*. Ponencia presentada en el XI Seminario Nacional de Energía en apoyo a la toma de decisiones. La Habana, Cuba.
- Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. Mini-review. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85, 849-860.

ANEXOS

Anexo 1: Procedimientos para la toma de decisiones de localización.

| Carrol & Dean (1980) ⁴ | Salvendy (1982) | Woithe & Hernández Pérez (1986) | Everett & Ebert (1991) | Hopeman (1991) | Pérez Goróstegui (1991) |
|--|---|--|---|--|---|
| <p>Análisis por áreas geográficas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Región de mercado ▪ Subregión ▪ Comunidad ▪ Sitio | <p>Proceso de decisión de la Localización</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis preliminar ▪ Análisis de localización (área) ▪ Selección del sitio | <p>Introduce 4 fases □ Planificación territorial</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Macro localización ▪ Micro localización ▪ Proyección del plan general | <p>Etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudio preliminar ▪ Análisis detallado | <p>Proceso de decisión</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consideraciones regionales ▪ Elección de la comunidad ▪ Elección del local | <p>Análisis por problemas de localización</p> |
| Fernández Sánchez (1993) | Domínguez Machuca et al. (1995) | Heizer & Render (1997, 2005) | Gaither & Frazier (2000) | Bittle & Ramsey (2001) | |
| <p>Selección de un emplazamiento</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Decisión de ubicar dentro o fuera del país ▪ Selección geográfica ▪ Análisis de provincias específicas ▪ Selección del sitio | <p>Étapas</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis preliminar ▪ Búsqueda de alternativas ▪ Evaluación de alternativas ▪ Selección de la localización | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menciona solo 4 métodos de evaluación de alternativas | <p>Selección de una ubicación</p> <p>Secuencia de decisiones donde se pueden incluir las de los niveles geográficos</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ En qué parte del mundo ▪ Decisión de tipo regional ▪ Decisión en nivel comunidad ▪ Decisión de localidad | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Localización de la empresa ▪ Área general de preferencia (país, regiones, estados, condados, ciudades) ▪ Selección del emplazamiento (parcelas de terrenos individuales) | |

Fuente: Díez, 2008

4 Citado por Chase, Aquilano & Jacobs (2000)

Anexo 2. Diferentes denominaciones de los métodos de localización.

| Métodos | Denominación |
|---|--|
| Factores ponderados (Domínguez Machuca <u>et al.</u> 1995) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Procedimiento general de ubicación (Salvendy, 1982) ▪ Modelo aditivo de puntaje (Schroeder, 1995). ▪ Modelo jerárquico (Fernández Sánchez, 1993) ▪ Método de clasificación de factores (Heizer & Render, 2000) ▪ Sistemas de clasificación de factores (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) ▪ Puntajes ponderados en una matriz de preferencias (Krajewski & Ritzman, 2000) ▪ Ponderación lineal (Ayuda del SSD-AAPP) |
| Media geométrica (Domínguez Machuca <u>et al.</u> , 1995) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelo multiplicativo (Pérez Goróstegui, 1990) ▪ Modelo multiplicativo de puntaje (Schroeder, 1995) ▪ No lo denomina (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) |
| Heurístico de Ardalan (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Método de programación heurística (Salvendy, 1982) |
| Gráficos de volúmenes, ingresos y costos: análisis del punto muerto (Domínguez Machuca <u>et al.</u> , 1995) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis del punto de equilibrio (Buffa, 1981; Heizer & Render, 1996; Krajewski & Ritzman, 2000) |
| Centro de gravedad (Salvendy, 1982; Whoite & Hernández Pérez, 1986; Domínguez Machuca <u>et al.</u> , 1995; Heizer & Render, 2000; Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ • Método de carga-distancia (Krajewski & Ritzman, 2000) |
| Transporte (Domínguez Machuca <u>et al.</u> , 1995; Heizer & Render, 2000) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Programación lineal (Adam & Ebert, 1981; Pérez Gorostegui, 1990) ▪ Problema de programación lineal (resolverlo en una matriz de distribución) (Buffa, 1981) ▪ Modelos económicos-matemáticos (Woithe & Hernández Pérez, 1986) ▪ Programación Lineal (Modelo de transporte de la PL) (Salvendy, 1982) ▪ Matriz o Algoritmo de transporte (Schroeder, 1992) ▪ Programación lineal (Método de transporte de PL) (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) |
| Análisis de regresión múltiple (Trespacios, s.a) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Modelación por regresión (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) |
| Analítico Delphi (Chase, Aquilano & Jacobs, 2000) | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Método Delphi (Buffa, 1981; Salvendy, 1982) |

