

ARTÍCULO ORIGINAL

**Recurso financiero en la energización rural en Cuba. Caso de estudio: Comunidad «Las Calabazas», Villa Clara**

*Financial Resource for Energization of Rural Areas in Cuba. Study Case: “Las Calabazas” Community, Villa Clara*

**Taymi González Morera, Raúl Olalde Font, Inocencio Raúl Sánchez Machado,<sup>I</sup> Judith A. Cherni<sup>II</sup>**

<sup>I</sup> Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba.

<sup>II</sup> Colegio Imperial de Londres, Reino Unido.

**Resumen**

La transferencia de tecnologías energéticas y su impacto en los niveles de vida de las personas se convierte en uno de los ejes fundamentales para potenciar los espacios locales rurales. Así, el recurso financiero de los diversos pueblos se ve favorecido con la creación de nuevos empleos y la diversificación de las actividades económicas, de manera que es posible la formación de una cultura empresarial. En Cuba, se desarrolló el proyecto internacional «Energías renovables en función del desarrollo sostenible» (RESURL), entre los años 2001 y 2011, con el objetivo de apoyar la toma de decisiones para proyectos de energización rural. La aplicación de su modelo para la toma de decisiones (SURE) en la comunidad «Las Calabazas», el análisis del recurso financiero y la predicción de sus impactos sobre la economía local son los aspectos que constituyen objetivos del presente trabajo.

**Palabras clave:** recurso financiero, SURE, tecnologías.

**Abstract**

*Transference of energetic technologies and its effect on people' standard of living becomes one of the main elements for developing rural local areas. This way, financial resource of different towns is favored with the creation of new jobs and diversification of economic activities, so that the formation of a business culture becomes possible. “Renewable*

*Energies for Sustainable livelihoods” (RESURL) International Project was developed in Cuba from 2001 to 2011 in order to support decision-making for the project of Energization of rural areas. The main objectives of this paper are the implementation of its model for decision-making (SURE) in “Las Calabazas” Community, the analysis of the financial resource and the prediction of its impact on local economy.*

**Keywords:** *financial resource, SURE, technologies.*

## **Introducción**

En Cuba, el acceso al servicio eléctrico constituye una de las mayores aspiraciones de la población rural que radica en zonas aisladas, debido a su positiva influencia sobre las condiciones de vida. Sin embargo, las características demográficas de dichos espacios les impiden interconectarse con el Sistema Electroenergético Nacional (SEN), por lo que llevar hasta allí la energía convencional supone altos costos que no pueden ser subvencionados por el gobierno, teniendo en cuenta que alrededor de un 5 % de la población no recibe electricidad del SEN (Murillo, 2014).

Esta situación ha propiciado que el país identifique como problemas fundamentales en su seguridad energética, la alta dependencia de combustibles importados, el elevado costo promedio de la energía entregada, la fuerte contaminación ambiental y la baja utilización de las fuentes renovables de energía (FRE). Es por ello que para elevar la autonomía de la economía cubana se precisa un cambio en la matriz energética a partir del uso de FRE mediante el empleo de las potencialidades y recursos locales (Murillo, 2014). En este sentido, se debe exigir que la transferencia tecnológica active las pequeñas economías locales, de manera que se generen formas de empleo con producciones que se integren a la matriz energética y económica local. Las actividades económicas, por ende, deben orientarse con el fin de garantizar incrementos en la calidad de vida, la socialización de los procesos productivos y de servicios y la distribución de la riqueza (Padua Muñoz, 2012).

Actualmente, las revisiones de la literatura dedicada al tema en Cuba han constatado aspectos como la escasez de recursos materiales, la insuficiente legislación para regular la actividad económica y financiera, la exigua capacidad para decidir en la cartera inversionista del territorio, entre otros (Méndez, 2001; Íñiguez, 2014; Louro, 2014). No obstante, mediante el proyecto «Energías renovables en función del desarrollo sostenible» (RESURL), se

perfecciona un modelo para la toma de decisiones (SURE) y se diseminan sus resultados, de manera que los impactos refuerzan la idea del autodesarrollo comunitario sustentable desde la arista de la energización rural (Cherni *et al.*, 2006). Este proyecto y su modelo se enmarcan en la teoría de los modos de vida [Department for International Development (DIFID), 1999a, 1999b, 2000] y definen cinco tipos de capital: natural, humano, social, físico y financiero.

