

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Manejo de los recursos comunitarios en proyectos agrarios de desarrollo local

Community resources management in agricultural projects of local development

Raúl Olalde Font^{1*} , Judith Alazraque Cherni^{2**} , Taymi González Morera^{3***} 

¹Centro de Investigaciones Agropecuarias, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

²Imperial College of London (ICEPT), 3rd Floor Mech. Eng. Building, South Kensington SW7 2AZ, London, Inglaterra, Telephone: +44 020 7594 7316

³Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, CP 54830

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 26/11/2019
Aceptado: 24/12/2019

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Raúl Olalde Font
raulo@uclv.edu.cu
Judith Alazraque Cherni
j.cherni@imperial.ac.uk
Taymi González Morera
taymigm@uclv.edu.cu



RESUMEN

El desarrollo local agrario exige actualmente una mirada integral de todos los recursos que dispone el ser humano para alcanzar metas hacia el mejoramiento de su calidad de vida, por lo tanto, la asignación de pesos de importancia relativa para la toma de decisiones adquiere una relevancia marcada en los proyectos agrarios de desarrollo local. El modelo para la toma de decisiones en proyectos de energización rural (SURE_DSS) implementa un análisis de robustez de los recursos comunitarios, lo cual permite asignar valores o pesos de importancia relativa en función de maximizar las capacidades energéticas hacia la cadena de producción agrícola que posea la comunidad o región. Los resultados se ilustran mediante el estudio de caso de la comunidad rural agrícola “4^{to} Congreso” en la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. Se concluye que el análisis de robustez muestra su eficacia al habilitar el indicador de energía transferida en función del desarrollo económico (IETDE) con una capacidad adecuada a las necesidades de los procesos de la cadena de producción del café, permitiendo precisar a qué recursos asignarles mayor peso de importancia relativa con mayor efectividad en función de la meta que se trace el decisor hacia el mejoramiento de las dimensiones críticas del desarrollo sostenible.

Palabras clave: análisis de robustez, energización rural, recursos renovables, toma de decisiones

ABSTRACT

The local agrarian development demands an integral look of all the resources that the inhabitants dispose to achieve goals toward the improvement of its quality of life, therefore, the assignment of weight of relative importance for the taking of decisions acquires a relevance in the agrarian projects of local development. The model for the taking of decisions in rural energy projects (SURE_DSS) implements an analysis of robustness of the community resources to assign weight of relative importance to maximize the energy capacities in the agricultural production chains in the community or region. The results are illustrated in the study of case of the rural community "4^{to} Congreso" in the province of Sancti Spíritus, Cuba. It is concluded that the analysis of robustness shows its effectiveness when enabling the energy indicator transferred in function of the economic development (IETDE) with an appropriate capacity to processes of the chain of production of the coffee, allowing to specify in which resources to assign bigger weight of relative importance with more effectiveness, in function of the objectives of the decisor for the improvement of the critical dimensions of the sustainable development.

Keywords: robustness analysis, rural energy, renewable resources, taking of decisions

INTRODUCCIÓN

El modelo SURE_DSS constituyó el resultado principal de varios proyectos de colaboración internacional y de programas nacionales de investigación y desarrollo de Cuba que abarcaron el periodo del año 2001 al 2011. Este tuvo como objetivo la selección de la tecnología más óptima, a partir de la implementación de una matriz tecnológica de recursos comunitarios y alternativas energéticas (Cherni *et al.*, 2007; Cherni *et al.*, 2016; Olalde *et al.*, 2016a). Esta matriz permite, entre otras salidas, desarrollar un análisis de robustez para el apoyo al decisor en el proceso de asignación de pesos de importancia relativa a los recursos comunitarios, acorde a sus preferencias.

Estos capitales o recursos de la comunidad que se tienen en cuenta en el análisis de robustez se reportan en la literatura y son: capital natural, humano, social, físico y financiero (DFID, 1999; Cherni *et al.*, 2007; Cherni *et al.*, 2016).

El natural (RN) en el contexto de SURE_DSS se refiere a los medios de la naturaleza que son asequibles a los hogares o individuos dentro de su contexto rural, y de los cuales se pueden

derivar flujos de recursos útiles para su sostenimiento.

El social (RS) se refiere a los recursos en que los pueblos se apoyan en la búsqueda de sus objetivos en materia de modos de vida sostenibles. Estos se desarrollan mediante: redes, conexiones, participación en grupos más formalizados, y relaciones de confianza, reciprocidad e intercambios.

Recurso físico (RF) comprende las infraestructuras básicas y los bienes de producción (herramientas y equipos) necesarios para respaldar los modos de vidas sostenibles. Recurso humano (RH) 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.