Fuente: Díezuez, 2008

Anexo 3. Características fundamentales de algunos métodos de localización de instalaciones.

| Método | Condiciones/objetivos | Expresión y variables de cálculo |
|--|---|--|
| Modelo de factores ponderados | Se utiliza para localizar una instalación. Puede analizar tanto factores cuantitativos como cualitativos. | $S_j = \sum_{i=1}^m W_i F_{ij}$ Donde: S _j : puntuación global de cada alternativa j W _i : es el peso ponderado de cada factor i F _{ij} : es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i |
| Exponencial | Puede analizar tanto factores cuantitativos como cualitativos | $S_j = \prod_{i=1}^m F_{ij}^{w_i}$ Donde: S _j : puntuación global de cada alternativa j W _i : es el peso ponderado de cada factor i F _{ij} : es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i |
| Preferencia jerárquica | Evaluaciones de una alternativa respecto a un criterio si supera un nivel mínimo de puntuación exigido. Puede analizar tanto factores cuantitativos como cualitativos | No tiene establecida una expresión de cálculo. Se sustenta en aceptar (A) o rechaza (R) alternativas teniendo en cuenta las puntuaciones de los factores considerados. |
| Calificaciones relativas agregadas | Se llega a una calificación relativa para cada una de las alternativas. Puede analizar tanto factores cuantitativos como cualitativos | |
| Transporte ⁵ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Determina el mejor patrón de embarque desde varios puntos de suministros (fuentes) a varios puntos de demandas (destinos). ▪ Destinos y orígenes finitos que demandan y requieren los recursos respectivamente ▪ Recursos homogéneos (de demanda y oferta) ▪ Costo unitario constante y conocido de asignar recursos del origen al destino | Para trabajar con este método se emplea i: posibles localizaciones de centros de producción, desde 1 hasta m j: posibles centros de consumo, desde 1 hasta n C _{ij} : costo unitario de distribución desde el centro de producción i hasta el centro de consumo j D _j : demanda del centro de consumo j E _i : número de unidades producidas que se disponen en el centro de producción i X _{ij} : número de unidades de producto que se deben enviar desde cada centro de producción i hasta cada centro de consumo j |
| Sistema de simulación por computadoras | Sistemas de canales múltiples, donde se requiera disminuir los costos de operación; maneja problemas muy complejos. | |
| Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro) | Este método se utiliza cuando la nueva fábrica se debe instalar en un lugar que depende de las relaciones de cooperación que esta posea con otras fábricas | $Q_t j = I_{ij} \times S_{ij}$ Donde: Q _{tj} : Gastos de transporte para la alternativa j I _{ij} : Intensidad de transporte entre la fábrica y |

⁵ Este método tiene sus variantes: esquina noroeste, problema de transporte balanceado (oferta = demanda), las asignaciones se realizan siempre a partir de la celda ubicada más al noroeste de la tabla; método de Vogel, Problema de transporte balanceado, las celdas con mayores valores de castigo (diferencia entre los dos costos menores en la columna o fila) son las primeras en asignarle valores.