### **1. Aspectos teóricos del modelo SURE**

SURE utiliza técnicas de análisis multicriterio-objetivo (AMO) e introduce otras participativas. Así, conforma un instrumento que predice y mide dinámicamente los efectos que producen las transferencias de tecnologías energéticas en los recursos locales de comunidades rurales electrificadas parcialmente o no electrificadas, en cuanto a los niveles de logros a alcanzar. En tal sentido, los factores que se presentan a continuación evalúan y permiten predecir el nivel de logros a alcanzar en cada recurso por cada opción tecnológica (Cherni *et al.*, 2006):

- Recurso o capital social: recursos en los que se apoyan los pueblos para alcanzar sus objetivos. Se desarrollan mediante redes y conexiones, participación en grupos formalizados, relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios y uso del tiempo libre. Asimismo, comprende factores como el potencial de creación de organizaciones que genera la energía, las horas ahorradas en la recolección de combustible, el tiempo libre disponible y el número de personas beneficiadas con la tecnología.
- Recurso o capital financiero: posee dos fuentes principales, las partidas disponibles, ahorros (dinero en metálico, depósitos bancarios o activos líquidos como el ganado o las joyas) o créditos y las entradas regulares de dinero (pensiones u otros pagos realizados por el Estado y remesas). Además, comprende factores como el costo unitario de generación de energía, el número de nuevos empleos directos e indirectos, el aumento de la actividad económica en la región y el valor presente neto (VPN).
- Recurso o capital natural: analiza aspectos como tierra cultivable, agua, viento, sol, biomasa, paisaje, flora, fauna y superficie apta para la generación de energía, que son asequibles para los hogares o individuos dentro de su contexto rural y de los cuales se pueden derivar flujos de recursos útiles para su sostenimiento. Incluye factores como la disponibilidad de recursos naturales, la unidad de contaminación atmosférica a

causa de la energía (aire), el impacto visual (paisaje), la contaminación del agua, el aprovechamiento de energéticos renovables y los impactos sobre la flora y fauna existente.

- Recurso o capital humano: representa las aptitudes, conocimientos, capacidades laborales y buena salud que permiten a las poblaciones entablar distintas estrategias y alcanzar sus objetivos en materia de modos de vida sostenibles. Comprende factores como el número de personas con acceso a la energía, las mejoras en la cobertura en educación y salud, la capacidad de apropiación de la tecnología y, dentro de esta última, la capacidad de uso para la operación y mantenimiento.
- Recurso o capital físico: comprende las infraestructuras básicas y los bienes de producción (herramientas y equipos) necesarios para respaldar los modos de vida. Incluye elementos como la energía (vida útil, dependencia de combustibles fósiles y modularidad, eficiencia y demás) y las edificaciones (nivel de satisfacción a partir de la demanda energética por sectores, demanda suplida y preferencia por cuestionario participativo).

## 2. Métodos empleados

Los procedimientos implementados en SURE se desglosan en dos fases. La primera permite identificar el estado actual de los recursos o capitales de la comunidad con la ayuda de una serie de reglas lógicas que relacionan información proveniente de un cuestionario participativo (Águila, 2006). Lo que se pretende es convertir las potencialidades y necesidades particulares de la población en la base o el punto de partida de la toma de decisiones (Olalde *et al.*, 2014). Como resultado, se le presentan al(los) decisor(es) las características más relevantes que debe tener el conjunto de alternativas de energización, una serie de alternativas genéricas de energización a evaluar y la línea base.

