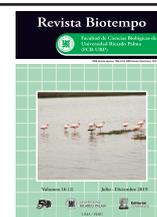




Biotempo (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

SUSTAINABLE ESTIMATION OF ENVIRONMENTAL ECONOMY AND ECOLOGICAL ECONOMY: ONE FACE, TWO COINS

ESTIMACIÓN SOSTENIBLE DE LA ECONOMÍA AMBIENTAL Y ECONOMÍA ECOLÓGICA: UNA CARA, DOS MONEDAS

George Argota-Pérez¹; José Iannacone^{2,3}; Carlos Córdova-Salas^{4a} & José C. Rodríguez-Chacón^{4b}

¹ Centro de Investigaciones Avanzadas y Formación Superior en Educación, Salud y Medio Ambiente "AMTAWT", Puno-Perú. george.argota@gmail.com

² Laboratorio de Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Ricardo Palma (URP). Lima-Perú. joseiannacone@gmail.com

³ Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Lima-Perú;

⁴ Universidad Nacional "San Luis Gonzaga". Ica-Perú.

^a Facultad de Agronomía. carlos_r_1958@hotmail.com

^b Facultad de Mecánica y Eléctrica. jcrch_60@hotmail.com

Author for correspondence: george.argota@gmail.com

ABSTRACT

The environmental protection of resources must represent a social responsibility and only like that, human welfare could be guaranteed. The aim of study was to estimate the sustainability of environmental economy and ecological economy. A rational formula was established for the estimation of sustainable environmental economy and ecological economy (SEEEEE) based on five indicators: 1st) estimated cost of resource, 2nd) cost of temporary benefit, 3rd) social attributable impact, 4th) rate of necessary availability and 5th) value of future generational demand. Determining the following formula $\Sigma (ECR + CTB + SIA + RNA + VFGD) / 5$. From the concentration of lead and cadmium in the waters of San Juan ecosystem of Santiago de Cuba-Cuba, the measurement criterion (high, medium and low) was defined for action estimation of resource (immediate protection, protection not immediate and conserved). It was concluded that the established formula allowed the understanding of rational and sustainable use of environmental resources because it is the same scenario of thought that can be assessed in the present (Environmental Economy) and for the future, showing more concern and commitment (Ecological Economics).

Keywords: environmental economics – ecological economics – efficiency –management – sustainability

RESUMEN

La protección ambiental de los recursos ambientales debe representar una responsabilidad social y solo así, podría garantizarse el bienestar humano. El objetivo del estudio fue, estimar la sostenibilidad de la economía ambiental y economía ecológica. Se estableció de forma relacional una fórmula para la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica (ESEAE) con base a cinco indicadores: 1ro) costo estimado del recurso (CER), 2do) costo de beneficio temporal (CBT), 3ro) impacto social atribuible (ISA), 4to) tasa de disponibilidad necesaria (TDN) y 5to) valor de demanda futura generacional (VDFG). Determinándose la siguiente fórmula Σ (CER + CBT + ISA + TDN + VDFG) / 5. A partir de, la concentración de plomo y cadmio en las aguas del ecosistema San Juan de Santiago de Cuba, Cuba, se definió el criterio de medición (alta, media y baja) para la estimación sobre la acción del recurso (protección inmediata, protección no inmediata y conservado). Se observó que, las concentraciones de los metales superaron los límites permisibles donde no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las dos estaciones de muestreo seleccionadas. El valor obtenido de la ESEAE fue de 0,85 significando, protección inmediata para la acción del recurso. Se concluyó que, la fórmula establecida permitió la comprensión sobre el uso racional y sostenible de los recursos ambientales donde se condicionó un mismo escenario de pensamiento que pueda valorarse en el presente (Economía Ambiental) y para el futuro, mostrándose más preocupación y compromiso (Economía Ecológica).

Palabras clave: economía ambiental – economía ecológica – eficacia – gestión – sostenibilidad

INTRODUCCIÓN

La medición económica sostenible sobre la calidad ambiental resulta discutida desde diferentes externalidades, matices, eventualidades, derecho de la propiedad, estado de eficiencia económica y de la razón sobre la pérdida del bienestar (Butler *et al.*, 2005). Algunos enfoques incluso, pretenden establecer conexiones teóricas entre los sistemas ecológicos y económicos (Volk *et al.*, 2007; Jiajun *et al.*, 2014), pero dichas conexiones resultan complejas; posiblemente por la inexistencia valorativa en muchas legislaciones internacionales con razón a la orientación económica (Pérez *et al.*, 2011). A partir, de la década de 1970 se opinó sobre la necesidad de adoptar cambios sociales ante la crisis ambiental global donde múltiples preocupaciones pueden valorarse en los objetivos de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano celebrada en Estocolmo (1972), el Seminario de Belgrado (1975) y la Conferencia de Tbilisi (1977).

