

Evaluación económica y social del uso del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua

Economic and social evaluation of the use of bagasse to generate electricity in Nicaragua

*Napoleón Vicente Blanco-Orozco
Eduardo Arce-Díaz*

*Fecha de recepción: 31 de enero del 2014
Fecha de aprobación: 16 de abril del 2014*

Blanco-Orozco, N; Arce-Díaz, E. Evaluación económica y social del uso del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua. *Tecnología en Marcha*. Vol. 27, N° 3, Julio-Setiembre 2014. Pág 107-121.

- 1 Ingeniero Eléctrico. Máster en Gerencia de Proyectos de Desarrollo. Estudiante del Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Docente de la Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Electrotecnia y Computación, Nicaragua. Correos electrónicos: blanconapoleon@yahoo.com; napoleon.blanco@usr.uni.edu.ni
- 2 Ingeniero Mecánico. M.Sc. Kansas State University, E.U.A. Ingeniería Agrícola, 1988. Ph.D. Kansas State University, E.U.A. Economía Agrícola, 1995. Consultor, instructor y profesor internacional para diversas organizaciones. Correo electrónico: eduardo.arce@asesoresseyp.com

Palabras clave

Energía eléctrica; evaluación económica; evaluación social; bagazo de caña; Nicaragua.

Resumen

En este artículo se realiza una evaluación económica y social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua; comparándose el uso de este material con el de los combustibles fósiles utilizados para el mismo fin.

Se concluye que la generación de energía eléctrica empleando biomasa del bagazo de caña tiene un impacto positivo en el bienestar social y el desarrollo económico del país, dado que en la evaluación económica los ingenios que producen energía eléctrica a partir de bagazo de caña resultan ser económicamente rentables. Por otro lado, las plantas térmicas que generan energía eléctrica a través de derivados del petróleo no son rentables económicamente.

La evaluación social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía utilizando la metodología de multicriterio, apoyada en el método de consulta a expertos, mostró que los ingenios que usan este energético tienen impactos positivos. Asimismo, esta evaluación social demuestra que las plantas que utilizan combustibles fósiles en la generación de energía, y estudiadas para esta investigación, encarecen el precio de la energía eléctrica y en el proceso producen gases contaminantes como CO₂.

Introducción

La capacidad instalada en el Sistema de Distribución de Electricidad Interconectado Nacional (SIN) de Nicaragua ha aumentado, pero las energías renovables todavía representan un porcentaje menor con relación a las plantas térmicas. Las plantas que emplean derivados del petróleo representan el 55,2% de la capacidad instalada, las hidroeléctricas el 9,47%, las geotérmicas el 8,65%, las eólicas el 13,65%, las de bagazo de caña de los ingenios el 11,95% y los sistemas aislados el 1,22% (INE, 2013). Asimismo, en promedio se generaron apenas 165 Gw-hr anuales en las plantas que emplean bagazo de caña y, por el contrario, se produjeron 1,919 Gw-hr anuales en

Key words

Electricity; economic evaluation; social assessment; bagasse.

Abstract

In this article, an economic and social assessment of the use of bagasse to generate electricity in Nicaragua has been made comparing the use of bagasse using fossil fuels for power generation. It has been concluded that generation of electricity using bagasse biomass has a positive impact on the social and economic development of Nicaragua because an economic assessment of sugar mills that generate electricity using bagasse shows they become economically more profitable. On the other hand, thermal plants that generate electricity through oil are not economically profitable. The Social assessment of the use of bagasse to generate energy using multicriteria methodology, supported in the expert consultation method, showed that sugar mills which use bagasse have positive impacts, and the plants that use fossil fuels in power generation studied in this paper resulted to have negative impacts due to be associated with the use of petroleum products that raise the price of electricity and in the process of production of electricity generate polluting gases such as CO₂.

plantas térmicas que emplean combustibles fósiles. Además, entre los años 2000 y 2012 la generación neta creció en promedio 16%, debido a un aumento de la carga de los consumidores (INE, 2013), y por lo tanto, se deben instalar más plantas de generación para suplir este aumento de la demanda.

Por otra parte, los ingenios San Antonio y Monte Rosa emplean el bagazo de caña para la generación de energía eléctrica, que es un desecho del proceso de producción de la caña de azúcar, ron y etanol. Además, fuera de la época de zafra los ingenios utilizan leña para la generación de energía eléctrica. Por lo tanto, al utilizar cultivos energéticos, estos establecimientos tienen la capacidad de generar

energía todo el año y pueden colocar potencia y energía eléctrica en el mercado eléctrico nacional y regional. De manera que es posible una utilización económica, social y ambientalmente adecuada de los cultivos energéticos para la sustitución de los derivados del petróleo.

Cabe señalar aquí que para la implementación de proyectos energéticos se debe realizar una evaluación financiera, así como evaluaciones desde los puntos de vista económico y social. En la evaluación financiera, los objetivos son definidos por el empresario dueño del proyecto y dependen de sus políticas particulares. En la evaluación económica y social, los objetivos son definidos por el gobierno y dependen de la situación real de la economía y de la política de Estado. Además, en la evaluación financiera los resultados se expresan en términos de utilidades medidas como la diferencia entre los ingresos y egresos del proyecto; en la evaluación social, los resultados se expresan en términos de beneficios redistributivos. Por otra parte, en la evaluación financiera, los bienes y servicios se valoran a precios de mercado; por el contrario, en la evaluación económica los bienes y servicios se valoran a precios sociales para eliminar las distorsiones del mercado (Rosales, 2001).

El propósito de este artículo es evaluar el empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en Nicaragua desde el punto de vista económico y social, y comparar el uso del bagazo con el de los combustibles fósiles utilizados para este mismo fin. El artículo está compuesto por seis partes. La primera es la introducción, en la cual se describe el empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica, además se realiza una comparación entre la evaluación clásica financiera y la evaluación económico-social de proyectos. La segunda parte es la revisión de literatura relacionada con la metodología de evaluación económica y social. La tercera parte es la descripción de la metodología empleada en este artículo; la cuarta consiste en la descripción de los datos utilizados en la evaluación económica y social. La quinta parte es la presentación de resultados de la evaluación económica y social de la producción de energía eléctrica a base de bagazo de caña y con combustibles fósiles. La última parte corresponde a las conclusiones de este estudio.

Revisión bibliográfica

La evaluación económica y social implica la comparación de beneficios y costos de inversiones y su impacto en el bienestar social y en el desarrollo económico social de un país. Metodológicamente, el proceso de evaluación consiste en modificar y complementar el flujo financiero para transformarlo en un flujo económico-social, efectuar ajustes en los precios de mercado para eliminar distorsiones por subsidios o impuestos, incorporar los precios sociales y evaluar el flujo económico con la tasa social de descuento (Sapag y Sapag, 2000). Además, el propósito del análisis económico-social es seleccionar proyectos que beneficien a todo un país, de manera que en el proceso de análisis se determine el impacto del proyecto de inversión en la economía nacional y en la sociedad. De manera que la evaluación económico-social determina la conveniencia de la inversión del sector público y privado en beneficio de toda la comunidad y no solo de una renta privada (Rosales, 2001).