En la segunda fase, SURE tiene, como una de sus salidas, la matriz tecnológica, a partir de la cual, y con ayuda de las técnicas de AMO, se podrá definir cuál de las opciones tecnológicas propuestas por este último o por el usuario del modelo será la más adecuada para implementar en términos de mejoramiento del pentágono inicial de la comunidad. El objetivo siempre es acercarse lo más posible al pentágono ideal (DIFID, 1999a) y, de manera adicional, se exhibe el impacto climático global. En el modelo se introduce un procedimiento en el que se representa un juego separado de factores para cada función del recurso. Cada

factor tiene un rango de valores entre 0 y 1, donde 0 refleja ningún efecto positivo o resultado de la alternativa energética en un capital dado y 1 expresa su efecto más elevado. En otros términos, la medida ideal y máxima de impacto positivo que una comunidad puede lograr es 1, por lo que se representa mediante una función estructurada para los cinco tipos de capitales de la comunidad respecto a las opciones tecnológicas energéticas (Cherni *et al.*, 2006).

Una de las principales contribuciones del sistema es que cuantifica, a través de un índice cuantitativo de los espacios entre el sustento teórico e ideal, los posibles efectos de las tecnologías en los diferentes recursos, la condición existente de los recursos, su posible mejora con la aplicación de energía, el ordenamiento de las opciones tecnológicas, y determina el impacto global de emisiones evitadas de CO<sub>2</sub> de la tecnología seleccionada como ganadora.

Otro elemento novedoso es que en SURE se implementa un procedimiento que define estructuralmente los cinco recursos de la comunidad con respecto a las opciones tecnológicas energéticas (Cherni *et al.*, 2006). Este tiene como meta minimizar el vacío o espacio entre el posible valor máximo del recurso de cada comunidad y el valor que podría obtener a través de la aplicación de una tecnología energética, de manera que captura dinámicamente la relación entre los recursos que la población posee cuando la energía llega a la comunidad. El procedimiento se basa en el método de análisis multicriterio denominado programación por compromiso (Zeleny, 1973).

En correspondencia con lo referido en la introducción, para lograr una estimulación de la economía local es necesario brindar especial atención al capital financiero, debido a que los factores que lo integran resultan críticos si se trata de obtener un mayor nivel de logros que redunden en beneficios hacia las diferentes actividades económicas de la localidad. A partir de esta reflexión, se estructura una serie de procedimientos que incluyen el indicador de capital financiero (Henaó *et al.*, 2000). Este último constituye una función conformada por el costo unitario de generación de energía, el número de nuevos empleos directos e indirectos, el aumento de la actividad económica en la región, el VPN de la alternativa energética donde el cálculo del VPN y la activación económica que reviste singularidad para el caso cubano. Esta última se relaciona con el aumento de la actividad económica en la región y se debe definir cuantitativamente a través de la producción mercantil de cada

comunidad, comprendida, a su vez, por diferentes sectores tales como la agricultura, pesca, ganadería y cría de animales, turismo, minería, industria rural, artesanías, comercio y servicios, entre otros. Cada opción tecnológica impacta en ellos en una escala de 0 a 100.

Para el VPN se consideró, como ingreso estimado máximo anual, el costo evitado por concepto de pago de la tarifa eléctrica. En tal sentido, a partir del precio del kWh y su nivel de consumo, se conocerá el valor en unidades monetarias, y este será considerado como la entrada neta (por concepto de ahorro domiciliario). Si se trata de opciones energéticas que no aportan electricidad como producto final, por ejemplo, el biogás, se tomará en cuenta el valor de la energía que aporte en el equivalente a petróleo consumido. En el caso del total de salidas netas de efectivo, se prevén los costos asociados a la generación de la energía (operación, mantenimiento, imprevistos, salarios por concepto de producción u operación).