| Método | Condiciones/objetivos | Expresión y variables de cálculo |
|--|---|--|
| | vecinas que estén instaladas. El procedimiento de este problema se basa en la reducción de los costos de transporte en primer lugar, los costos de preparación del territorio pasan a un segundo plano o no son considerados según sea la magnitud de los primeros. Su solución plantea seleccionar aquel lugar o alternativa de localización en el cual se provoquen los menores gastos de transporte para la fábrica. | cada uno de los puntos i y vecinos con los que se posee relación S_{ij} : Distancia entre cada uno de los puntos i y vecinos y el punto o alternativa j de localización que se analiza |
| Método de Huff | Instalaciones de servicio, donde la rentabilidad de un punto de venta en particular depende de la intensidad de la competencia cercana. | $N_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_j^A}{T_{ij}}$ $N_{ij} = P_{ij} C_i = \frac{S_j^A}{T_{ij}}$ Donde: N_{ij} : Número de clientes que se encuentran en la zona i que probablemente se desplacen al lugar j . P_{ij} : Probabilidad de que un cliente de la zona i se desplace al lugar j . C_i : Número total de clientes potenciales de la zona i S_j : Tamaño de la instalación en el punto j (m^2) T_{ij} : Tiempo requerido por el cliente para desplazarse de la zona i al lugar j . A : Parámetro que mide el efecto del tiempo recorrido sobre el comportamiento de compra de los clientes. |
| Modelo general de interacción competitiva | Este método surge para mejorar el Modelo de Huff, el cual solamente tiene en cuenta dos factores de atracción y disuasión: la superficie de ventas de las empresas detallistas y la distancia. Se recomienda cuando el detallista busca la mejor localización para abrir un punto de venta. Este modelo incorpora múltiples medidas de atracción y disuasión. Determina el comportamiento espacial de los clientes finales. Puede emplearse para empresas de servicios únicas o múltiples instalaciones. Analiza el efecto de "canibalización". | $P_{ij} = \frac{V_i^b X_{hij}^{bh}}{\sum_j V_j^b X_{hij}^{bh}}$ Donde: P_{ij} : Probabilidad de que el cliente acuda a comprar al detallista j X_{hij} : Cualquiera de los atributos h de las alternativas detallistas j consideradas por el consumidor i bh : parámetro que representa el efecto de cada atributo h sobre las probabilidades de elección |
| Ley de gravitación del comercio al detalle | Delimita el comportamiento espacial de los clientes y analiza la atracción y la disuasión. | $V_a \cdot V_b = \frac{P_a \cdot P_b}{D_a \cdot D_b}$ Donde: V_a y V_b : Proporción de venta que las ciudades a y b atraen respectivamente de la localidad intermedia X P_a y P_b : Habitantes de las poblaciones a y b D_a y D_b : Distancia kilométrica desde las |

| Método | Condiciones/objetivos | Expresión y variables de cálculo |
|--|--|--|
| | | localidades a y b a la población intermedia X |
| Ley del punto límite | Tres palacios (s.a) propone este método como complementario para analizar y determinar la demanda correspondiente a un área comercial. | D $Da =$ $Pb + Pa$ Donde: Da: Distancia entre la ciudad a y el límite de las áreas comerciales de ambas ciudades D: Distancia entre las ciudades a y b Pa y Pb: Habitantes de las poblaciones a y b |
| Modelo de localización múltiple | Para empresas detallistas Objetivo: maximizar la cuota de mercado Minimizar el efecto de canalización | $S = c + \sum_{j=1}^J T_{ij} a$ $CE = \sum_{i=1}^{D_i} \frac{S}{n_{Sj}}$ Donde: $+ T_{ij} a$ CE: Cuota de mercado esperada de todos los puntos de venta Di: Demanda potencial de clientes Sj: Superficie de venta de la tienda j Tij: Distancia entre las zonas geográfica i y la tienda j i: Zona geográfica de demanda j: Puntos de venta de la empresa y de la competencia a: sensibilidad al desplazamiento |
| Localización de unidades de emergencia | Tiene un tiempo de respuesta mínimo como criterio de decisión. El criterio de localización más importante es una medida de servicio como puede ser el tiempo de respuesta. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Densidad de llamadas ▪ Velocidad de viajes ▪ Reglas de despacho ▪ Número de vehículos disponibles ▪ Cobertura geográfica (tamaño del área) ▪ Estándares de gobierno ▪ Número de estaciones en la región y promedio de ocupación ▪ Configuración de las vías de transporte ▪ Características de movilización de otras instalaciones |
| Análisis de regresión múltiple | Para categorías de productos diferentes p.e: Tiendas especializadas (peleterías, supermercados) | Selección de las medidas adecuadas de comportamiento o variables respuesta (ventas globales, ventas per cápita, y cuota de mercado). Variables independientes que se espera influyen en las medidas de comportamiento y para las que existe un número suficiente y periodificado de datos. Las variables potenciales que pueden estudiarse son: características sociodemográficas de los consumidores (detalladas para cada punto de venta o sus áreas comerciales); estrategia de los diferentes competidores potenciales en la zona geográfica analizada; imagen de las tiendas y otros factores específicos relacionados con el emplazamiento comercial donde se ubican los detallistas. |
| Gráficos de Volumen, ingresos y costos | Los ingresos pueden afectarse cuando la capacidad de atraer clientes dependa de la proximidad de los mismos. Los costos pueden variar de acuerdo al sitio elegido | Este estudio se puede hacer matemática o gráficamente siguiendo los pasos que se enumeran a continuación: 1. Determinar los costos variables y los costos fijos para cada sitio. Recuerde que los costos variables son la parte del costo total que varía en forma |