Recurso financiero (RFin) son los recursos monetarios que las poblaciones utilizan para lograr sus objetivos en materia de modos de vidas sostenible. Las dos fuentes principales son: las partidas disponibles o 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 empresas privadas, estatales y/o remesas).

Los resultados del análisis de robustez pueden incidir en la posterior aplicación del método de programación por compromiso mediante una ecuación que define estructuralmente los cinco recursos de la comunidad con relación a las opciones tecnológicas energéticas y el cual 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 (Cherni *et al.*, 2007).

El análisis de robustez permite identificar características propias de los objetivos tales como: el grado de colaboración o competencia entre los recursos (interrelación entre los recursos comunitarios), la entropía o dispersión de las alternativas energéticas en cada recurso y la posibilidad de encontrar soluciones exitosas para cada recurso comunitario, para con ello apoyar la toma de decisiones en función de las “preferencias de decisor” (Henao *et al.*, 2004).

El “grado de colaboración o conflicto entre objetivos” se basa en que mientras mayor sea el grado de colaboración total de un objetivo, mayor será su importancia, ya que al intentar optimizar o mejorar este, también se estarán optimizando o mejorando los niveles de logro de la mayoría de los demás objetivos.

En el caso de “la entropía en las alternativas” basada en el método de Zeleny (1973) consiste en que mientras mayor sea la entropía, desorden o variación del conjunto de alternativas con respecto a un criterio u objetivo, mayor importancia deberá tener este en la decisión final, ya que el margen entre pérdidas y ganancias allí puede llegar a ser significativamente más importante que en otros objetivos donde tal variación no sea tan alta.

Las “soluciones exitosas por objetivo” consisten en identificar qué objetivos del problema son los que tienen menores posibilidades de obtener soluciones exitosas, y asignarles mayores grados de importancia en la decisión final. Esto básicamente porque a

mayor posibilidad de éxito se tenga con un objetivo, menor es el “esfuerzo” que se debe hacer para obtener buenos niveles de logro allí, mientras que, a los objetivos poco exitosos, más cuidado se les debe prestar en el momento de la búsqueda de la solución.

El último aspecto a considerar para la construcción de los pesos de importancia relativa son las preferencias del decisor, las cuales, se propone sean asignadas directamente por el mismo en una escala de 0 a 100. Es importante señalar que los resultados del análisis de robustez constituyen un apoyo para que el decisor pueda establecer sus preferencias consecuentemente acordes a los objetivos que se trace en una inversión para el desarrollo local agrario. En las explicaciones anteriores debe entenderse por “objetivos” los recursos comunitarios.

MATERIALES Y MÉTODOS

Secuencia lógica para el análisis y solución del problema.

1. Definición de los criterios u objetivos de decisión, los cuales corresponden a los indicadores de recursos o capital.
2. Evaluación de las alternativas en una matriz de alternativas contra recursos.

El punto de partida del análisis de robustez lo proporciona la existencia de una matriz creada a partir de una función estructurada para los cinco recursos de la comunidad respecto a las opciones tecnológicas energéticas donde se representa un juego separado de factores para cada función de cada recurso de la comunidad. Cada factor tiene un rango de valores entre 0 y 1, donde 0 refleja ningún efecto positivo o resultado de la alternativa energética en determinado recurso, y 1 expresa su efecto más elevado (Cherni *et al.*, 2007).

$$C_j(A_i) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha_j X_j(A_i)}} \quad (j=1, \dots, 5; i=1, \dots, n)$$

Donde $C_j(A_i)$ representa la evaluación o impacto de determinada i alternativa energética (A_i , $i=1, \dots, n$) contra el recurso j , $j=1, 2, \dots, 5$) y 1 indica el recurso físico, 2 el

financiero, 3 el natural, 4 el social y 5 el recurso humano; $C_j(A_i)$ toma los valores dentro del intervalo (0, 100) e indica como la opción energética i impacta al capital o recurso j ; X_j representa el número de factores que integran a cada recurso j (por ejemplo, para el recurso natural, los factores son agua, aire, paisaje y flora y fauna); $X_j(A_j)$ representa los efectos de i alternativa energética en cada factor del correspondiente recurso de la comunidad j . Finalmente, α_j es un parámetro matemático de escalado que normaliza, en un intervalo común para todos los recursos, los efectos de una i alternativa energética a través de todos los recursos para que estos puedan ser comparados. Por lo tanto, el modelo asume el mayor valor numérico como absoluto que abarca todos los valores de los recursos, el cual se usa para estandarizar la función C_j .

3. Análisis de robustez y preferencias del decisor.
4. Aplicación de métodos de análisis multiobjetivo, (programación por compromiso).
5. Valoración del total de energía transferida en función comunitaria (ETT).