Con vistas a exhibir el comportamiento del recurso financiero y la predicción de sus impactos sobre la pequeña economía local, se escogió como objeto de estudio la comunidad rural «Las Calabazas» (LC). Se ubica en el municipio Manicaragua de la provincia cubana Villa Clara y tiene un total de 12 viviendas ubicadas de forma dispersa en un área de 9 hectáreas (0,09 km<sup>2</sup>), con una disponibilidad solo del 50 %. La vía de acceso es accidentada y una buena parte del periodo no laboral se centra en las actividades de recolección de agua y combustible para la cocción de alimentos. No posee sistema de acueducto propio y las principales fuentes de sustento económico se derivan de la siembra y recolección del café y del cultivo para el autoconsumo privado. La biodiversidad de la zona es rica. Los recursos naturales más valiosos son el sol y el agua proveniente de un manantial en las cercanías que puede garantizar un mínimo de cobertura para el abasto poblacional, riego y, como última opción, para la energía que se vería muy limitada en periodos de seca. El viento no es significativo y la biomasa (madera) se halla en un proceso de protección y recuperación. La carencia de fuentes de empleo, fundamentalmente para las mujeres, y la sobreexplotación de los recursos forestales en una etapa dada, unida a la falta de una estrategia de capacitación del recurso humano de la comunidad, requieren acciones dirigidas a formar capacidades.

### **3. Resultados**

El estado inicial de la comunidad o línea base se representa tal como se expone en el anexo 1. Se pudo apreciar que el recurso financiero de LC es aceptable comparado con el máximo valor que exhibe la línea base ideal (valor obtenido: 53,33 puntos); las principales entradas

proviene de la actividad cafetalera. Asimismo, la comunidad se caracteriza por poseer poca diversidad de empleos. En el resto de los recursos, se exhiben bajas puntuaciones con la excepción del recurso social que refiere niveles de logros aceptables (Serrano Luján, 2013).

SURE propone, en un inicio, un grupo de tecnologías corroboradas por el experto. Como resultado final de la fase 1, fueron asumidos nueve tipos de tecnologías, entre ellas, la que existe actualmente en la comunidad, tres tipos de tecnologías fotovoltaicas (PV) a instalar en sistemas independientes (fotovoltaica-silicio, fotovoltaica capa-delgada y la fotovoltaica orgánica), la solar térmica de tubos al vacío, el grupo autónomo convencional diesel (GAC), el biogás (independiente de bolsa elástica flujo discontinuo) y el fogón para biomasa (estufa mejorada tipo Armenia). En la fase 2, se obtuvo que la opción tecnológica más apropiada son las tecnologías fotovoltaicas, con una puntuación de 100. Muy cercana en su valor (94,5 puntos) se encuentra la solar térmica, con posterioridad se halla el GAC con un récord de 47,7 y el resto del ordenamiento con una puntuación por debajo de la media (ver anexo 2). A continuación, y como resultado principal del estudio, se refieren los niveles de logros de los recursos que intervienen en el proceso de activación de la economía local.

En el recurso físico, se maximizan los impactos con la utilización de las tecnologías solares, entre otras causas, porque eliminan la dependencia de los combustibles fósiles. La vida útil de los módulos de la alternativa fotovoltaica corresponde al horizonte de planeación del proyecto que es de 20 años (aunque se requiere la sustitución de la batería por su deterioro cada tres o cuatro años).

Las nuevas instalaciones fotovoltaicas poseen un alto grado de modularidad mediante la utilización de la infraestructura preexistente. Su contribución al suministro de energía se dirige a los sectores demandados y a las preferencias de la población, entre ellos la vivienda, el bombeo, el puesto médico, la actividad de comercio y el alumbrado perimetral durante un período de 24 horas al día. Se pudo observar que los tres tipos de tecnologías solares alcanzan igual predicción de logros, lo cual se diferencia a partir de la definición del impacto global donde estas eventualmente divergen, lo que constituye, en estos casos, una consideración adicional necesaria para la toma de decisiones.

En cuanto al recurso financiero, es destacable que la PV basada en silicio no es la alternativa que más fuertemente impacta (puntaje alcanzado: 53,33 puntos), debido a que el costo unitario promedio referencial de la energía fotovoltaica-silicio es de 1,5 a 2,5 USD/kWh

(Henaó *et al.*, 2000), valor que se considera elevado. A su vez, la instalación y operación de sistemas solares generan pocas oportunidades de empleos directos, aunque sí existen reservas para la creación de trabajos incitados por la llegada de la energía.