Añadido a lo anterior, la evaluación económica y social busca identificar el aporte al bienestar de una región o país, midiéndose como la contribución al logro de objetivos tales como: crecimiento del producto interno bruto, generación de empleo, aumento de los ingresos, ahorro de divisas, generación de divisas y mejoramiento de las condiciones de vida, para determinar si se justifica realizar el proyecto o si conviene más dar un uso alternativo a los recursos de que se dispone (Miranda, 2005). Por otra parte, para realizar el análisis financiero se debe estimar el monto de los recursos necesarios para realizar el proyecto (Baca, 2006) y dentro de los costos por considerar están los financieros, producto de préstamos de capital, por los cuales se paga un interés (Blank y Tarquín, 2004).

De la misma forma, en el análisis financiero se deben determinar los ingresos del proyecto para cubrir los gastos de inversión y operación. De forma que, como parte del análisis financiero, los ingresos y costos de un proyecto se reflejan en el flujo financiero, que luego debe ser evaluado con una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) de ganancia sobre la inversión propuesta (Baca, 2008). Finalmente, se determina la rentabilidad financiera a partir de indicadores como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la relación

beneficio-costo (B/C) (Blank y Tarquín, 2004; Sapag y Sapag, 2000).

Por su parte, en el análisis económico de un proyecto se valora el costo de oportunidad social para el país de la inversión. En el análisis económico no se consideran los precios de mercado, al contrario, se usan precios sombra o costos de oportunidad. En la evaluación financiera, las transferencias son consideradas como costo (impuestos, préstamos, pagos de intereses, depreciación, amortización); por el contrario, en el flujo económico no se incluyen transferencias internas (Fountaine, 1999). Finalmente, en la evaluación económica la rentabilidad se mide con indicadores como el valor actual neto económico ($VANE > 0$, rentable) y la tasa interna de retorno económica ($TIRE > 0$, rentable).

Por otro lado, la evaluación de impactos sociales de los proyectos puede realizarse mediante un proceso de investigación y diagnóstico evaluativo, combinando aspectos descriptivos y evaluativos; utilizando métodos cualitativos como entrevistas directas a los actores sociales relacionados (Sáenz, 2009). Por su parte, Scopetta (2006) plantea la evaluación basada en indicadores de evaluación de impacto como una forma alternativa de evaluación social. De manera que existen varios instrumentos de valoración de impactos sociales y entre ellos están la relación beneficio-costo, el análisis costo-eficiencia y la metodología de análisis de multicriterio.

La relación beneficio-costo es una metodología en la cual se compara el valor actual de los beneficios de un proyecto con el valor actual de los costos incluyendo la inversión (Sapag, 2001; Baca, 2003). En este mismo sentido, el análisis beneficio-costo exige que todos los costos y beneficios sean actualizados con una tasa de descuento determinada (Blank y Tarquín, 2004). Sin embargo, según Meixueiro y Pérez (2008) el análisis costo-beneficio se realiza para proyectos cuyos costos y beneficios se pueden cuantificar y valorar; asimismo, Cohen y Martínez (2004) afirman que en el caso de los proyectos sociales, los beneficios difícilmente pueden expresarse en moneda, por lo que la utilización del análisis costo-beneficio queda severamente limitada. Sin embargo, en este artículo se logran estimar costos y beneficios sociales de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña de azúcar y su comparación con el uso de derivados del petróleo, y, por ejemplo, se cuantificaron beneficios del uso del bagazo de caña

a través de la venta de bonos de carbono por el secuestro de CO_2 y los costos de la externalidad de la contaminación que causan las plantas térmicas.

Además, Meixueiro y Pérez (2008) proponen el método de costo-eficiencia para proyectos en los que los beneficios no sean cuantificables o de difícil cuantificación. El análisis costo-eficiencia consiste en determinar respecto a un conjunto de alternativas cuál es la de menor costo y el indicador utilizado para este tipo de análisis es el Costo Anual Equivalente (CAE); sin embargo, el método de costo-eficiencia tiene como desventaja el hecho de que las alternativas del proyecto bajo estudio deben generar exactamente el mismo beneficio y presenta la debilidad de suponer que las alternativas son rentables por definición, por lo que se puede llegar a seleccionar un proyecto que no sea rentable financieramente. Además, tanto el método de costo-beneficio como el de costo-eficiencia requieren que la vida humana y la calidad de vida sean evaluadas en unidades monetarias, lo que no es una tarea ética, y peor aún, es difícil asignarles valores monetarios (Loza, Castillo-Portilla, Rojas y Huayana, 2011). No obstante, en este estudio se demuestra que es posible utilizar el método costo-beneficio con algunos indicadores que permiten realizar un análisis social de proyectos de generación de energía eléctrica, que es uno de los propósitos de este artículo.

De forma alterna, el Banco Mundial (2003) propone que el impacto social puede estimarse considerando el efecto en el empleo, en los precios (producción, consumo y salarios), en el acceso a bienes y servicios, en los activos y en las transferencias e impuestos de las inversiones de proyectos o programas. De forma que podemos medir el impacto social de la producción de energía en base a bagazo de caña, en comparación al empleo de combustibles fósiles, analizando el impacto o contribución en el acceso al servicio de energía eléctrica, el impacto en los precios de la energía eléctrica y el impacto a través de las emisiones de CO_2 . De manera que para la evaluación social se propone aplicar el análisis multicriterio.

Según Cohen y Martínez (2004), el análisis multicriterio es un índice sumatorio ponderado que permite priorizar los proyectos utilizando un conjunto de criterios complementarios (Índice Multicriterio). En el mismo sentido, Pacheco y Contreras (2008) plantean que la evaluación multicriterio posibilita operar

con varios criterios a la vez, identificando la importancia relativa de cada uno y de esa forma evaluar diferentes alternativas de proyectos, lo que coincide con el planteamiento de Rodríguez (2000), quien expresa que para la toma de decisiones se deben considerar diferentes criterios. Además, la metodología de análisis multicriterio se complementa con un proceso de consulta de expertos que validan las variables o criterios de evaluación de un proceso determinado (Borroto et al., 2006). Igualmente, la técnica de decisión multicriterios posibilita sustentar la toma de decisiones con la consulta a expertos, quienes pueden expresar su opinión sobre alternativas de solución, definiendo criterios de valoración y designando pesos de valoración de importancia para conseguir una decisión considerada la mejor alternativa (Contreras, Cloquell y Owen, 2010).