En una caracterización inicial de la comunidad “4to Congreso” (Olalde *et al.*, 2016bb), se destaca que se ubica en el municipio de Fomentos, provincia de Sancti Spíritus. La comunidad posee como categoría poblacional la denominación de caserío y ocupa un área de 0,16 km². Se sitúa a 6 km del poblado Gavilanes y a 35 km de la ciudad de Fomento. En el año 2014 esta comunidad rural se encontraba parcialmente electrificada. La totalidad de las familias a beneficiar es de 21 viviendas compuestas por familias de agricultores, para una capacidad máxima de 57 habitantes. Antes de la inversión viven únicamente 31 habitantes. Las viviendas eran todas de madera y carecían de servicio eléctrico estable y de comunicación. Como actividad fundamental se dedican al cultivo del café con riego por gravedad, complementada con la cría de animales y otros productos agrícolas, asociándose en la cooperativa de Crédito y Servicio (CCS) “Aracelio Iglesias”. El servicio de electricidad existente se realizaba a partir de 6

kW de potencia instalada en una minihidroeléctrica obsoleta, por lo que el servicio eléctrico era inestable y limitado solo a 12 horas por día en la época de lluvia. Dicha potencia permitía el suministro eléctrico de iluminación a locales de la CCS y la escuela. Existía además una bodega y un club social, ambos en mal estado constructivo y no electrificados.

La comunidad dispone de recursos naturales como el sol y el agua proveniente de un manantial del afluente del río “Caracusey” que garantiza el abasto poblacional y el riego parcial por gravedad. La vegetación dominante es el pinar y la pluvisilva de montaña, (bosque húmedo tropical y subtropical). El recurso natural más valioso, además del sol, lo constituye el agua proveniente de un manantial en las cercanías de la comunidad que garantiza el abasto poblacional y el riego, constituyendo una fuente natural para la energía. El viento no es significativo y la biomasa (madera) se encuentra en proceso de protección y recuperación. El mayor potencial de biomasa está dado por los residuos del cultivo del café y en menor medida por los residuos orgánicos de los animales y otros cultivos.

En esta comunidad, como principal base socioeconómica disponen de la CCS que se dedica al cultivo de café arábica, variedad “isla”, la cual no disponía de capacidad energética para producir valores mercantiles en 2014, momento en el que se inicia el estudio del proceso inversionista. Igualmente se había reducido drásticamente el número de asociados en la cooperativa y en la comunidad, por el bajo índice de calidad de vida como consecuencia de la existencia de un recurso físico deprimido, con casas arrendadas y deterioradas constructivamente, ausencia de un servicio eléctrico estable, una cadena de producción del café con altas limitaciones productivas y deterioro de algunos indicadores sociales y humanos de la población de la comunidad. Del total de tierras arrendadas a la cooperativa (154,21 ha), solo el 60 % son cultivables (92 ha). Esta región posee alto potencial para el cultivo del café arábica de primera calidad con vistas a la exportación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el modelo SURE_DSS se definió una línea base LB, la que se observa en los valores de la primera línea de la Tabla 1.

Se observa el análisis de la línea base de la comunidad con un recurso social que alcanza un valor de 76,04 puntos lo que se considera como adecuado al ser comparado con la media de puntuación exhibida en la matriz tecnológica. En términos de los recursos naturales el agua es abundante, siendo el principal recurso disponible junto con el sol y exhibe un puntaje de 39,1. El recurso físico tiene un puntaje de 26,15, dado el carácter parcial de electrificación de la comunidad y la inexistencia de servicio eléctrico hacia las actividades productivas. El humano alcanza 24,16 puntos dado el bajo índice de escolaridad y el financiero alcanza 53,33 puntos debido al bajo nivel productivo, pocos empleos y falta de capacidad productiva y tecnológica (Olalde *et*

al., 2016a).

En la misma tabla se observa la predicción de impactos para un horizonte de planeación del proyecto de 30 años, en cada una de las opciones tecnológicas propuestas. Esta predicción se expresa mediante una matriz de opciones tecnológicas contra recursos de la comunidad, con la propuesta de seis posibles tecnologías energéticas a introducir: hidroenergía, fotovoltaica (subdividida en celdas de tipo orgánica, de capa delgada y de silicio), grupo autónomo convencional (GAC) basado en el uso de combustible diésel y la Red (sistema electroenergético nacional).

A partir de esta matriz se aplica el análisis de robustez (Figura 1).