A la fecha, diversos temas relacionados con la búsqueda del equilibrio ambiental y protección de los recursos naturales, aparecen cada vez más en la literatura científica y la agenda de desarrollo para múltiples gobiernos. Entre los tópicos de interés se encuentran: la economía baja en

carbono (Jin *et al.*, 2014; Robertson, 2015), ecologización de la producción (Yong *et al.*, 2016; Cucchiella *et al.*, 2017), minería y conflictos sociales (Govindan *et al.*, 2014; Pimentel *et al.*, 2016) y el crecimiento sostenible (Sekulova *et al.*, 2013; Lorek & Spangenberg, 2014).

Aunque la dependencia humana de los sistemas ecológicos es fundamental (Moore *et al.*, 2013) debe entenderse que todo uso será consciente hacia los recursos renovables y no renovables (Ramírez & Anteno, 2014) de modo que, se produzca una complementariedad entre el carácter de la Economía Social y Economía Ecológica garantizándose la sostenibilidad (Franco, 2018; Martino *et al.*, 2018).

En tal sentido, puede interpretarse dos escenarios desiguales pero al mismo tiempo, ser convergentes. La ES resulta, cuando tiene utilidad de forma directa pudiendo ser los recursos apropiables, valorables y reconocidos como productivos. En cambio, la EE mide la necesidad de planificar toda utilización de los recursos incluyendo su renovabilidad al ser considerado todo recurso como limitante o escaso. Una diferencia entre los dos escenarios, quizás podría nominarse como: Economía Ambiental (EA) y Economía Ecológica (EE). Algunas de las características de la economía ambiental y la economía ecológica se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Economía ambiental (EA) vs economía ecológica (EE).

Aspectos	EA	EE
Atribución monetaria	Valoración monetaria hacia los problemas ambientales	Evaluación monetaria hacia los impactos ambientales generados por actividades económicas
Relación economía - naturaleza	Separación	Vinculación compatible
Enfoque	Estático: concepción sobre utilidad de recursos en el presente	Dinámico: concepción sobre utilidad del recursos en el presente y futuro
Disponibilidad tecnológica	Solución inherente	Solución no necesaria
Esencia del análisis	Costo-beneficio	Repercusión social y política estable que garantice el desarrollo y capacidad futura
Sostenibilidad de procesos	Inversión de capital para la incorporación tecnológica y sustitución manufacturada	Compatibilidad redistribuida entre el capital tecnológico y el desarrollo manufacturado

Para comprender cada una de las nominaciones un ejemplo resultaría ilustrativo. Transcurrido determinado tiempo (1), la disponibilidad de recursos (AAA y BBB) indicó sus valores utilitarios (X y Z) por interacción. Sin embargo, transcurrido un tiempo (2), no solo se redujo

el valor utilitario de cada recurso (A, BB) sino, que la interacción entre los dos recursos dejó de ser bidireccional donde la consecuencia durante T1 fue, no prevista con lo cual, la valoración necesaria e influyente entre los recursos (A y BB) resultaron en T2 como determinada (Fig. 1).

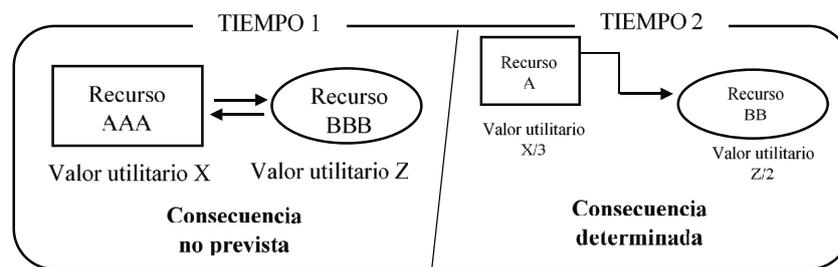


Figura 1. Consecuencia no prevista y determinada del valor utilitario / tiempo / economía ambiental – economía ecológica.