Por otro lado, la metodología de consulta a expertos (Delphi) se desarrolla en una dinámica sistémica para obtener sus opiniones (Ortega, 2008). Así, el método Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos para consultarles sobre un tema específico y el proceso se desarrolla en forma anónima, pudiendo realizarse aprovechando medios de internet como el correo electrónico (Astigarraga, 2003); adicionalmente, la consulta se sustenta en la experiencia de expertos consultados sobre el tema que interesa (García, Aquino, Guzmán y Medina, 2012).

No obstante, la técnica Delphi tiene algunas debilidades, tales como la de demandar tiempo y compromiso a los expertos, la posibilidad de que el anonimato influya en la responsabilidad para brindar las respuestas y la poca precisión de estas (Zamora, 2012). Pero la técnica Delphi es adecuada para la toma de decisiones fundamentadas en la opinión de grupo (Rivero y Serrano, 2007) y permite la comunicación estructurada a través de un proceso en el que un grupo de individuos como un todo comparten sus opiniones y tratan una problemática (Turoff y Linstone, 2002); en nuestro caso, sobre el objeto de estudio, que son las metodologías de evaluación de proyectos energéticos. También, según Ortega (2008), la metodología Delphi se ha aplicado en áreas de conocimiento como el de las energías. Por lo tanto, es pertinente para la consulta de las metodologías de evaluación ambiental, económica, financiera, social y de productividad de proyectos de generación de energía, y para nuestro

caso específico, para el empleo del bagazo de caña en esta actividad.

Por otro lado, como experto podemos asumir a una persona que tenga la posibilidad de contribuir positivamente con una perspectiva relevante a la investigación (Landeta, 1999; Pill, 1971; citados por Ortega, 2008). En cuanto a la cantidad de expertos por consultar, según Astigarraga (2002) no existe manera de determinar un número específico de integrantes del panel, aunque sugiere un mínimo de siete; en este sentido, García, Aquino, Guzmán y Medina (2012) concluyen que para la aplicación del método Delphi no es necesario un gran número de participantes sino que debe buscarse que los que participen estén calificados para hacerlo. Por su parte, Ortega (2008) opina que no se puede hablar de un número óptimo de integrantes del grupo de expertos. Sin embargo, la selección de expertos resulta clave en la aplicación la metodología Delphi; en este sentido, García et al. (2012) analizaron ciertos criterios de los expertos, tales como su experiencia profesional, independencia y capacidad de trabajar en equipo; características que sin duda se necesitan para la evaluación conjunta de un tema específico.

Por otra parte, existen diferentes tipos de métodos de evaluación y decisión multicriterio, como el de ponderación lineal, que consiste en la asignación de pesos a los criterios o de la escala de medida de los elementos a evaluar; el método de utilidad multiatributo, en el cual se determina una función de utilidad multiatributo de cada una de las alternativas y luego se ordena el conjunto finito de alternativas con un rango; el análisis jerárquico, que consiste en descomponer una situación compleja y no estructurada en sus componentes y ordenarlos en una jerarquía; y el método de relaciones de superación, basado en conceptos de concordancia y discordancia (Martínez y Escudey, 1997). En el caso específico de esta investigación, se hará uso del método de ponderación lineal para evaluar los impactos sociales del empleo del bagazo de caña de azúcar en la generación de energía eléctrica.

Metodología para la evaluación económica del empleo de bagazo de caña en la generación de energía eléctrica

Para la evaluación económica del empleo de bagazo de caña en la generación de energía eléctrica se

especifican las inversiones, los costos y beneficios involucrados en la operación de las plantas de generación, pero no se consideran los precios de mercado; al contrario, se usan los precios sociales o precios sombra. Además, en el proceso de preparación del flujo económico no se incluyen subsidios, primas, impuestos a la renta, impuestos en general, tasas de impuesto a la importación y exportación ni depreciación de activos (Fountaine, 1999).

En este artículo se emplearon los precios sombra oficiales declarados por el Gobierno de Nicaragua a través del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). En el caso de bienes comerciales o transables, su precio social se calcula afectando el bien importado y exportado por el precio social de la divisa. Para el caso de los bienes no transables, se utiliza un factor de corrección estándar (FCS) para encontrar el precio social de los bienes comerciables y éste se multiplica por su precio de mercado. El factor de corrección estándar se calcula en la Ecuación 1, extraída de Miranda (2005).

Ecuación 1

$$FCS = \frac{(M + X)}{(M + Tm) + (X - Tx)}$$

Donde:

M= Valor de las importaciones del país en un año.

X= Valor de las exportaciones del país en un año.

Tm= Monto total de lo recaudado de derechos de importación durante un año expresado en la misma moneda de M y X.

Tx = Monto total de lo recaudado de derechos de exportación durante un año expresado en la misma moneda de M y X.

Para el cálculo de FCS se utilizaron los datos del Banco Central de Nicaragua para el año 2012. Además, en el caso de los montos recaudados se consideró un 30% de las exportaciones e importaciones y se obtuvo un FCS= 0,911. El precio social de la inversión se calcula según la Ecuación 2. Considerando que el rendimiento marginal es la suma del costo de financiamiento interno (1,59%) y del costo de financiamiento externo (5%) (SNIP, 2013) y considerando cero el porcentaje de ingreso destinado al ahorro, se tiene que FCPSI= 0,82.

Ecuación 2

$$FCPSI = ((1 - S) \times RMK) \div ((TSD - S) \times RMK)$$

Donde:

FCSPSI= Factor de conversión precio social de la inversión.

S= Porcentaje del ingreso destinado al ahorro.

RMK= Rendimiento marginal del capital.

TSD= Tasa social de descuento.

La inversión de cada planta de energía resulta de la suma de lo pagado por cargo de potencia US\$/KW durante el periodo de análisis entre los años 2001 a 2012, en el entendido de que este cargo es un pago por la potencia instalada de cada planta con el propósito de reconocer la recuperación de la inversión. Los beneficios se estiman considerando el ingreso que se obtuvo por la venta de energía eléctrica y su disponibilidad de entrega de potencia. También se considera como beneficio el secuestro de carbono del cultivo de caña de azúcar del cual se obtiene el bagazo que los ingenios emplean para generar energía eléctrica.

Para el cálculo del secuestro de carbono se utilizó la metodología EX-Ante Carbon-balance Tool (EX-ACT), propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) para determinar la emisión de toneladas de CO₂ secuestradas. El ingenio San Antonio tiene un potencial de mitigación de 35,718 tCO₂ anuales y el Ingenio Monte Rosa uno de 22,915 tCO₂ anuales (Blanco y Zúñiga, 2013). El beneficio por el secuestro de CO₂ se estimó como equivalente al ingreso del proyecto obtenido como producto de la posible venta de toneladas de carbono secuestradas por un precio que oscila entre \$20/t CO₂e (FAO, 2009) y \$3,5/t CO₂e (Euguren, 2004); en este artículo asumimos un costo de \$20/t CO₂.