| Método | Condiciones/objetivos | Expresión y variables de cálculo |
|-------------------------------|---|--|
| | | <p>directamente proporcional al volumen de la producción.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Trazar en una sola gráfica las líneas de costo total para todos los sitios. 3. Identificar los rangos aproximados en los cuales cada una de las localizaciones provee el costo más bajo. 4. Resolver algebraicamente para hallar los puntos de equilibrio sobre los rangos pertinentes. |
| Heurístico de Ardalan | Hallar la localización de 2,3 o 4 instalaciones que puedan servir a los n consumidores de más bajo costo – distancia – población ponderada. | Factores de ponderación que son los que dan el criterio para la localización. La determinación de la mejor localización se realiza por un procedimiento heurístico en el que se trabaja con distancias, población o variables afines, factor de ponderación y matrices de costo ajustadas. |
| Electra ⁶ | Este método se basa en el cálculo de dos tipos de medidas, el índice de concordancia y el índice de discordancia, los cuales permiten determinar el grado en que una alternativa resulte mejor que otra | Relaciones fundamentales por las que se rige: Indiferencia (I) Preferencia estricta (P) Preferencia débil (Q) Incomparables (R) Define los conceptos de concordancia y discordancia |
| Fundamentados en la analogía | Para instalaciones similares. Aplicar los resultados de un análisis anterior tomando las mismas condiciones para la nueva localización | <ul style="list-style-type: none"> • Características sociodemográficas de los clientes • Estrategia de la competencia • Ventas correspondientes Entre otras variables |
| Centro de gravedad | Analiza el costo de transporte Ubicación de plantas de fabricación o almacenes de distribución respecto a unos puntos de origen (proveedores) y salida | $x^* = \frac{\sum c_i v_i x_i}{\sum c_i v_i}, y^* = \frac{\sum c_i v_i y_i}{\sum c_i v_i} \quad CTT = \sum c_i v_i d_i$ Donde: $\sum c_i v_i$ x^* : Coordenada x del centro de gravedad y* : Coordenada y del centro de gravedad x_i : Coordenada x del iésimo centro de demanda (localización) y_i : Coordenada y del iésimo centro de demanda (localización) W_i : Costo del desplazamiento de las cargas asociado a la localización i CTT: costo total de transporte c_i : costo unitario de transporte correspondiente al punto i v_i : Peso de materiales trasladados desde o hacia la instalación i d_i : Distancia entre instalaciones |
| Analítico Delphi | Localiza múltiples y más complejas instalaciones | Considera factores tangibles e intangibles y diversos objetivos analizados a partir de un procedimiento específico de trabajo con expertos. |
| Método global de localización | Combina factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que asignan valores ponderados de peso relativo. Introduce el término de factor | $I_i = F C_i \cdot [a \cdot F O_i + (1 - a) \cdot F S_i]$ Donde: I_i : índice de la localización i $F C_i$: índice de factores críticos para la localización i $F O_i$: índice de factores objetivos para la |

⁶ Existen las versiones de Electra II, III, IV y IS

| Método | Condiciones/objetivos | Expresión y variables de cálculo |
|---------------------------------------|--|---|
| | crítico. | localización i FSi : índice de factores subjetivos para la localización i a : peso relativo entre FOi y FSi que toma valores entre 0 y 1 |
| Modelo de Brown & Gibson | Similar al método anterior, combina factores posibles de cuantificar con factores subjetivos a los que se asignan valores ponderados de peso relativo. | |
| Matriz de decisión | Comparación de los factores preponderantes de las posibles alternativas de localización | Se realiza una ponderación de factores tanto objetivos como subjetivos los que a su vez los clasifica en fundamentales u obligatorios y en deseables. |
| Criterio del factor preferencial | Se basa en la preferencia personal de quien debe decidir | |
| Criterio del factor dominante | No otorga alternativas a localización | |
| Localización sobre redes ⁷ | Se deben identificar nodos y arcos | Se deben identificar los nodos y los arcos |

Fuente: Díeguez, 2008

⁷ Autores como Buffa (1981) y Domínguez Machuca *et al.* (1995), plantean que este tipo de problemas es más realista pero mucho más complicado, entre los problemas clásicos de localización en redes están los problemas de media, los problemas de centro y de requisitos u objetivos; también hace referencia a las colas espacialmente distribuidas con dos servidores y con n servidores; además, menciona otras aplicaciones de estos métodos, entre las que se encuentran el problema del camino más corto (utilizando el algoritmo de etiquetado de nodos de Dijkstra, el problema del árbol de expansión mínima, problema del viajante de comercio y el problema del "cartero chino".