Las obras de Pigou (1974) y Coase (1992) pueden reconocerse como iniciales sobre las interpretaciones de la Economía Ambiental donde el punto común entre ellas se sustentó, en la resolución de las externalidades. Para el primer autor, el bienestar es lo trascendental de modo que, el Estado debe intervenir para indicar algún impuesto a pagar, cuando se demuestra un responsable y un afectado, es decir, todo aquel al contaminar debe asumir los perjuicios ocasionados y donde tendría que pagar un impuesto en función a los daños, además, de existir separación con relación a escenarios vulnerables. En cambio, el coste social es lo distintivo para el segundo autor donde se destaca, las regulaciones específicas por parte del Estado para lo cual, existen disposiciones dictaminadas y que deberán ser de estricto cumplimiento por parte de los interesados. A pesar de, lo señalado, una

de las preocupaciones relacionadas con los recursos, no está únicamente en cuánto podría costar la extracción de un recurso y por ende, establecer su precio sino, el reconocimiento de la demanda futura del recurso natural quien podría tener implicaciones limitantes (Hotelling, 1931). Dada tal concepción, Solow (1974) indicó dos condiciones:

- 1) Considerar que sería más rentable, extraer el recurso en el momento o dejarlo para luego; y
- 2) Maximización de la renta de escasez (precio del mercado según el coste marginal de extracción donde debe crecer al mismo ritmo que el tipo de interés).

Aunque, existen múltiples textos básicos que abordan temas vinculados con el potencial de desarrollo, planificación y bienestar, economía ambiental y la economía ecológica (Pearce, 1973; Norgaard, 1984; Chirstensen, 1989; De Serpa, 1993) aún, existe falta de claridad en encontrar determinada línea de pensamiento pero sí, parece estar reconocido la búsqueda hacia una base sistémica o integradora de los aspectos biofísicos que conciernen a la actividad económica.

El objetivo del estudio fue estimar la sostenibilidad de la economía ambiental y economía ecológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante algunos preceptos de la economía ambiental y economía ecológica se modeló de forma gráfica la visión sobre la sostenibilidad en el tiempo según, el impacto social de la empleabilidad, además, de la actividad rentable con relación a la demanda de cualquier recurso. Se estableció de forma relacional una fórmula para la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica (ESEAAE) con base en cinco indicadores:

$$\bullet \text{ ESEAAE} = \sum (\text{CER} + \text{CBT} + \text{ISA} + \text{TDN} + \text{VDFG}) / 5$$

Donde:

- ESEAAE = Estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica

- 1) Costo estimado del recurso = CER
- 2) Costo de beneficio temporal = CBT
- 3) Impacto social atribuible = ISA
- 4) Tasa de disponibilidad necesaria = TDA
- 5) Valor de demanda futura generacional = VDFG (constante = 1)

Nota: El valor de 5, representa la cantidad de indicadores

Para cada indicador se consideró, tres criterios de medición y un sistema de puntuación (Tabla 2).

Tabla 2. Indicadores / criterio de medición / puntuación del criterio de medición.

Indicadores	Criterio de medición	Puntuación del criterio de medición
CER	Alto	1,0
	Medio	0,75
	Bajo	0,50
CBT	Largo plazo	1,0
	Mediano plazo	0,75
	Corto plazo	0,50
ISA	Considerado no reversible	1,0
	Considerado reversible	0,75
	No considerado	0,50
TDA	Recurso muy limitante	1,0
	Recurso limitante	0,75
	Recurso no limitante	0,50

Costo estimado del recurso = CER. Costo de beneficio temporal = CBT.

Impacto social atribuible = ISA. Tasa de disponibilidad necesaria = TDA.

Valor de demanda futura generacional = VDFG

Asimismo, se estableció para el resultado final de la sumatoria y el cociente de la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica, un intervalo de puntuación (Tabla 3).

Tabla 3. Estimación sobre la relación de sostenibilidad ambiental y ecológica = ERSAE.

Criterio de medición	Acción del recurso	Intervalo de puntuación
Alta	Protección inmediata	0,81 – 1,0
Media	Protección no inmediata	0,66 – 0,8
Baja	Conservado	0,6 – 0,65

La ESEAAE se aplicó al valor de uso de las aguas expuestas a concentraciones totales de Pb y Cd en dos estaciones de muestreo que se seleccionaron mediante un muestreo

probabilístico aleatorio en el ecosistema San Juan de Santiago de Cuba, Cuba (Fig. 2).