Los costos considerados, en el caso de los ingenios, son los que se incurren para la obtención del combustible en forma de bagazo de caña para alimentar las calderas del sistema de generación de vapor; y luego de energía eléctrica, además de los costos de operación y mantenimiento para cada ingenio. En el caso de las plantas que emplean derivados del petróleo, los costos representan los gastos de combustible, mantenimiento y administración para cada una; además del costo por la externalidad de

emisión de CO₂ al ambiente. Todos los ingresos y costos fueron convertidos a precios sociales.

Para la evaluación económica se considera un Valor Futuro Económico (VFE) que resulta de llevar al año 2013 el flujo neto efectivo económico resultante, dado que las plantas de generación de energía eléctrica han sido estudiadas en un periodo de operación ya transcurrido, comprendido entre 2001 y 2012. La inversión considerada en el flujo neto es la suma de lo pagado por disponibilidad de potencia en todo el periodo de estudio.

Evaluación social del empleo de bagazo de caña para la generación de energía eléctrica en Nicaragua

Para realizar la evaluación social se emplea la metodología de Multicriterio que, según Cohen y Martínez (2004), consiste en calcular el valor del Índice multicriterio (IM) en cada proyecto, para lo cual se utiliza la fórmula siguiente:

Ecuación 3

$$IM = \sum_{j=1}^n \frac{C_j P_j}{r} * 100$$

Donde:

C_i= Puntaje del criterio j.

P_j= Peso o importancia del criterio j (van de 0 a 1, tal que $\sum P_j = 1$).

r= Rango de medición de los criterios (límite superior de la escala menos límite inferior).

El primer paso es definir los criterios (C_j) que conforman el índice. Si utilizan solo los criterios mínimos, el cálculo del IM se convierte en:

Ecuación 4

$$IM = \sum \frac{(Sa + Tb + Ec)}{r} * 100$$

S = Puntaje del criterio 1, asignado por el evaluador.

T = Puntaje del criterio 2, asignado por el evaluador.

E = Puntaje del criterio 3, asignado por el evaluador.

a,b,c= Peso de cada uno de los criterios (con valores entre 0 y 1, tal que a+b+= 1).

Para definir los valores (a, b, c) se empleó el método Delphi para consultar qué peso darle a cada criterio en una matriz de jerarquización.

r = Rango de la escala de puntajes de los criterios.

Para la medición del impacto social de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña y derivados del petróleo utilizando el método multicriterio simple, se consideraron los siguientes impactos: contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica, precio de la energía eléctrica y el impacto en el ahorro de emisiones de CO₂. El peso o importancia de los criterios se obtuvo aplicando el método Delphi. El proceso de consulta a expertos se organizó en etapas; es de notar que el proceso de desarrollo metodológico en etapas de consultas a partir de la definición del problema por consultar y la selección de los expertos es coincidente con los autores (Astigarraga, 2002; Ortega, 2008; Zamora, 2012).

Por lo tanto, el proceso de consulta para la medición del impacto social de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña y derivados del petróleo se organizó en etapas. En la primer etapa se definió el tema de indagación y de consulta acerca de la pertinencia de aplicación en la evaluación integral de proyectos de generación de energía eléctrica empleando biomasa proveniente del bagazo de caña de azúcar de las siguientes metodologías: evaluación de la productividad empleando metodología de datos envoltantes (DEA) y los índices de Malmquist para medir la productividad total de los factores, evaluación financiera utilizando el flujo financiero del proyecto usando índices financieros, evaluación ambiental a través de la estimación del impacto en el calentamiento global determinando las emisiones de CO₂ y otras sustancias contaminantes al ambiente, evaluación económica empleando un flujo económico libre de distorsiones, usando los precios sombra y evaluando con índices económicos, y la evaluación social empleando el método Multicriterio. Se planificó la realización de tres rondas de consulta.

En la segunda etapa se procedió a la elección de los expertos. Estos fueron seleccionados considerando la relación profesional de su actual desempeño y experiencia en la gestión, formulación y evaluación de proyectos energéticos desde los ámbitos ambiental, económico, financiero y social, con especial atención en proyectos de energía renovable y por estar relacionados en su ejercicio

profesional con el sector energético. A los expertos preseleccionados se les envió una invitación con la explicación del proceso de consulta; a los que respondieron positivamente y aceptaron el compromiso de participación se les remitió una nota de presentación explicando el propósito de la aplicación de la metodología Delphi, así como las condiciones prácticas del desarrollo de la actividad (plazo de respuesta, garantía de anonimato).

Adicionalmente, se le remitió al panel de expertos un breve resumen de las metodologías de evaluación consultadas. A los expertos seleccionados se les realizó una encuesta de autoevaluación de conocimientos en cada uno de los temas seleccionados con una escala (de 0= ningún conocimiento, 1= bajo a 10= alto), con el fin de obtener las puntuaciones medias grupales para cada uno de los temas y analizar si se debía fortalecer alguna área específica. Para el tratamiento de la información se empleó el programa estadístico SPSS.

En la tercera etapa se elaboraron los diferentes instrumentos de la consulta. En la cuarta etapa se procedió al desarrollo práctico de la consulta en rondas. La primera ronda tuvo como propósito valorar la pertinencia de aplicación de las metodologías antes mencionadas; los resultados de la consulta se procesaron para determinar el grado de aceptación o consenso en la aplicación de las metodologías de evaluación propuestas. En este sentido, se utilizaron conceptos estadísticos para analizar la información obtenida con el fin de tener una visión de conjunto de los resultados obtenidos y evaluar la coincidencia o no de las opiniones en cuanto a la efectividad de las herramientas en consulta.

En la segunda ronda se presentaron los resultados de la primera ronda. Luego, se consultó la aplicación de la metodología de evaluación multicriterio para medir los impactos sociales de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña. De forma específica, se planteó obtener el peso o importancia de cada criterio presentado y se indagó sobre los impactos sociales de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña a través de un instrumento que se les envió a los expertos. El propósito fue asignar el peso a cada uno de los criterios y se siguió el siguiente procedimiento: se distribuyó a cada miembro del equipo una matriz con todos los criterios listados, tanto en filas como en columnas, se solicitó a cada uno de los

participantes que determinara si el criterio indicado en la primera fila era más, o menos, importante que los demás, asignando un punto en cada columna en que la respuesta fuese afirmativa, y al final se ponderó el peso de cada criterio utilizando los puntajes asignados por cada integrante del equipo y se calculó el peso ponderado.