Como resultado de la aplicación referida, se aprecia que en el "grado de colaboración o conflicto entre objetivos" el valor mayor lo posee el recurso social con 23,9 puntos, lo que prueba la relevancia de este capital por su

Tabla 1. Nivel de logros existentes en la línea base de la comunidad y la predicción de impactos obtenidos por cada opción tecnológica propuesta en cada recurso de la comunidad, (matriz tecnológica)

Tecnologías	RN	RF	RH	RS	RFin
Línea base	39,1	26,15	24,16	76,04	53,33
Hidroenergía	38,98	89,88	26,6	80,02	99,99
Fotovoltaica Silicio (sistemas independientes)	39,09	26,36	54,53	77,11	53,33
Fotovoltaica capa-delgada (<i>Thin Film CdTe</i>)	39,09	26,28	54,53	77,11	53,33
Fotovoltaica Orgánica	39,09	26,21	54,53	77,11	53,33
Grupo autónomo convencional	10,51	26,17	24,41	77,11	75,99
Red	37,96	98,75	46,02	88,02	53,36

Fuente: tomado de (Olalde *et al.*, 2016b)



Figura 1. Análisis de robustez (SURE_DSS)"

Fuente: tomado de (Olalde *et al.*, 2016b)

importancia, ya que al intentar optimizar o mejorar este, también se estarán optimizando o mejorando los niveles de logros en la mayoría de los demás objetivos.

En el caso de “la entropía en las alternativas” se observa con un mayor valor en su puntaje el recurso físico con 57,44, lo que puede apreciarse en los resultados de la matriz tecnológica al poder observar el alto nivel de variación (caos) en el puntaje obtenido por el conjunto de alternativas representadas en la matriz tecnológica, por lo tanto, mayor importancia deberá tener este recurso en la decisión final, ya que el margen entre pérdidas y ganancias en el mismo puede llegar a ser significativamente más importante que en otros objetivos donde tal variación o caos no sea tan alta.

En el caso de las “soluciones exitosas por objetivo” se identifica el recurso natural y humano con los de mayor valor (29,16 puntos respectivamente) y por tanto son los que poseen menores posibilidades de obtener soluciones positivas para la decisión de priorizarse estos. Esto básicamente ocurre

porque a mayor posibilidad de éxito en un objetivo, menor es el “esfuerzo” que se debe hacer para obtener buenos niveles de logro allí, mientras que, a los recursos de menor puntaje como el social, más cuidado se le debe prestar en el momento de la búsqueda de la solución.

De lo anterior se le propuso al decisor como recomendación priorizar en sus preferencias el recurso social como primera variante y prestar atención a la posibilidad de priorizar al recurso físico. A partir de esto se relacionan los valores asignados por el mismo en la Figura 2.

En esa figura se observa que el decisor tuvo como preferencia asignarle el mayor peso de importancia relativa a los recursos social y financiero (100 %), le asignó un 75 % al recurso físico y decidió dejar a los recursos humano y natural con un valor medio de importancia relativa de 50 %. La lectura de las preferencias asignadas indica a primera vista que las alternativas tecnológicas que mayores puntajes obtengan en los recursos social, físico y financiero son las que tienen mayor probabilidad de ganar, siempre observando que estas también tienen asignadas valores de