Figura 2. Ecosistema San Juan (rectángulo) en Santiago de Cuba-Cuba.

Para el análisis de los metales las muestras de agua se colocaron en vasos de precipitados (250mL) donde se adicionaron 5mL de mezcla ácida: HClO_4 : H_2SO_4 (7:1) y 15mL de HNO_3 concentrado, realizando la digestión en plancha de calentamiento a 80°C , hasta la evaporación total de la mezcla de ácidos. Nuevamente se adicionó 5mL de HNO_3 concentrado en condiciones de calentamiento hasta la aparición de sales húmeda. Finalmente se trasvasó cuantitativamente a un frasco volumétrico (25mL) con ayuda de una disolución de ácido nítrico 0,7M para disolver las sales y luego, se enrasó con agua desionizada hasta un volumen de 100mL.

La cuantificación se realizó mediante la técnica, espectrometría de absorción atómica por plasma inductivamente acoplado con vista axial (ICP-AES). Las curvas de calibración se prepararon, a partir de reactivos de calidad espectral verificando las características metrologías del método. Se inició con una solución patrón de 1000 mg./L^{-1} y los estándares de calibración se prepararon por dilución con la misma solución de HNO_3 (0,7 M). Las concentraciones de Pb y Cd se evaluaron

mediante la Norma Cubana, NC 93-02: 1997 (Higiene Comunal, agua potable, requisitos sanitarios).

Se utilizó el programa estadístico profesional Statgraphics Centurion 18 para comparar mediante la prueba t-Student, los valores promedios de Pb y Cd considerando significativos los resultados cuando $p < 0,05$.

Aspectos éticos

Se consideró como aspecto ético en la investigación lo siguiente:

1. Derechos
 - a) Reconocimiento interactivo sobre el beneficio social mediante el constructivismo profesional de la información científica.
 - b) Indicación sobre la negación, si se estima conveniente por parte de los profesionales identificados según su competencia, a participar en el estudio.
2. Deberes
 - a) Propiciar espacios de diálogo para el reconocimiento y aplicación de los resultados.

Excluir toda posibilidad de engaños indebidos, influencia o intimidación para la comunicación científica de los resultados.

RESULTADOS

Considerando el principio de la Primera Ley de la Termodinámica donde la energía ni se crea, ni se destruye solo se transforma puede comprenderse que, la probabilidad de ocurrencia sobre cualquier daño adverso puede ser más perjudicial sí, el momento de retención del contaminante, varían las condiciones (Fig. 3).

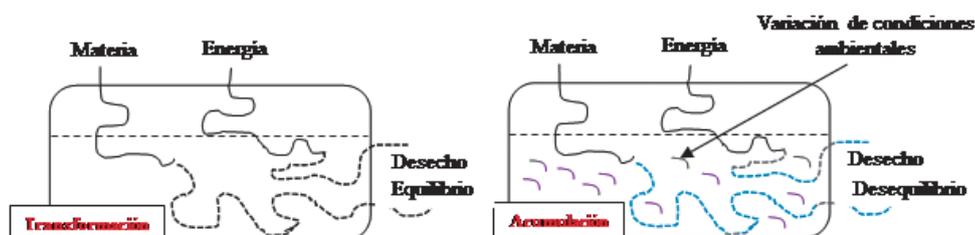


Figura 3. Principio de la termodinámica / aplicación a un ecosistema acuático / no exposición (transformación: izquierda), exposición (acumulación: derecha).

Por otra parte, al relacionarse la EA y la EE podría interpretarse que, toda actividad “supuestamente” rentable, al demandar recursos (ej.: hídrico) orientaría en el tiempo, a la disminución de la fuerza de trabajo que en principio sería reconocida como impacto social positivo destacándose elevada sostenibilidad para la actividad

que se desarrolla. Sin embargo, durante el transcurso del tiempo, la actividad puede ser poco rentable debido a, limitación sobre el recurso hídrico donde la fuerza laboral al ser sustituida, el impacto social por fuente de empleabilidad, resultará negativa condicionando baja sostenibilidad para la actividad económica (Fig. 4).