Por otra parte, el primer impacto social de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña a evaluar fue la contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica a través de los siguientes indicadores: beneficio al medio ambiente con menos consumo de energéticos como leña, contribución al acceso de energía eléctrica para el surgimiento de actividades comerciales y productivas para la comunidad y la posibilidad de ahorro en gastos energéticos (ahorro en factura de energía eléctrica). El segundo impacto fue el precio de la energía eléctrica a través de los indicadores: crecimiento del costo de la canasta básica por el aumento del precio de la energía y la disminución de las actividades productivas, comerciales e industriales debido al aumento del costo de la energía eléctrica. El tercer impacto medido fue el del beneficio al ambiente a través del ahorro de emisiones de CO₂, con los indicadores aumento de emisiones de CO₂ y secuestro de emisiones de CO₂. En la tercera ronda de consulta se remitieron los datos procesados de la segunda ronda junto con los aportes que los expertos realizaron sobre las metodologías consultadas.

Para evaluar cada impacto, a los criterios de evaluación se les asociaron las variables que le otorgan sentido analítico y que ayudan a definir su peso; lo que se resume en la Ecuación 5.

Ecuación 5

$$C = \sum V_{ij} * P_{ij}$$

Donde:

V_{ij} = variable i del criterio j.

p_{ij} = peso o importancia de la variable i en el criterio j (entre 0 y 1; $\sum p_i = 1$).

Se operacionalizaron las variables a través de indicadores. En el impacto de la contribución del acceso a la energía eléctrica a la sociedad y para evaluar el criterio de beneficio al medio ambiente, se partió de

la premisa de que consumir energía eléctrica evita el uso de energéticos como leña; por lo que para asignar un valor a este criterio, se analizó la variable cantidad desplazada de consumo de energéticos (de leña) empleando equivalentes energético. Para este fin se analizó la energía eléctrica generada por cada planta en el periodo de estudio entre los años 2001 a 2012 y luego esta energía se convirtió en kg de leña desplazada empleando el poder calorífico de la leña de 3000 Kcal/kg y el índice de conversión de un kg de leña equivale a 3,489 kw-hr (FAO, 2013).

Para evaluar el criterio de la contribución del acceso a la energía eléctrica al surgimiento de actividades comerciales y productivas para las comunidades, se evaluó la variable cobertura de la demanda por cada planta de generación y se calculó la proporción de energía generada por cada planta en comparación con la energía total generada de todas las plantas de generación de energía eléctrica conectadas al SIN.

Para la valoración del criterio de ahorro en gastos energéticos con respecto al ahorro en la factura eléctrica, se empleó la variable porcentaje comparativo de costo de energía entre plantas en estudio y se comparó en forma de proporción el costo de la energía eléctrica producida por cada planta de generación con respecto al costo promedio de generación de las plantas en estudio.

Para evaluar el impacto del crecimiento del precio de la energía eléctrica a la sociedad, se trabajó con el criterio crecimiento del costo de canasta básica por el aumento del precio de la energía; se evaluó la variable aumento de la canasta básica debido a la incidencia del precio de la energía eléctrica y luego se determinó la incidencia de cada planta en el crecimiento de costo de la canasta básica en el periodo 2001-2012.

El criterio de la disminución de las actividades productivas, comerciales e industriales debido al aumento del costo de la energía eléctrica se evaluó a través de la variable incidencia del costo de la energía eléctrica en el crecimiento del PIB; de forma que se evaluó la incidencia de cada planta en estudio en el crecimiento del costo de la energía eléctrica y por tanto en el crecimiento del PIB en el periodo 2001-2012.

El impacto de ahorro de las emisiones se evaluó con el criterio de aumento de las emisiones asociadas con la cantidad de energía generada en cada planta

en estudio, con base en el tipo de combustible que emplea cada una. El criterio del aumento secuestro de emisiones de CO₂ lo analizamos con la comparación en forma de proporción de su capacidad anual de secuestro con respecto a las emisiones anuales totales de las plantas térmicas que generan con base en combustible fósil. El criterio de la disposición a pagar por el daño ambiental incorporado al precio de la energía proveniente de la energía no renovable lo evaluamos comparando la participación en la generación de energía de cada planta dentro del grupo de plantas que usan fuentes renovables, para representar lo que percibiría cada una de ellas en incentivo por las toneladas de CO₂ secuestrado anualmente. En la quinta etapa, a todos los participantes se les remitió un informe con las conclusiones generales del proceso y un agradecimiento por su apoyo.

Datos

Los costos sociales de la mano de obra en Nicaragua utilizados en este artículo se obtuvieron del SNIP (2013b) y fueron:

- Mano de obra no calificada con desempleo involuntario: 0,54
- Mano de obra calificada con pleno empleo: 1,00
- El precio social de la divisa empleado fue 1,015.
- La tasa social de descuento se consideró del 8%.
- Los precios sociales de bienes comerciales y no comerciales se determinaron usando un factor de corrección de FCS de 0,911.
- El factor de conversión del precio social de la inversión empleado fue de FCSP= 0,82
- Para las plantas de generación de energía eléctrica en este estudio, y que están conectadas al SIN, se utilizaron los siguientes datos:
- Costo de inversión de las plantas de generación de energía eléctrica a convertirse en precios sociales por factor de conversión de precio social de la inversión, estimado en base a lo pagado en cargo por potencia US\$/KW-MES hasta el año 2012.
- Beneficio obtenido por la generación de energía eléctrica en los ingenios azucareros sin las distorsiones de impuestos de 2001 a 2012.

- Beneficio obtenido por el secuestro de CO₂ debido al cultivo de caña de azúcar, de donde se obtiene la biomasa en forma de bagazo para generación de energía eléctrica en los ingenios sin las distorsiones de impuestos: para el caso del ingenio San Antonio es la cantidad de US\$721 580 y para el ingenio Monte Rosa de US\$458 300. Es preciso aclarar que estos son beneficios sociales que los ingenios brindan a la sociedad, pero en realidad no reciben estos incentivos.
- Beneficio obtenido por la generación de energía eléctrica en plantas de generación que emplean derivados del petróleo sin las distorsiones de impuestos de 2001 a 2012.
- Costos de insumos considerando un valor de US\$5 por tonelada de bagazo para la generación de energía eléctrica en los ingenios azucareros sin las distorsiones de impuestos de 2001 a 2012.
- Costos totales de combustible, mantenimiento y administración de las plantas térmicas sin las distorsiones de impuestos en aquellas que emplean derivados del petróleo de 2001 a 2012.
- Costo económico de las externalidades ambientales de las plantas de generación a base de combustible fósil, calculando estas externalidades en base a la cantidad de CO₂ emitida.

Datos para la evaluación del impacto social del empleo de bagazo de caña para la generación de energía eléctrica en Nicaragua

En el caso de la contribución a la sociedad del acceso a la energía eléctrica, se evaluó valorando la variable cantidad de energético (leña) que desplaza con equivalentes energéticos, y se estudió la generación de energía eléctrica de los ingenios San Antonio y Monte Rosa entre los años 2001 y 2012, para luego obtener la cantidad de leña desplazada en kg. Para la variable cobertura de la demanda por cada planta, se empleó la energía generada por cada una de ellas y la total producida por todas las plantas conectadas al SIN en el periodo 2001-2012. Para la variable porcentaje de costo de energía con respec-

to al costo de energéticos equivalentes, se empleó el dato de cargo por energía en US\$/KW-HR en el periodo 2001- 2012.