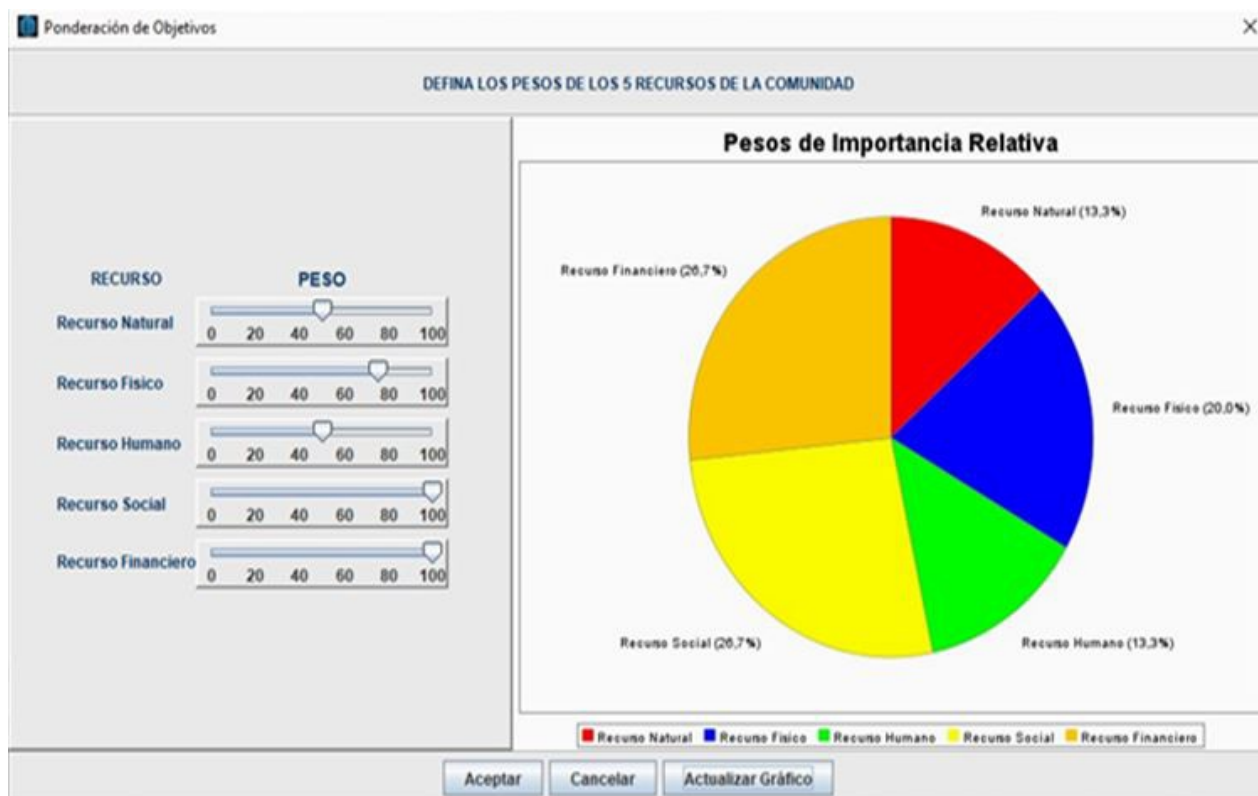


Figura 2. Preferencias del decisor

Fuente: tomado de (Olalde *et al.*, 2016b)

importancia en otros recursos, aunque con menor cuantía; de ahí la importancia de la aplicación de técnicas de análisis multiobjetivo, en este caso la programación por compromiso (Zeleny, 1973, Cherni *et al.*, 2007).

A partir de la predicción del nivel de logros por cada tecnología para cada recurso que se expone (Tabla 1), el modelo pasa a la fase de aplicación de los métodos de análisis multiobjetivo con la finalidad de ordenar las alternativas por sus probabilidades de éxitos y logros (Tabla 2). Cualquier otra variante de asignación de pesos de importancia relativa que decida el decisor varía el puntaje de cada tecnología y puede variar incluso su condición en el ordenamiento.

Tal y como se refiere en González *et al.* (2017), al cierre del año 2017 el grupo de trabajo de desarrollo local de la Asamblea

Municipal de Fomentos (GTDL) constata que la hidroenergía ha tenido una producción de energía de 8,58 MWh. La información a corto plazo de la comunidad en tres años de funcionamiento permite evaluar el comportamiento real de ambas líneas bases (LB) trazadas, la del 2014 en la fase de preinversión y las del 2017 en el periodo posinversión, así como adecuar o perfeccionar las acciones y las estrategias gubernamentales a realizar en la localidad y el territorio acordes al corto periodo de tiempo transcurrido (Tabla 3).

A partir de la investigación post aplicación de SURE_DSS realizada por González, (2018) y por González *et al.* (2017), se observa un mejoramiento de la comunidad en cuatro de los cinco recursos con relación a la LB obtenida en el año 2014 y se constata un ligero deterioro en el RS (Tabla 3).

Tabla 2. Representación en SURE_DSS del ordenamiento de cada opción tecnológica prevista y su puntaje

Ordenamiento	Alternativas	
	Tecnologías	Puntaje Tecnología
1	Micro y Pico Hidráulica	100,0
2	Red	76,16
3	Solar Fotovoltaica módulos independientes del tipo silicio	17,32
4	Fotovoltaica capa delgada	17,21
5	Fotovoltaica orgánica	17,1
6	Grupo autónomo convencional diésel	10,03
7	Actual hidroenergía	0,0

Fuente: tomado de (Olalde *et al.*, 2016b)

Tabla 3. Estado de los recursos en la comunidad "4to Congreso" en la nueva LB (año 2017)

Tecnología/Recursos	RS	RN	RFin	RF	RH
Minihidroeléctrica (año 2014)	76,04	39,1	53,33	26,15	24,16
Hidroenergía (predicción de la matriz)	80,02	38,98	99,99	89,88	26,6
Actual microcentral hidroeléctrica (año 2017)	75,00	48,32	73,00	43,13	31,18

Fuente: tomado de tesis doctoral (González, 2018)

A continuación, se ilustra el comportamiento de las dimensiones que son afectadas por un mayor peso de importancia relativa en las preferencias del decisor a partir de los resultados del análisis de robustez, entre ellas, la dimensión social (DS), la dimensión tecnológica (DT) donde se aborda el RS y el RF respectivamente y la dimensión económica (DE) como parte de las preferencias del decisor.