Anexo 4: Clasificación de los métodos multicriterio atendiendo al carácter múltiple de los objetivos, metas y atributos.

| Carácter múltiple de: | Métodos |
|-----------------------|---|
| Objetivos | Programación Multiobjetivo |
| | Extensiones de la Programación Multiobjetivo Programación Compromiso |
| Metas | Programación por Metas |
| | Extensiones de la Programación por Metas: Programación por Metas MINIMAX Programación Multimetas |
| Atributos | Modelos no compensatorios Dominación Satisfacción (conjuntiva y disyuntiva) Lexicografía MaxiMin MaxiMax |
| | Modelos compensatorios Utilidad Aditiva Utilidad Configural |

Fuente: Marrero Delgado, 2001

Anexo 5: Clasificación de algunos métodos multicriterios de acuerdo con el carácter continuo, de esto.

| METODOS MULTICRITERIOS CONTINUOS | |
|-------------------------------------|---|
| Método / Técnica | Referencias principales |
| Programación Lineal Multiobjetivo | [Cohon, 1978; Romero, 1985; Romero, 1993] |
| Programación Compromiso | [Zeleny, 1974; Romero, 1993] |
| Programación Meta | [Flavell, 1976; Moskowitz & Wriqth, 1984; Romero, 1985; Romero, 1993; Taha, 1998] |
| Programación Multimeta | [Romero, 1993] |
| Métodos Interactivos Multicriterios | <ul style="list-style-type: none"> • De Zions & Wallenius [Zions & Wallenius, 1976; Romero, 1993] • STEM [Benayoun et al, 1971; Romero, 1993; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |

Fuente: Marrero Delgado, 2001

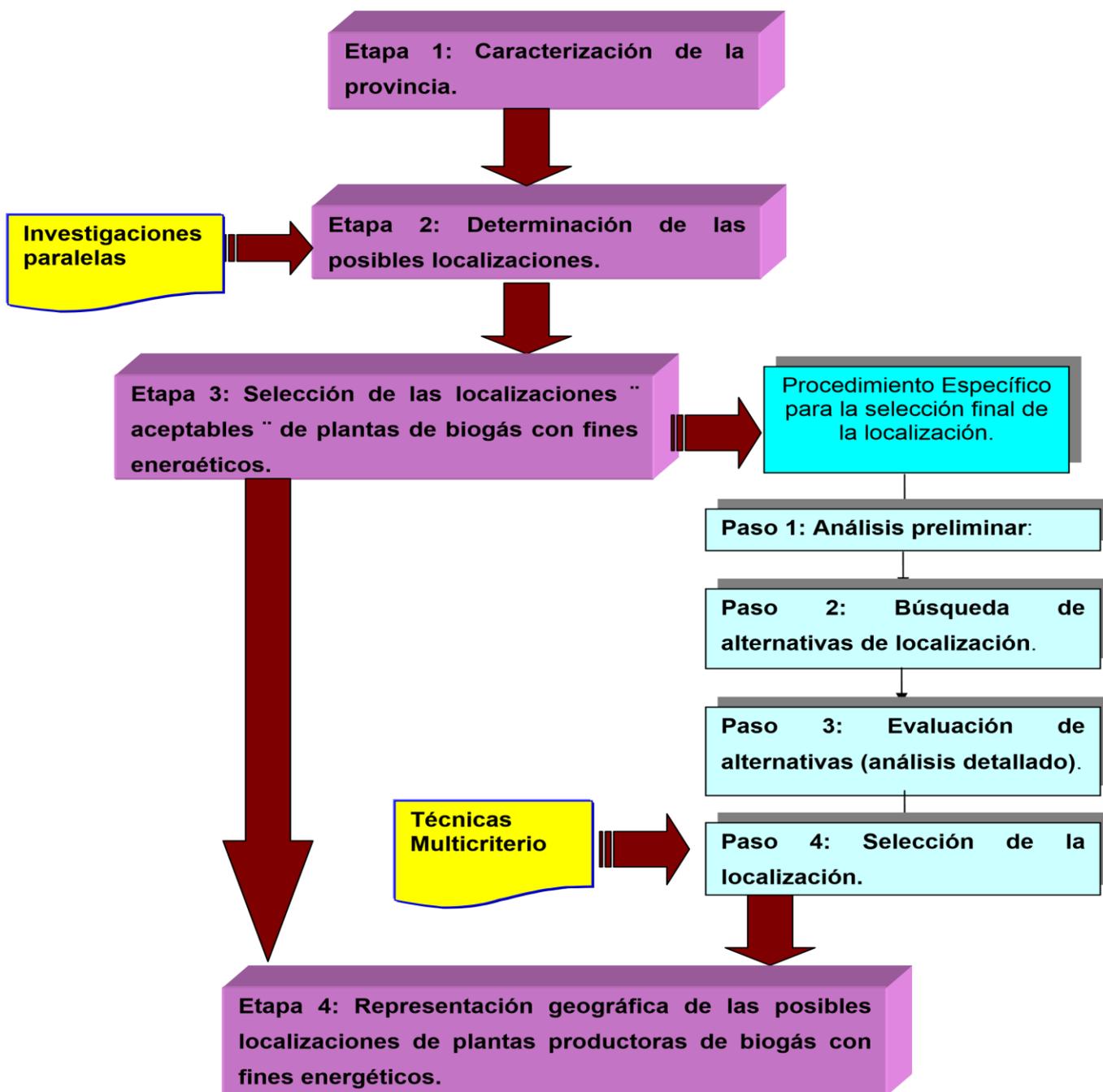
Anexo 6: Clasificación de algunos métodos multicriterios de acuerdo con el carácter discreto de estos.