La perfectibilidad financiera alcanza un resultado de 98 342,52 USD, bajo un régimen de costo de capital del 8 %. En la estimación de los ingresos se ha considerado, como beneficio máximo anual, el costo evitado por concepto de pago de tarifa eléctrica al país. Para ello, se ha valorado que el costo de 1kwh es de 0,27 USD. Así, como promedio, en LC se consumiría 63 501,86 kWh/año (de los ocho sectores definidos en la comunidad se excluyen el puesto médico y la escuela primaria), para un ingreso estimado de 17 272,51 USD por concepto de costo evitado. Para estimar los costos, se ha concebido que, como inversión inicial, se considere el valor máximo de 4 250 USD/kWh, pues se reporta como una cifra viable a considerar como indicador internacional para el caso de un análisis de prefactibilidad inicial. Los gastos de operación y mantenimiento son de 0,3 USD/kWh y la vida útil de la tecnología es de 20 años según la matriz energética informativa que exhibe SURE en calidad de ayuda al usuario. No se consideraron costos asociados a imprevistos.

Nótese que la transferencia tecnológica con la alternativa fotovoltaica-silicio impacta positivamente en la activación de la pequeña economía rural, pues contribuye de forma relevante a actividades económicas tales como la agricultura, la ganadería, la industria rural, el comercio y los servicios, entre otras. En tal sentido, un análisis de impactos, una vez estudiada la comunidad, propondría, en primer lugar, una reanimación de la actividad económica cafetalera y de algunos servicios forestales que hoy constituyen las principales entradas financieras por concepto de ingresos y, en segundo, la creación de nuevas formas de autogestión asociadas a la industria rural, el comercio y los servicios, de manera que las oportunidades de empleos lleguen a una mayor cantidad de personas que en la actualidad solo se dedican a la agricultura de subsistencia, especialmente a mujeres que únicamente realizan, en su mayoría, tareas domésticas.

## **Conclusiones**

A partir de la modelación del estudio de caso LC con SURE y de la revisión de sus impactos en el recurso financiero y su caracterización se puede arribar a una serie de conclusiones.

Se constató que las actividades económicas fundamentales son la agricultura, la ganadería y la cría de animales. Solo el 8 % de los pobladores se dedica al comercio y los