En la DS el factor de mayor relevancia es el ahorro de horas libres AHL que aumenta en 7.5 horas semanales promedio (en la LB eran de 4,7 y en el año 2017 se habían elevado a 12,2), gracias a la disminución del tiempo empleado en la recolección de leña para la cocción de alimentos. Sin embargo, las lecciones obtenidas con este factor del RS indican que deben potenciarse las acciones relacionadas con el aprovechamiento de este espacio de tiempo libre (podría ser a partir de la existencia de medios audiovisuales en el club de capacitación cultural), en función del desarrollo de actividades culturales, educativas “intencionadas” y de ocio social, este factor y el aprovechamiento del tiempo libre social es el que influye en el ligero deterioro de este recurso. Igualmente disminuye en el período la inmigración IM que poseía un porcentaje de migrantes del 20 % a cero en el período analizado.

Por lo tanto, se constata un ligero deterioro en la dimensión social DS (aunque se reporta que posee un nivel de logros en el umbral medio/alto). Esta alcanza un nivel de logros en el año 2017 de 75,00 y disminuye en 1,04 puntos con respecto al nivel de logros de la LB en el año 2014. Este comportamiento se debió a que, a pesar de la llegada de la energía, no se ha producido un incremento de las redes sociales (que incluye redes económicas), y a que el aumento de las horas libres no ha devenido uso “social” adecuado de este tiempo, ahora disponible.

La contribución energética a la comunidad favoreció la dimensión tecnológica DT, ya que el factor energía E, mejora con respecto a la alternativa energética instalada en el año 2014. Sin embargo, su real nivel de logro solo obtiene

43,13 lo cual estuvo determinado por el comportamiento del factor infraestructura I.

Es importante señalar que el factor I, experimentó un mejoramiento en relación con la LB, cubriéndose al 100 % el servicio de bombeo de agua, alumbrado público, el servicio eléctrico del club de capacitación. Para todos ellos la potencia instalada permitió la disponibilidad energética las 24 horas del día, aunque el uso requerido es menor y los operadores, previo acuerdo con los pobladores, hacen un uso eficiente y óptimo del agua embalsada.

Aunque su contribución cubrió los sectores de la comunidad donde la energía fue demandada, no se impactó en otros sectores como el alcantarillado, transporte público, el servicio telefónico y la recogida comunal de basura. Por otra parte, solo se elevó discretamente la calidad de la vivienda CV, ya que las 21 viviendas de la comunidad realizaron acciones constructivas de mejora solo a sus techos (pasaron de baja calidad a media calidad). Sin embargo, aunque esta dimensión contribuyó a la energización de las 21 viviendas, en el establecimiento de esta nueva LB, específicamente en el ítem "demanda de energía" los expertos predicen o proponen un posible uso final diferente de la energía proveniente de la hidroenergía y adicionar otra forma de tecnología paralelamente y al mismo tiempo con posibilidades de funcionar de manera híbrida. Esto es propicio a partir de las potencialidades del recurso natural sol y de la posible reanimación en la producción cafetalera a mediano y largo plazo. Asimismo, los expertos proponen para un futuro redireccionar el uso de la energía actual (hidroenergía) solo para la potenciación de los servicios públicos y el crecimiento de las actividades económicas, con la posibilidad de adicionar y cubrir las demandas energéticas de las viviendas a partir de otras alternativas basadas en FRE, como la solar. Esta futura acción de diversificación en el uso de las FRE aportaría seguridad energética a la comunidad rural.

Por lo tanto, se puede resumir que en la dimensión DT, se produjo un mejoramiento de

16,98 puntos con lo cual la dimensión alcanza un puntaje de 43,13 en el análisis realizado en el año 2017. El decisor decide prestar atención al RF por exhibir en el análisis de entropía un alto valor y se decide asignar un peso de importancia relativa de 75 % lo cual propicia la selección de tecnologías como la hidroenergía y la Red. Con su respectiva alta eficiencia, la hidroenergía contribuyó al mejoramiento de la infraestructura comunitaria y paralelamente la población mejoró la calidad de las viviendas (pasan de calidad baja a calidad media), aunque como un efecto indirecto, pues esta acción se debe a los resultados de la dimensión DE. Su mayor impacto se constata en los registros de la UEB de hidroenergía que permitieron discernir que existió un aumento en cuanto a transferencia de energía que asciende a 80 154,00 kWh/año en la comunidad. De ellos se destinaron un aproximado de 8 869,5 kWh/año a las funciones productivas ETDE, y 70 955,48 kWh/año para el uso de hogares y servicios públicos EThsp, distribuido este último en 62 679,2 kWh/año para el uso en los hogares y 82 276,28 kWh/año en función de los servicios públicos comunitarios.