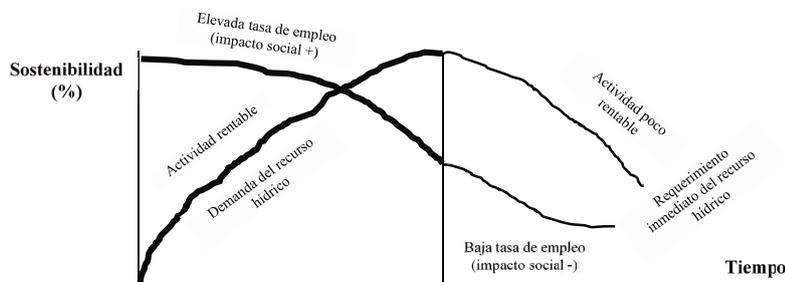


Figura 4. Visión de la economía ambiental y la economía ecológica.

La figura 4 identificó el criterio de medición y puntaje asignado para la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica. Se muestra las concentraciones de Pb y Cd en las aguas donde se superó, el límite permisible en las dos estaciones de muestreo. Asimismo, no se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las concentraciones de Pb (intervalo de confianza: -0,007; 0,003; $t = 0,96$; valor $P = 0,39$) y Cd (intervalo de confianza: -4,75; 1,95; $t = 1,15$; valor $P = 0,31$) (Tabla 4).

Tabla 4. Concentraciones de metales ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) / de agua.

Elementos	Estación I	Estación II	Referencia
Pb	0,021±0,003	0,023±0,002	0,05
Cd	16,84±1,74	18,24±1,16	0,005

Con las concentraciones de los metales halladas se estableció, el criterio de medición y su puntuación para la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica (tabla 5).

Tabla 5. Puntuación / relación de sostenibilidad ambiental y ecológica.

Concentración ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	Indicadores	Criterio de medición	Puntuación del criterio de medición	
	CER	Alto	1,00	
Pb	0,015–0,025	CBT	Mediano plazo	0,75
Cd	15,1–19,4	ISA	Considerado reversible	0,75
		TDA	Recurso limitante	0,75

Sustituyendo la puntuación del criterio de medición se obtiene el valor de la estimación sostenible de la economía ambiental y economía ecológica:

- $\text{ERSAE} = \sum (\text{CER} + \text{CBT} + \text{ISA} + \text{TDN} + \text{VDFG}) / 5$
- $\text{ERSAE} = (1,0 + 0,75 + 0,75 + 0,75 + 1,0) / 5$
- $\text{ERSAE} = (4,25) / 5$
- $\text{ERSAE} = 0,85$

DISCUSIÓN

El valor obtenido de la estimación sostenible de la EA y EE para las aguas del ecosistema San Juan fue de 0,85 lo cual significó, protección inmediata para la acción del recurso. Este resultado indicó la necesidad social de interesarse por mejorar la calidad del agua, pues de lo contrario, el equilibrio del propio ecosistema y aquellos servicios ambientales que del mismo se ofrece, estarían seriamente comprometidos. Pearce & Turner (1995) señalan que, la Economía como ciencia social se interesa por los aspectos del entorno ambiental cuando la depredación (externalidades ambientales negativas) de los recursos ambientales es significativa de manera que, los costes sociales a generarse, limitarían el crecimiento y desarrollo sobre la localidad adyacente al ecosistema San Juan.

Llanes (2012) indicó que, los propósitos de la EA para el desarrollo social se corresponden con la integración de corrientes de pensamientos que estén orientados a la resolución de problemas en forma integrada y en tal sentido, la EE surgió.