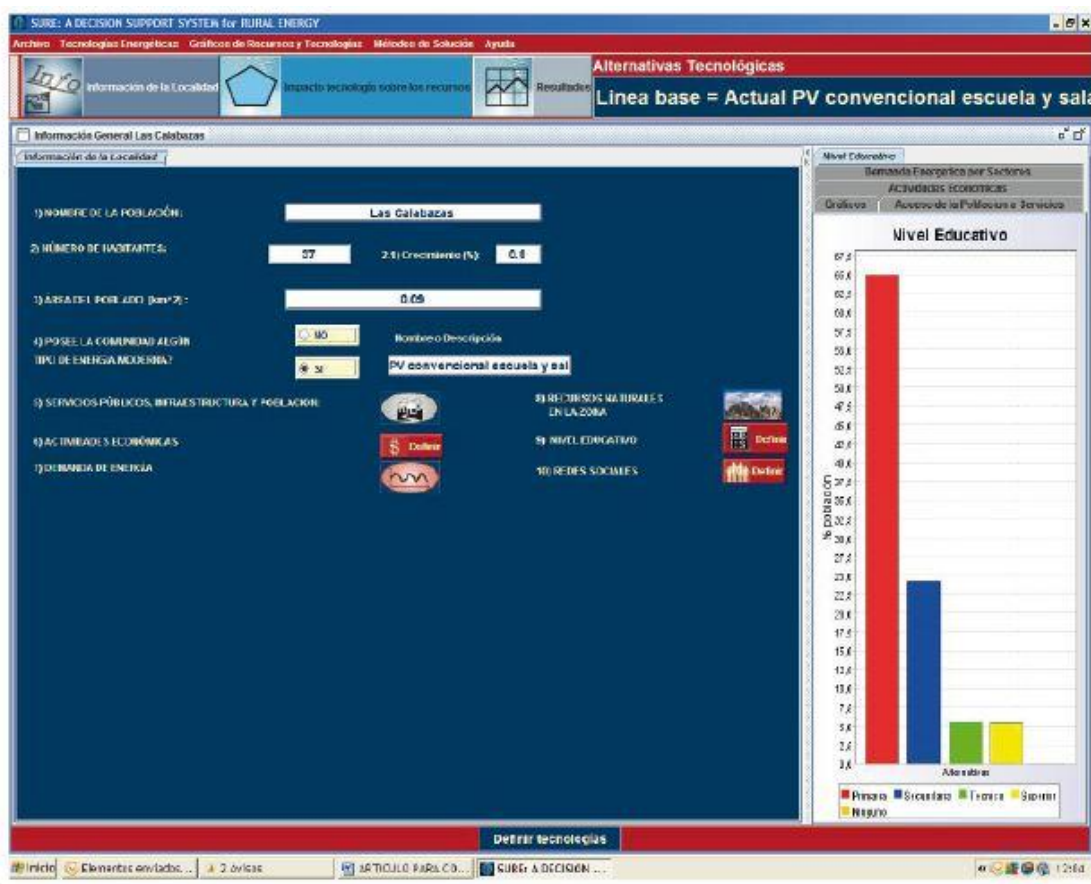


servicios, teniendo en cuenta que la demanda de energía se enmarca, prioritariamente, en esos sectores.

Asimismo, se pudo apreciar que la economía no se encuentra diversificada en otros sectores como la industria rural. Es por ello que los recursos financieros por viviendas se reducen en un 82 % al salario mensual y que, dentro de las alternativas para obtener financiamiento, se puede acceder al banco o a los créditos gubernamentales a partir de la asociación con las cooperativas cercanas.

Al evaluar la predicción de impactos a partir de la transferencia tecnológica en LC, se demostró que son tres las alternativas fotovoltaicas de mayor puntaje. La ganadora es la fotovoltaica-silicio, ya que a partir del análisis de impacto global se precisó una mayor eficiencia contra superficie requerida para su instalación, aspecto que limita el uso del área del poblado en un 50 %. El recurso financiero para esta alternativa alcanza un puntaje de 53,33, dado, en gran medida, por el alto costo unitario promedio referencial. Sin embargo, el VPN es positivo debido al nivel elevado del costo evitado por concepto de ahorro de electricidad, a partir del uso del combustible fósil en las centrales termoeléctricas del SEN.

Por último, un posible reordenamiento a escala rural de la economía en LC, en función del aumento del recurso financiero, propondría la reanimación de la actividad cafetalera y de algunos servicios forestales, la creación de nuevas formas de autogestión asociadas a la industria rural y el comercio y los servicios, con especial énfasis en la incorporación a la vida activa de la comunidad.



Anexo 1. Ventana inicial de SURE. Fase 1 de la modelación en la comunidad LC.  
Fuente: Olalde *et al.* (2014).

Ordenamiento	Tecnologías	Puntaje Tecnología
1	Fotovoltaica Silicio (sistemas independientes)	100.0
2	Fotovoltaica capa-delgada (Thin Film CdTe )	100.0
3	Fotovoltaica Orgánica	100.0
4	Solar Termica (Tubos caloricos al vacio)	94.55
5	Grupo autonomo convencional	47.75
6	Fogon para Biomasa (estufa mejorada tipo Armenia)	32.51
7	Red	2.06
8	Biogas (independiente de bolsa elastica flujo discontinu...)	0.02
9	Actual PV convencional escuela y sala de video	0.0

Anexo 2. Ordenamiento de las tecnologías.  
Fuente: Olalde *et al.* (2014).