Entre ambos destinos finales, la energía aprovechada representó el 75 % de la capacidad instalada. El indicador de energía transferida en función del desarrollo económico IETDE, con un valor de 0,022 kWh/año/\$ indica que se transfirió energía para el desarrollo de la actividad productiva. Se realiza la observación de que el valor del coeficiente cercano a 0 denota que existió un comportamiento de baja intensidad energética con respecto a la PM. El indicador de consumo básico transferido ICBT, con un valor normalizado de 0,77 se considera como un uso "alto" promedio del consumo energético en el hogar por lo que la transferencia de 62 679,20 kWh/año cubre las demandas energéticas de la población (Olalde *et al.*, 2017; González *et al.*, 2017).

La dimensión económica DE, se ve impactada positivamente por la transferencia tecnológica y exhibe una dependencia marcada con la DT. En la etapa de construcción y montaje de la inversión, así como la

desactivación de la antigua minihidroeléctrica (a finales del año 2014) se generaron 10 empleos indirectos NEI, los cuales se mantuvieron por cuatro meses. La instalación de la microcentral demandó de los tres empleos directos en calidad de operadores NED, respecto a la LB por concepto de inversión inicial equivalente a 1 024,00 USD/kW de potencia y gastos de operación y mantenimiento de 0,325 US¢/kWh, referidos en González *et al.* (2017) según el ítem "definir ingresos y costos"; esta tecnología es menos costosa que la interconexión a la red y el uso de sistemas fotovoltaicos "SFTV" que son las formas de energización que le suceden a la microcentral en el ordenamiento de las alternativas energéticas.

En este mismo orden, un comportamiento favorable tuvo el factor crecimiento económico CE. La CCS elevó a 12 ha el área para la recolección, la ocurrencia del fenómeno climatológico en el mes de septiembre trajo como consecuencia cuantiosas pérdidas de árboles de cafeto y de café, obteniéndose un rendimiento real de 0,18 t/ha de café por debajo de la predicción realizada según reportes estadísticos del presidente de la cooperativa. Sin embargo, la instalación de sistemas de irrigación en los microviveros con disponibilidad para todo el año provocó un aumento de la producción mercantil PM, de la CCS ascendente a \$400 000,00 CUP por concepto de venta de posturas a otras CCS la cual no fue afectada por el ciclón. Los empleos generados con la llegada de la energía, la venta de animales (ya sean formales o no), así como las remesas recibidas, aumentaron los ingresos mensuales de los pobladores, pero por debajo de un equivalente a 150 USD mensuales promedio que era lo previsto o esperado.

A su vez, se amplía la capacidad de los trabajadores para obtener préstamos bancarios, no provenientes de la propia CCS debido al imprevisto del ciclón que disminuyó las contribuciones de los socios a la cuenta común de la cooperativa. También la transferencia tecnológica a la comunidad produjo otros impactos en las dimensiones que sustentan la mejora de la calidad de vida y la sostenibilidad

del desarrollo.

Es en la dimensión DE, donde se reportan los mayores impactos positivos de la transferencia tecnológica, ya que aumenta con respecto a la LB del 2014 en 19,67 puntos pasando de un nivel de logros bajo a un nivel de logros medio con 73,00. Esto se debe a que existió un mejoramiento tecnológico y económico-financiero en los procesos productivos que conforman la cadena de producción del café de la comunidad.

CONCLUSIONES

1. El análisis de robustez permitió que el decisor asignara el mayor peso de importancia relativa al recurso social (100 %), al recurso físico le asignó un 75 % y decidió dejar a los recursos humano y natural con un valor medio de importancia relativa de 50 %; igualmente y acorde a su preferencia el decisor maximizó al recurso financiero con un valor de 100 %. La lectura de sus preferencias indica que las alternativas que mayor puntaje tengan en los recursos social, físico y financiero son las que tienen mayor probabilidad de ganar, siempre observando que también tienen asignados valores de importancia en otros recursos, aunque con menor cuantía. Esta asignación de pesos permitió que la hidroenergía fuera la alternativa ganadora al aplicarse el método de programación por compromiso.
2. Los resultados que se exhiben en las dimensiones de desarrollo demuestran la idoneidad e interrelación de los resultados del análisis de robustez con respecto al mejoramiento de las dimensiones críticas en que asignó las preferencias el decisor.
3. Los registros de la unidad empresarial de base Hidroenergía de Villa Clara, permitieron discernir que existió un aumento en cuanto a la transferencia de energía que asciende a 80 154,00 kWh/año en la comunidad y la energía aprovechada representó el 75 % de la capacidad instalada. El indicador IETDE exhibió un comportamiento de baja intensidad energética con respecto a la PM. Por otro

lado, el indicador ICBT se considera como un uso "alto" promedio del consumo energético en el hogar cubriéndose las demandas energéticas de la población. Estos indicadores demuestran la efectividad en la inversión realizada.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Raúl Olalde Font: conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación que se publica. Desarrolló y diseñó las metodologías seguidas en la ejecución del estudio de campo realizado; participó en la creación y aplicación de los modelos SURE y PEMAR. Fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial.