| Clasificación | Método y Referencias principales |
|--|--|
| Métodos Multicriterios Ordinales | De Borda [Borda, 1781; Barba-Romero & Pomerol, 1997] De Condorcet [Black, 1958; Barba-Romero & Pomerol, 1997] Axiomático de Arrow-Raynaud [Arrow, 1951; Arrow & Raynaud, 1986; Pascual, 1989; Romero, 1993; Barba-Romero & Pomerol, 1997] De Copeland [Copeland, 1951; Barba-Romero & Pomerol, 1997] De Bowman y Colantoni [Bowman & Colantoni, 1973; Marcotorchino & Michaud, 1979; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |
| Métodos Lexicográficos | Semiorden Lexicográfico [Luce, 1956; Tversky, 1969; Moskowitz & Wright, 1984; Barba-Romero & Pomerol, 1997] De las permutaciones lexicográficas [Massam & Askew, 1982; Barba-Romero & Pomerol, 1997] Lexicográfico con niveles de aspiración [Keeney & Raiffa, 1976; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |
| Métodos de Jerarquía | Jerarquías Analíticas (AHP) [Saaty, 1977; Saaty, 1980; Moskowitz & Wright, 1984; Gomes & Oliveira, 1993; Romero, 1993; Domínguez et al, 1995; Barba-Romero & Pomerol, 1997; Canada et al, 1997; Taha, 1998] TODIM [Gomes, 1989; Gomes & Oliveira, 1993] |
| Métodos de distancia a una alternativa ideal | LINMAP [Srinivasan & Shocker, 1973 a ; Srinivasan & Shocker, 1973 b ; Barba-Romero, 1991; Barba-Romero & Pomerol, 1997] TOPSIS [Hwang & Yoon, 1981; Yoon et al, 1985, Yoon, 1987; Barba-Romero & Pomerol, 1997] AIM [Lotfi et al, 1992; Barba-Romero & Pomerol, 1997] TRIPLE C [Angehrn, 1989; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |
| Métodos de permutación | QUALIFLEX [Paelinck, 1976; Ancot & Paelinck, 1982; Claessens, Lootsma & Voogd, 1991; Barba-Romero, 1991; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |
| Métodos de comparación de alternativas | De Zionts [Zionts & Wallenius, 1976; Zionts, 1981; Korhonen et al., 1984; Koksalan, 1989; Taner & Koksalan, 1991; Koksalan & Taner, 1992; Salminen, 1992; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |

| Clasificación | Método y Referencias principales |
|--|---|
| Métodos de relaciones de superación | <p>ELECTRE [Benayoun et al,1966; Roy, 1968; Roy, 1971; Roy & Bertier, 1973; Roy, 1978; Roy & Hugonnard, 1982; Roy & Shalka, 1985; Barba-Romero, 1991; Romero, 1993; Domínguez et al, 1995; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> <p>Métodos de concordancia [Hinloopen et al., 1983; Voogd, 1983; Rietveld, 1984; Janssen, Nijkam & Rietveld, 1990; Barba-Romero, 1991]</p> <p>PROMETHEE [Brans et al., 1984; Brans & Vincke, 1985; Brans, Vincke & Maneschal, 1986; BarbaRomero, 1991; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> <p>ORESTE [Roubens, 1982; Pastjin & Leysen,1989; Barba-Romero, 1991]</p> <p>TACTIC [Vansnick, 1986]</p> <p>MAPPAC [Matarazzo, 1986, 1990, 1991]</p> <p>MELCHIOR [Leclercq, 1984]</p> |
| Métodos multivariantes | <p>Mapa estructural de Rivett [Rivett, 1977; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> <p>Análisis de correspondencias [Steward, 1981; Cheung, 1991; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> <p>Análisis factorial [Steward, 1981; Massam & Askew, 1982; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> <p>GAIA [Vetschera, 1992; Barba-Romero & Pomerol, 1997]</p> |
| Métodos de utilidad multiatributos | <p>Modelos no compensatorios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dominación • Satisfacción (conjuntiva y disyuntiva) • Lexicografía • Maximin [Newmann & Morgenstern, 1944; Hwang & Yoon, 1981; Moskowitz & Wright, 1984; Dubois & Koning, 1991; Bouchon-Meunier, 1993; Barba-Romero & Pomerol, 1997] • Maximax [Hwang & Yoon, 1981; Moskowitz & Wright, 1984; Barba-Romero & Pomerol, 1997] <p>Modelos compensatorios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilidad Aditiva (Suma ponderada) [Moskowitz & Wright, 1984; Barba-Romero, 1991; Domínguez et al, 1995; Barba-Romero & Pomerol, 1997; Canada et al, 1997] • Utilidad Configural (Producto ponderado) [Moskowitz & Wright, 1984; Barba-Romero, 1991; Barba-Romero & Pomerol, 1997; Canada et al, 1997] • Modelo Brown-Gibson [Canada et al, 1997] |
| Otros métodos (contiene características de varias de las clasificaciones anteriores) | <ul style="list-style-type: none"> • HIRMU [Korhonen, 1986; Barba-Romero & Pomerol, 1997] • Asignación lineal [Blin, 1976; Bernardo & Blin, 1977; Blin & Dondson, 1978; Barba-Romero & Pomerol, 1997] • MOOTBA [White & Sage, 1980; Barba-Romero & Pomerol, 1997] • STEM discreto [Benayoun et al, 1971; Barba-Romero & Pomerol, 1997] |

Fuente: Marrero Delgado 2001.

Anexo 7: Representación gráfica del procedimiento diseñado.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 8: Principales proveedores de residuos orgánicos en Sancti Spiritus.

| No | Proveedores /Criterios | LAT. NORTE | LONG.ESTE |
|-----------|-----------------------------------|-------------------|------------------|
| 1 | Destilería Melanio Hernández | 241.84 | 663.4 |
| 2 | Asentamiento Taguasco | 242.8 | 679.2 |
| 3 | Asentamiento Sancti Spiritus | 235 | 661 |
| 4 | Asentamiento "Trinidad" | 220.1 | 605 |
| 5 | Asentamiento Cabaiguán | 251 | 655 |
| 6 | Centro Porcino "Carbó" | 264.8 | 677.9 |
| 7 | CAI "Melanio Hernández" | 242 | 663.3 |
| 8 | Empresa Genética Porcina | 250.5 | 654.1 |
| 9 | Centro Porcino "Venegas" | 261.5 | 690.5 |
| 10 | Asentamiento "Fomento" | 253.4 | 631.6 |
| 11 | Asentamiento "Jatibonico" | 236.3 | 689.3 |
| 12 | Papelera Pulpa Cuba | 225.005 | 605.006 |
| 13 | Cebadero Porcino "Tamarindo" | | |
| 14 | CAI Uruguay | 236.15 | 688.6 |
| 15 | Asentamiento "Yaguajay" | 278.8 | 681.7 |
| 16 | Cebadero Porcino "Cacahual" | 226.4 | 650 |
| 17 | Asentamiento Guayos | 247.8 | 658.8 |
| 18 | Ceb. Porcino.Punta Diamante" | 254.6 | 652.5 |
| 19 | Asentamiento Casilda | 215.2 | 604.7 |
| 20 | Asentamiento Mayajigua | 269.5 | 698 |
| 21 | Asentamiento Meneses | 270.6 | 679.3 |
| 22 | Asentamiento Siguaney | 242.3 | 675.1 |
| 23 | Asentamiento La Sierpe | 215.3 | 681.3 |
| 24 | Emp. Prod. Lácteos Río Zaza | 237.25 | 661.4 |
| 25 | Asentamiento Arroyo Blanco | 246.4 | 697.7 |
| 26 | Asentamiento Venegas | 261.3 | 691.5 |
| 27 | Asentamiento Las Nuevas | 210.2 | 691.8 |
| 28 | Cochiq. Autoc.CAI Uruguay | 237.2 | 689.6 |
| 29 | Licvad. Mártires de la Chorrera | 237.8 | 661.53 |
| 30 | Cochiq, Autocons.Melanio Hdez | 242.3 | 663.9 |
| 31 | Empacadora Roberto Quesada | 237.25 | 661.4 |
| 32 | Despulpadora "La 23" | 228.008 | 636.009 |
| 33 | Matadero "Victor Ibarra" | 234.55 | 660.25 |
| 34 | Despulpadora "La Felicidad" | 237.007 | 603.007 |
| 35 | Fca de Conservas SS | 237.7 | 661.6 |
| 36 | Despulpadora "Seibabo" | 243.008 | 617.008 |
| 37 | Despulpadora "El Pedrero" | 252.6 | 628.9 |
| 38 | Fábrica de Conservas Lucumí | 237.85 | 660 |
| 39 | Emp. Militar Indu. Cor. F Aguiar. | 236 | 661 |
| 40 | Despulpadora Polo Viejo | 232.7 | 612.8 |