Para el caso del impacto del precio de la energía eléctrica en la sociedad, se aplicó el criterio aumento del costo de la canasta básica y se estudiaron datos de precio de ésta entre 2001 y 2012, precios de la energía de las plantas en estudio expresados en cargo por energía en US\$/KW-HR en el periodo de estudio y la generación neta de cada planta. En el caso del criterio de la disminución de las actividades productivas, comerciales e industriales debido al aumento del costo de la energía eléctrica, se empleó el PIB y la generación neta de cada planta en el periodo 2001-2012. Además, se utilizó el cargo por energía en US\$/KW-HR.

Por otro lado, en el caso del impacto del ahorro de emisiones de CO₂ para la sociedad, en el criterio de las emisiones asociadas con la cantidad de energía generada se especificaron aquellas producidas por cada planta, en base al tipo de combustible que emplean, calculadas con la herramienta EXACT.

Para el caso del impacto del aumento de secuestro de emisiones de CO₂, los datos considerados fueron las cantidades anuales de tCO₂ generadas por las plantas térmicas y la capacidad de secuestro anual de tCO₂ de los ingenios. En el caso del criterio de disposición a pagar por el daño ambiental y la evaluación de la variable acceso a incentivos por fuentes de energía renovables, los datos analizados fueron la generación de energía total de las fuentes renovables y la generación de energía de la planta específica en análisis y luego se hizo una proporción comparativa para asignar un valor a esta variable.

Resultados

En la evaluación económica y social los ingenios muestran que la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña es económicamente y socialmente rentable. El ingenio San Antonio presenta un VFE positivo de US\$29 326 182 en un flujo económico de 12 años a una tasa social de descuento del 8%, lo que hace económica y socialmente rentable su actividad de generación de energía eléctrica.

Asimismo, el ingenio Monte Rosa presenta un VFE positivo de US\$42 716 441 en un flujo económico

de siete años a una tasa social de descuento del 8%, por lo que también demuestra que su actividad de generación de energía eléctrica es económica y socialmente rentable. De manera que la generación de energía eléctrica empleando biomasa del bagazo de caña tiene un impacto positivo en el bienestar social y en el desarrollo económico social de Nicaragua.

Al contrario, al realizar una evaluación económica y social de las plantas térmicas que emplean derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica se encontró que todas no son rentables económicamente. Las plantas de Albanisa, Censa, Empresa Energética Corinto, Tipitapa Power Company, Geosa y Gecsa presentan un VFE negativo, lo que demuestra que generar energía eléctrica a través de derivados del petróleo no es rentable para la sociedad. Cabe señalar aquí que estas plantas de generación térmica sí son rentables desde el punto de vista financiero.

Por lo tanto, como se muestra en el Cuadro 1, se puede concluir que, de manera general, la generación de energía eléctrica empleando derivados del petróleo no es una actividad económica que beneficie a toda la nación, y el impacto de estas plantas de generación es negativo en la economía nacional y

la sociedad. De manera que se debe pensar en una mejor asignación de los recursos invertidos en esta actividad para emplearlos en otras que sí generen beneficios a la sociedad, como la generación de energía usando recursos renovables como la biomasa derivada del bagazo de caña.

Resultados de la evaluación social del empleo de bagazo de caña para la generación de energía eléctrica en Nicaragua

Aplicación del método de consulta Delphi

El primer paso del proceso de consulta a expertos fue su selección con base en la relación profesional de su actual desempeño y experiencia en la gestión, formulación y evaluación de proyectos energéticos. Al panel de expertos seleccionados se le realizó una encuesta de autoevaluación, en la cual se confirmó que poseían el nivel de conocimiento para la valoración de las metodologías en consulta.

En lo que respecta a la primera ronda de consulta, cuyo propósito era evaluar la factibilidad de aplicación de las metodologías, se obtuvo que en el caso de la metodología de datos envolventes (DEA) y los

Cuadro 1. Resultados de la evaluación económica de la actividad de generación de energía eléctrica en plantas que emplean bagazo de caña y derivados del petróleo.

#	Planta de generación de energía eléctrica	VFE US\$	Observación
	Ingenios que emplean bagazo de caña		
1	Ingenio San Antonio	29 326 182	Rentable para la sociedad
2	Ingenio Monte Rosa	42 716 441	Rentable para la sociedad
	Plantas que emplean derivados del petróleo conectadas al SIN		
1	Albanisa	-76 771 752	No es rentable para la sociedad
2	Censa	-120 746 055	No es rentable para la sociedad
3	Empresa Energética Corinto	-\$460 349 663	No es rentable para la sociedad
4	Tipitapa Power Company	-\$302 759 161	No es rentable para la sociedad
5	Geosa	-\$846 730 464	No es rentable para la sociedad
6	Gecsa	-\$139 615 915	Rentable para la sociedad

Fuente: Elaboración propia.

índices de Malmquist para medir la productividad total de los factores, la mayoría de los expertos recomendaron aplicarla para la evaluación de la productividad del empleo de biomasa proveniente del bagazo de caña de azúcar en la generación de energía eléctrica.

Por otro lado, la mayoría de los expertos consideraron la metodología de evaluación financiera aplicable para la evaluación del empleo de la biomasa como combustible sólido proveniente del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica. La evaluación ambiental del empleo de la biomasa como combustible sólido proveniente del bagazo de caña en la generación de energía a través de la estimación de las emisiones de CO₂ de carbono y otras sustancias al ambiente, fue valorada como muy recomendable por el panel de expertos.

La aplicación de la metodología de evaluación económica en proyectos de generación de energía eléctrica usando bagazo de caña fue valorada como recomendable. Con respecto a la evaluación multicriterio como herramienta metodológica de evaluación social del empleo de la biomasa en la generación de energía eléctrica, la mayoría de los expertos opinaron que su empleo es recomendable. Además, todas las evaluaciones fueron valoradas como recomendables para utilizarlas en la evaluación del empleo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica. En el caso de la segunda ronda de consulta, su propósito fue asignar peso a cada uno de los criterios que medirán los impactos sociales de la generación de energía eléctrica empleando bagazo de caña y derivados del petróleo.

En el caso del impacto de la contribución del acceso a la energía eléctrica a la sociedad se obtuvieron los siguientes pesos de los criterios de evaluación: en el impacto contribución del acceso a la energía eléctrica, el criterio de beneficio al medio ambiente obtuvo un peso de 0,35; el de contribución del acceso a la energía eléctrica al surgimiento de actividades comerciales y productivas obtuvo un peso de 0,45; y el criterio de posibilidad de ahorro en consumo de energéticos y ahorro en la factura eléctrica se obtuvo un peso de 0,2.