Taymi González Morera: participó en la creación y aplicación del modelo para la toma de decisiones PEMAR. Interpretó los resultados del análisis estadístico del estudio realizado y redactó el borrador del manuscrito.

Judith Alazraque Cherni: responsable de la adquisición de fondos necesarios para la ejecución del proyecto que condujo a esta publicación. Diseñó la investigación básica y la estrategia para la investigación realizada y fue el responsable del diseño del modelo SURE.

CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

CHERNI, J., DINER, I., HENAO, F., *et al.* 2007. Energy supply for sustainable rural livelihoods. A multi-criteria decision-support system. *Energy Policy*, volume 35, Issue 3, pages 1493-1504, Accessed: 23th July 2018, Available on: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421506001662>.

- CHERNI, J., OLALDE, R., SERRANO, L., *et al.* 2016. Systematic Assessment of Carbon Emissions from Renewable Energy Access to Improve Rural Livelihoods. *Journal Energies*, Vol. 9, Issue 12, p1-19. 22p, ISSN: 1996-1073, Accessed: 13th June 2018, Available on: <http://www.mdpi.com/1996-1073/9/12/1086/manuscript>.
- DFID. 1999. Hojas Orientativas sobre los Modos de Vida Sostenibles. Sección 1- Sección 2- Sección 3: Introducción. Formato Pdf, Accessed: 13th March 2017, Available on: <http://www.livelihoods.org/info/infoquidancesheets.htm>.
- GONZÁLEZ, T., OLALDE, R., SÁNCHEZ, I., CHERNI, J. 2017. La inversión energética en el desarrollo rural y agrícola en Cuba. Caso de estudio comunidad “4to Congreso”, Sancti Spíritus. *Revista Centro Agrícola*, 48 (4): pp 13-21, Consultado 1ro julio 2018, Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-48-2017/numero-4-2017/6417-la-inversión-energética-en-el-desarrollo-rural-y-agrícola-en-cuba-caso-de-estudio-comunidad-4to-congreso-sancti-spiritus>.
- GONZÁLEZ, M. 2018. Procedimiento para la contribución a la mejora de la calidad de vida desde la energización rural (PEMAR)". Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Empresariales, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- HENAO, F., JARAMILLO, J. P., SMITH, R., CHERNI, J. 2004. Metodología para la asignación de pesos de importancia relativa en problemas de análisis multiobjetivo discretos. 1ra Conferencia Internacional Andina de Investigación de Operaciones, “CCIO 2004”, Colombia, 14 al 19 de marzo, 2004.
- OLALDE, R., GONZÁLEZ, T., HERRERA, L., *et al.* 2016b. Innovación tecnológica energética en comunidades rurales. Caso de estudio comunidad de “Manantiales”, Villa Clara, Cuba. *Revista Centro Agrícola*, 43 (3): pp 13-21. Consultado 1ro julio 2018, Disponible en <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-43-2016/numero-3-2016/807-innovacion-tecnologica-energetica-en-comunidades-rurales-caso-de-estudio-comunidad-de-manantiales-villa-clara-cuba>.
- OLALDE, R., GONZÁLEZ, T., HERRERA, L., CHERNI, J. 2016. La introducción de tecnologías energéticas y su impacto en el recurso social, natural y financiero en comunidades rurales agrarias. Caso de estudio comunidad rural “4to congreso”, en la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. *Revista Científica de las Fuentes Renovables de Energía, Eco Solar*, Vol. 55, enero-marzo. ISSN: 1028-6004, RNPS: 2220. Consultado 4ro julio 2018, Disponible en <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/ecosolar/Ecosolar55/HTML/articulo06N.html>.
- OLALDE, R., GONZÁLEZ, T., SÁNCHEZ, I., CHERNI, J. 2017. Reactivación de la cadena de producción del café, a partir de la transferencia de tecnología hidroenergética en comunidades rurales aisladas. V Congreso de Agricultura en Ecosistemas Frágiles y Degradados, AGROMAS 2017, Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Bayamo, Cuba, del 15 al 18 de noviembre 2017.
- ZELNY, M. 1973. Compromise programming in: Multiple criteria decision making. Ed J. L. Columbia.

Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento en cualquier medio, siempre que la obra sea debidamente citada.