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9: Localizaciones aceptables.

| No | Nombre Empresa | Vol. Res m3/año | Calidad (DBO gener.) | Demanda energética Kw/h | Spj |
|----|---|--------------------|----------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Destilería Melanio Hernández | 9570 | 9570 | 124648,932 | 0,168466 |
| 2 | Asentamiento Taguasco Asentamiento Siguaney Fca Cemento Siguaney Comb. Asbesto Cemento | 20168805 | 237 | 1742966,03 | 0,254204 |
| 3 | Asentamiento Sancti Spiritus. Acueducto SS Hospital Provincial Frigorífico | 6831340 | 1434 | 492006,049 | 0,101899 |
| 4 | Asentamiento "Trinidad" Asentamiento Casilda. Hotel Trinidad del Mar Hotel Ancón | 3229439 | 689 | 308176,492 | 0,053586 |
| 5 | Asentamiento Cabaiguán Asentamiento Guayos Refinería "Sergio Soto" | 9391635 | 628 | 76233,0303 | 0,076137 |
| 6 | Centro Porcino "Carbó" | 200385 | 1293 | 3507,22348 | 0,023119 |
| 7 | CAI "Melanio Hernández" Coch. Autoc. Melanio Hdez Rebombero Tuinucú Bombeo M. Hdez | 113933,12 | 1140 | 82775,8636 | 0,025493 |
| 8 | Empresa Genética Porcina | 410625 | 775 | 14695,0417 | 0,016596 |
| 9 | Asentamiento Venegas Centro Porcino "Venegas" | 338519 | 1060 | 7282,18939 | 0,020378 |
| 10 | Asentamiento "Fomento" Fca de Bicicletas. | 1510808 | 318 | 58299,97 | 0,019056 |
| 11 | Asentamiento "Jatibonico" Asentamiento Jatibonico Papelera Papeles finos y Conv. SA | 1753168 | 367 | 59922,60 | 0,021544 |
| 12 | Papelera Pulpa Cuba Bombeo | 1016000 | 352 | 328743,269 | 0,035152 |
| 13 | Cebadero Porcino "Tamarindo" | 122596 | 791 | 2165,63258 | 0,014145 |
| 14 | CAI Uruguay Coch. Autoc. CAI Uruguay | 907353 | 507 | 122924,951 | 0,022802 |
| 15 | Asentamiento "Yaguajay" Asentamiento Mayajigua Asentamiento Meneses Fca Torula CAI "Simón Bolívar" | 1707178 | 365 | 229063,65 | 0,032917 |
| 16 | Cebadero Porcino "Cacahual" | 270727,8 | 313 | 3321,29545 | 0,007196 |
| 17 | Ceb. Porcino.Punta Diamante" | 98331 | 353 | 655,45 | 0,006571 |
| 18 | Emp. Prod. Lácteos Río Zaza | 81760 | 131 | 451681,322 | 0,033961 |
| 19 | Asentamiento Las Nuevas Asentamiento La sierpe Molino Las Nuevas | 509102 | 106 | 36433,6212 | 0,007563 |
| 20 | Licuat. Mártires de la Chorrera | 3456 | 82 | 1661,36742 | 0,001506 |
| 21 | Empacadora Roberto Quesada | 2074 | 58 | 26905,1061 | 0,002843 |
| 23 | Matadero "Víctor Ibarra" | 25920 | 23 | 5807,36742 | 0,000952 |
| 25 | Fca de Conservas SS | 5475 | 11 | 753998,68 | 0,052382 |

Fuente: Elaboración propia.