Por otra parte, en el impacto del precio de la energía eléctrica y en el criterio del crecimiento en el costo de la canasta básica por el aumento del precio

de la energía se obtuvo un peso de 0,33; y en el criterio de disminución de las actividades productivas, comerciales e industriales debido al aumento del costo de la energía eléctrica, se obtuvo un peso de 0,67. Además, en el impacto de beneficio al ambiente a través del impacto en el ahorro de emisiones de CO₂, en el criterio del aumento de emisiones de CO₂ se obtuvo un peso de 0,095, en el criterio de aumento del secuestro de emisiones de CO₂ se obtuvo un peso de 0,476 y en el de disposición a pagar por el daño ambiental incorporado al precio de la energía proveniente de la energía no renovable, se obtuvo un peso de 0,429.

Todos los datos anteriores corresponden a los pesos asignados por el panel de expertos a cada uno los criterios de la evaluación multicriterio (ver Ecuación 4) y constituyen el sustento de la evaluación del análisis social de la generación de energía eléctrica utilizando el recurso renovable bagazo de caña y los combustibles fósiles utilizando de los criterios de impactos de la contribución del acceso a la energía eléctrica a la sociedad, el precio de la energía eléctrica y el beneficio al ambiente a través del impacto en el ahorro de emisiones de CO₂.

Evaluación del impacto social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica

La evaluación social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica se realizó utilizando la metodología multicriterio en base a tres impactos, como son la contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica, el impacto en el precio de la energía eléctrica y el impacto en el beneficio al ambiente a través del impacto en el ahorro de emisiones de CO₂.

En el caso particular de las plantas de generación de energía que emplean bagazo de caña, como los ingenios azucareros San Antonio y Monte Rosa, se obtuvo que en la evaluación del criterio contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica, el impacto total del Ingenio San Antonio es de 0,10 positivo, resultado de la evaluación de las variables descritas en la metodología; y el del Ingenio Monte Rosa es de 0,17 positivo. Por lo que desde el punto de vista de contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica, el Ingenio Monte Rosa tiene mayor impacto positivo.

Cuadro 2. Impactos sociales de la generación de energía eléctrica empleando combustibles fósiles.

Planta generadora de energía eléctrica	Impacto de contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica	Impacto en el precio de la energía eléctrica	Impacto en las emisiones de CO ₂	Suma de impactos
Albanisa	0,71	0,0009	-0,009	0,70
Gecca	0,38	0,0003	-0,008	0,37
Censa	0,22	0,0005	-0,011	0,21
Empresa Energetica Corinto	0,35	0,001	-0,024	0,33
Tipitapa Power Company	0,23	0,001	-0,018	0,22
Geosa	0,48	0,057	-0,023	0,51

Fuente: Elaboración propia.

En el impacto del precio de la energía eléctrica para la sociedad, el Ingenio San Antonio ofrece un mayor beneficio al contribuir a bajar sus costos. En el impacto del ahorro de emisiones de CO₂, el ingenio San Antonio resulta con un impacto positivo de 0,11 y el Ingenio Monte Rosa con un impacto positivo de 0,09, lo que significa que el ingenio San Antonio aporta más al beneficio al ambiente reduciendo las emisiones de CO₂, puesto que es un mayor sumidero de ellas (las secuestra).

Al realizar la suma de la evaluación de impactos, el ingenio San Antonio resulta con un valor de 0,15 y el Ingenio Monte Rosa con un valor de 0,21. Por lo que desde el punto de evaluación social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica, impacta en mayor proporción y positivamente el Ingenio Monte Rosa, por contribuir en mayor proporción al acceso y reducir los costos de la energía eléctrica, aunque el ingenio San Antonio secuestra más toneladas de CO₂.

Con el propósito de comparar el impacto del empleo de bagazo de caña para la generación de energía eléctrica con el impacto del empleo de combustibles fósiles, se realizó la evaluación a plantas térmicas con los mismos criterios aplicados a los ingenios azucareros y los resultados se resumen en el Cuadro 2.

De los resultados se obtiene que las plantas térmicas de generación en base a combustible fósil que más impactan en la contribución al acceso de la sociedad a la energía eléctrica son Albanisa y Geosa,

por ser las de mayor capacidad instalada y por lo tanto aportan con mayor proporción la generación neta de energía eléctrica al sistema interconectado nacional. Las plantas con mayor impacto negativo en el precio de la energía eléctrica son Geosa, Albanisa, Empresa Energética Corinto y Tipitapa Power Company, por presentar un costo mayor en la energía eléctrica generada y por lo tanto tienen mayor incidencia en el precio total de la energía eléctrica que es consumida a nivel nacional.

Las plantas que impactan negativamente en mayor proporción el beneficio al ambiente a través de la incidencia en emisiones de CO₂ son Corinto, Tipitapa Power y Censa, porque son las que presentan mayores emisiones asociadas a su generación de energía con combustibles fósiles. Desde el punto de vista de la suma de impactos, las plantas con índices que reflejan una evaluación social más positiva son Empresa Albanisa, Geosa y Gecca. No obstante, los impactos sociales de las plantas térmicas estudiadas en la generación de energía son negativos de forma general, por estar asociados al uso de derivados del petróleo, que encarecen el precio de la energía eléctrica y producen en el proceso gases contaminantes como el CO₂.

Conclusiones

El propósito de este artículo fue realizar una evaluación económica y social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía eléctrica en

Nicaragua y comparar el uso del bagazo con el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica. Queda claro que para implementar proyectos energéticos que aprovechen recursos renovables y no renovables considerados como bienes públicos se debe realizar, además de una evaluación financiera, una evaluación desde el punto de vista económico y social.

Como resultado de la evaluación social se obtuvo que la generación de energía eléctrica empleando biomasa del bagazo de caña tiene un impacto positivo en el bienestar social y en el desarrollo económico de Nicaragua dado que, en la evaluación económica, los ingenios que generan energía eléctrica de esta manera son económicamente rentables. Por otro lado, en la evaluación económica de las plantas térmicas que emplean derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica se encontró que no son rentables económicamente. Las plantas de Albanisa, Censa, Empresa Energética Corinto, Tipitapa Power Company, Geosa y Gecsa presentan un VFE negativo, lo que demuestra que generar energía eléctrica a través de derivados del petróleo no es rentable para la sociedad. Por lo tanto, la generación de energía eléctrica empleando derivados del petróleo no es una actividad económica que beneficie a toda la nación, y el impacto de estas plantas es negativo en la economía nacional y en la sociedad.