La principal limitación del estudio fue su comprobación en escenarios con datos reales aunque lo pretendido radicó en mostrar que, el rol para la protección de los recursos naturales debe ser holístico y para tal fin, los preceptos de desarrollo deben conducirse más allá del posible valor inmediato. La fórmula establecida permitió la comprensión sobre el uso racional de los recursos donde condicionó que no exista, expresión de escenario con pensamientos divergentes por el contrario, que sea valorada las demandas de recursos en el presente (EA) y para el futuro, mostrándose más preocupación y compromiso a las demandas de recursos ambientales de forma más sostenibles (EE).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Butler, C.D.; Corvalan, C.F. & Koren, H.S. 2005. Human health, well-being, and global ecological scenarios. *Ecosystems*, 8: 153–162.
- Chirstensen, P.P. 1989. Historical roots for ecological economics. *Ecological Economics*, 1: 17–36.
- Coase, R.H. 1992. The Institutional Structure of Production. *American Economic Review*, 82: 713–719.
- Cucchiella, F.; Gastaldi, M. & Trosini, M. 2017. Investments and cleaner energy production: A portfolio analysis in the Italian electricity market. *Journal of Cleaner Production*, 142: 121–132.
- De Serpa, A.C. 1993. Pigou and Coase in retrospect. *Cambridge Journal of Economics*; 17: 27–50.
- Franco, M.P.V. 2018. En busca de un paradigma científico en economía ecológica: la historia del pensamiento económico ecológico. *Ecological Economics*, 153: 195–203.
- Govindan, K.; Kannan, D. & Shankar, K.M. 2014. Evaluating the drivers of corporate social responsibility in the mining industry with multi-criteria approach: A multi-stakeholder perspective. *The Journal of Cleaner Production*, 84: 214–232.
- Hotelling, H. 1931. La economía de los recursos agotables. *Revista de Economía Política*, 39: 137–175.
- Jiajun, H.; Huimin, Z.; Hui, Z.; Xuan, G.; Mingwei, S.; Junhao, Z. & Xiaotao, L. 2014. Ecological risk and economic loss estimation of heavy metals pollution in the Beijiang River. *Ecological Chemistry and Engineering*, 21: 189–199.
- Jin, M.; Granda, M.N.A. & Down, I. 2014. The impact of carbon policies on supply chain design and logistics of a major retailer. *J. Clean. Prod.*; 85, 453–461.
- Llanes, J. 2012. *Introducción a la economía ambiental*. Editorial UH. 1^{era} Ed. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-7211-20-4
- Lorek, S. & Spangenberg, J.H. 2014. Sustainable consumption within a sustainable economy—beyond green growth and green economies. *The Journal of Cleaner Production*, 63: 33–44.
- Martino, S.; Tett, P. & Kenter, J. 2018. La interacción entre economía, poder legislativo e influencia social examinada a través de un marco socioecológico para los servicios de los ecosistemas marinos. *Science of The Total Environment*, 651: 1388–1404.
- Moore, J.; Kissinger, M. & Rees, W.E. 2013. Una evaluación del metabolismo urbano y la huella ecológica de Metro Vancouver. *Environmental Management Journal*, 124: 51–61.
- Múnera, O.D.J. & Restrepo, F.C. 2004. Costos Ambientales: Marco Conceptual y Métodos. *Semestre Económico*, 7: 159–193.
- Norgaard, R. 1984. Coevolutionary Development Potential. *Land Economics*, 60: 160–173.
- Pearce, D. & Turner, R. 1995. *Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente*. 2^{da} ed. Ed. Celeste. Madrid, España.
- Pearce, D.W. 1973. An incompatibility in planning for a steady state and planning for maximum economic welfare. *Environment and Planning*, 5: 267–271.
- Pérez, M.A.; Peña, M.R. & Alvarez, P. 2011. Agro Industria Cañera y uso del agua: análisis crítico en el contexto de la política de agrocombustibles en Colombia. *Ambiente & Sociedad* 14: 153–178.

- Pigou, A. 1974. *Introducción a la Economía*. Ed. Ariel. Madrid.
- Pimentel, B.S.; Gonzalez, E.S. & Barbosa, G.N. 2016. Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges. *The Journal of Cleaner Production*, 112: 2145–2157.
- Ramírez, H.V. & Antero, A.J. 2014. Evolución de las teorías de explotación de recursos naturales: hacia la creación de una nueva ética mundial. *Luna Azul*, 39: 291–313.
- Robertson, S. 2015. A longitudinal quantitative-qualitative systems approach to the study of transitions toward a low carbon society. *The Journal of Cleaner Production*, 128: 221–233.
- Sekulova, F.; Kallis, G.; Rodríguez-Labajos, B. & Schneider, F. 2013. Degrowth: from theory to practice. *The Journal of Cleaner Production*, 38: 1–6.
- Solow, R.M. 1974. The economics of resources or the resources of economics. *American Economic Review*, 64: 1–14.
- Volk, M.; Hirschfeld, J.; Schmidt, G.; Bohn, C.; Dehnhardt, A. & Liersch, S. & Lymburner, L. 2007. A SDSS-based ecological-economic modelling approach for integrated river basin management on different scale levels - The project FLUMAGIS. *Water Resources Management*, 21: 2049–2061.
- Yong, J.Y.; Klemeš, J.J.; Varbanov, P.S. & Huisingh, D. 2016. Cleaner energy for cleaner production: modelling, simulation, optimisation and waste management. *The Journal of Cleaner Production*, 111: 1–16.

Received May 26, 2019.

Accepted October 26, 2019.