## Referencias bibliográficas

- ÁGUILA, M. O. (2006): «La universidad en la comunidad a través del proyecto. Una experiencia en la montaña villaclareña», Memorias del Evento Provincial Universidad 2006, Santa Clara, CD Rom.
- CHERNI, J. *et al.* (2006): «Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system», *Energy Policy*, vol. 35, n.º 3, Elsevier, Amsterdam, pp. 1493-1504.
- DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (DIFID) (1999a): «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets - Section 1, Introduction to the Sustainable Livelihoods approach», Londres, <<http://www.eldis.org/go/topics&id=41731&type=Document#.VY4f7RZNQvQ>> [5/9/2015].
- DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (DIFID) (1999b): «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets -Section 2, Introduction to the Sustainable Livelihoods framework», Londres, <<http://www.eldis.org/go/topics&id=41739&type=Document#.VY4gdxZLNQvQ>> [5/9/2015].
- DEPARTMENT FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT (DIFID) (2000): «Sustainable Livelihoods Guidance Sheets - Section 3, Uses of the Sustainable Livelihoods Approach», Londres, <<http://www.eldis.org/go/topics&id=41741&type=Document#.VY4gvRZNQvQ>> [5/9/2015].
- GONZÁLEZ MORERA, T. (2005): «Propuesta de factores para la toma de decisión en proyectos de energización rural en Cuba», tesis de maestría en Administración de negocios, Universidad Central «Marta Abreu», Santa Clara, Cuba.
- HENAO F.; P. JARAMILLO; J. CHERNI; I. DYNER; R. SMITH y R. OLALDE (2000): «Modelo de toma de decisiones multiobjetivo en energización rural como herramienta para el alcance de medios de vida sostenibles», ponencia, Taller Internacional RESURL, Colegio Imperial de Londres, Reino Unido.
- ÍÑIGUEZ, L. (2014): «¿De quiénes son los territorios?», *Miradas a la economía cubana. Desde una perspectiva territorial*, Caminos, La Habana.
- LOURO, A. (2014): «La gestión administrativa y financiera local, una necesidad para el desarrollo», en O. Everleny y R. Torres (comp.), *Miradas a la Economía Cubana desde una perspectiva territorial*, Caminos, La Habana, pp. 59-67.

- MÉNDEZ, E. (2001): «Desarrollo regional», *Bolsa de noticias*, n.º 2, año XXVI, <[www.bolsadenoticias.com.ni](http://www.bolsadenoticias.com.ni)> [5/9/2015].
- MURILLO, M. (2014): «Declaraciones en el I Seminario de Unificación Monetaria en Cuba», Universidad Central «Marta Abreu», Santa Clara, Cuba.
- OLALDE FONT R.; J. CHERNI; A. URBINA YEREGUÍ; L. SERRANO LUJAN; T. GONZÁLEZ MORERA; L. HERRERA GONZÁLEZ; Y. RODRÍGUEZ ZAMORA y N. VALDEZ RODRÍGUEZ (2014): «Aspectos esenciales del cambio climático y el ciclo de vida en función del desarrollo local agropecuario sostenible», ponencia, Seminario Iberoamericano para el intercambio y la actualización en Gerencia del Conocimiento y la Tecnología para el desarrollo sustentable IBERGECYT 2014, La Habana.
- PADUA MUÑOZ, R. (2012): «La visión del desarrollo humano y la calidad de vida en comunidades rurales», <<http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/cu/2012/>> [5/9/2015].
- SERRANO LUJÁN L. (2013): «Computing Tools Applied to the Analysis of Performance and Sustainability of Photovoltaic Systems», tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena, Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos, Cartagena, España.
- ZELNY, M. (1973): *Compromise programming in Multiple criteria decision making*, University of South Carolina Press, Columbia.

Recibido: 20/9/2016

Aceptado: 26/9/2017

Taymi González Morera, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba, Correo electrónico: [taymigm@uclv.edu.cu](mailto:taymigm@uclv.edu.cu)

Raúl Olalde Font, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba

Inocencio Raúl Sánchez Machado, Universidad Central «Marta Abreu» de Las Villas, Cuba

Judith A. Cherni, Colegio Imperial de Londres, Reino Unido