Por otra parte, la evaluación social del empleo del bagazo de caña en la generación de energía mostró que de los ingenios que usan este energético para generar electricidad, el Ingenio Monte Rosa tiene mayor impacto social positivo. También, los impactos sociales en el precio de la energía eléctrica y en el ahorro de emisiones de CO₂ de las plantas térmicas que emplean combustibles fósiles en la generación de energía estudiadas en este artículo son negativos en general, por estar asociados al empleo de derivados del petróleo que encarecen el precio de la energía eléctrica y producen en el proceso de generación de energía eléctrica gases contaminantes como el CO₂.

Bibliografía

Astigarraga, E. (2002). *Método Delphi*. San Sebastián, Universidad de Deusto. Recuperado de <http://www.codesyntax.com/Eneko/Delphi> Banco Mundial. (2003). *Guía del usuario para el análisis del impacto social y en la pobreza*.

Recuperado de http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2004/11/05/000090341_20041105110130/Rendered/PDF/304050SPANISH01ers0Guide01may020031.pdf

- Baca, G. (2003). *Ingeniería Económica*. 3 ed. México: McGraw Hill.
- Baca, G. (2006). *Evaluación de Proyectos*. 4 ed. México: McGraw Hill.
- Baca, G. (2008). *Evaluación de Proyectos*. 5 ed. México: McGraw Hill.
- Blanco, N. & Zúniga, C. (2013). Environmental bio economic impact in Nicaragua. *Journal of Agricultural Studies*, 1 (2), 53-78. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.5296/jas.v1i2.4033>
- Blank, L. & Tarquín, A. (2004). *Ingeniería económica*. 5 ed. México: McGraw Hill.
- Borroto., Martínez, E. & Marrero, F. (2006). El análisis multicriterio en la realización de la auditoría de mantenimiento en empresas de la agroindustria azucarera. *Centro Azúcar* 33(3).
- Cohen, E. & Martínez, R. (2004). *Manual de formulación, evaluación y monitoreo de proyectos sociales*. Recuperado de http://www.cepal.org/dds/noticias/paginas/8/15448/manual_dds_200408.pdf
- Contreras, W., Cloquell, V. & Owen, M. (2010). Las técnicas de decisión multicriterio en la selección de componentes estructurales, a partir de la tecnología de la madera para construcción de viviendas sociales en Venezuela. *Madera y Bosques*, 16(3), 7-22. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-04712010000300001&script=sci_arttext
- Euguren, L. (2004). El mercado de carbón en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. CEPAL, *Series medio ambiente y desarrollo*, 83. Recuperado de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/14902/lcl2085e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2009). *Food Security and Agricultural Mitigation in Developing Countries: Options for Capturing Synergies*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/012/i1318e/i1318e00.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Técnicas simples para la obtención de combustibles básicos*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm>
- Fontaine, E. (1999). *Evaluación Social de Proyectos* (12 ed.). Chile: Alfa Omega.
- García, V., Aquino, S., Guzmán, A. & Medina, A. (2012). El uso del método Delphi como estrategia para la valoración de indicadores de calidad en programas educativos a distancia. *Revista Calidad en la Educación Superior*, 3(1), 220-222. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3945837>
- Instituto Nicaragüense de Energía (INE). (2013). *Estadísticas de capacidad instalada*. Recuperado de http://www.ine.gob.ni/DGE/estadisticas/serieHistorica/Capacidad_instalada_91-2012_actMay13.pdf
- Loza, C., Castillo-Portilla, M., Rojas, J. L. & Huayana, L. (2011). Principios básicos y alcances metodológicos de las evaluaciones económicas en salud. *Revista Peruana de Medicina*

- Experimental y Salud Pública*, 28(3), 518-527. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v28n3/a18v28n3>
- Martínez, E. & Escudey, M. (1997). *Evaluación y decisión multicriterio: reflexiones y experiencias*. Santiago: USACH-UNESCO.
- Meixueiro, J. & Pérez, M. (2008). *Guía general para la presentación de estudios de evaluación socioeconómica de programas y proyectos de inversión*. México, Centro de estudios para la preparación y evaluación socioeconómica de proyectos. Recuperado de http://www.cepep.gob.mx/documentos/m3todologias/guia_general.pdf
- Miranda J. (2005). *Gestión de proyectos: identificación, formulación, evaluación financiera, económica, social y ambiental*. 4 ed. Bogotá: MM Editores.
- Ortega, F. (2008). El método Delphi, prospectiva en Ciencias Sociales. *Revista EAN*, 64, 31-54. Recuperado de <http://journal.ean.edu.co/index.php/Revista/article/viewFile/226/214>
- Pacheco, J. & Contreras, E. (2008). *Manual metodológico de evaluación multicriterio para programas y proyectos*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). Recuperado de <http://www.eclac.org/ilpes/publicaciones/xml/6/34576/manual58.pdf>
- Rivero, L. & Serrano, A. (2007). Modelo virtual de autoaprendizaje activo y mejora de la calidad docente basado en la metodología Delphi. *Revista de comunicación y nuevas tecnologías*, 9, 1697-8293. Recuperado de <http://www.icono14.net/revista/num9/articulos/13.pdf>
- Rodríguez, Z. (2000). Teoría de la decisión multicriterio: un enfoque para la toma de decisiones. *Economía y Desarrollo*, 126(1). Recuperado de <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=a9cb389e-98af-45c1-8507-d70b1723286c%40sessionmgr114&hid=118>
- Rosales, R. (2001). *Evaluación de proyectos*. San José: ICAP.
- Sáenz, L. (2009). ANCHILE en Chile: evaluación de impactos sociales en comunidades locales colindantes con predios forestales. *Espacio Regional*, 1(6), 73-88. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3676846>
- Sapag, N. & Sapag, R. (2000). *Preparación y evaluación de proyectos*. 5 ed. México: Prentice Hall.
- Sapag, N. (2001). *Evaluación de proyectos de inversión*. I ed. Buenos Aires: Prentice Hall.
- Scopetta, O. (2006). Discusión sobre la evaluación de impacto de programas y proyectos sociales en salud pública. *Universitas Psychologica*, 5(3), 695-703. Recuperado de <http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=e601a0bb-4aa1-4a56-a70d-e74eacd2b122%40sessionmgr112&hid=112>
- Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). (2013a). *Tasa social de descuento*. Recuperado de <http://www.snip.gob.ni/preinversion/TasaSocialdeDescuento.pdf>
- Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP). (2013b). *Precios sociales de Nicaragua*. Recuperado de <http://www.snip.gob.ni/preinversion/Precios%20Sociales%20de%20Nicaragua.pdf>
- Turoff, M. & Linstone, H. (2002). *The Delphi method, Techniques and applications*. Recuperado de <http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>
- Zamora, N. (2012). *Análisis del INBioparque como un espacio educativo y recreativo para la conservación de la biodiversidad en Costa Rica*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.