

PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL A ESCALA LOCAL. CASO DE ESTUDIO UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS

Jorge Leiva Mas, Cándido Quintana Pérez, Iván Rodríguez Rico
Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Santa Clara

En el trabajo se realiza un estudio de los principales sistemas de indicadores de sostenibilidad que de forma más exitosa han sido aplicados a escala internacional, entre ellas, la de la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Organización para la Cooperación y Desarrollo económico (OCDE), Statistical Office of the European Communities. (Eurostat), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), División de estadísticas de la ONU, (UNSD), entre otras iniciativas. /2. Para optimizar esfuerzos y tiempo en la captación de los datos y en el procesamiento de la información se realizó un tamizado de todas las variables incluidas en los diferentes sistemas, para ello se definió un índice de importancia relativa, mediante este índice se definen las variables ambientales más significativas a escala global. Posteriormente se definen los indicadores a evaluar en cada una de las variables ambientales, esto se hace en función del diagnóstico ambiental de la región que se pretende evaluar. Para el procesamiento matemático ha sido empleado el software profesional Mesarovic Globesigth, el cual ha sido donado por la cátedra de sostenibilidad de la UNESCO en Cataluña, /4. El método se está aplicando en el campus de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, pero puede ser extrapolado a otras regiones y entidades del país.

En resumen se presenta un método para evaluar la sostenibilidad ambiental a escala local que sirve como instrumento en la toma de decisiones a diferentes niveles, permite evaluar ambientalmente un territorio o entidad, así como los proyectos de este tipo que se lleven a cabo en la región y constituye un elemento más en la educación ambiental de todos los actores sociales.

Los sistemas de indicadores obtenidos por este método están en correspondencia con los principales indicadores que se reportan en nuestro sistema nacional de indicadores ambientales, al cual tributan y complementan armónicamente.

Palabras clave: indicadores de sostenibilidad; sistemas de indicadores; sostenibilidad ambiental.
Abstracts.

A study of the main systems of sustainability indicators is realized: Commission of Sustainable Development of the United Nations, Organization for the Cooperation and economic Development (OECD), Statistical Office of the European Communities. (EUROSTAT), Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE), Division of statistics of the UN, (UNSD), and others initiatives. (Quiroga, 2001). In order to optimize efforts and time in the pickup of the data and the information processing a screening of all the variables including in the different systems was defined an Index of Relative importance, by means of this index define more significant the environmental variables on global scale. Later the indicators are defined to evaluate in each one of the environmental variables, this is based on the environmental diagnosis of the region that is evaluate. For the mathematical processing the professional software Mesarovic Globesigth has been used, which has been donated by the Chair of sustainability of UNESCO in Catalonia, (Sureda B, 2002). The method is being applied in the campus of the Central University “Marta Abreu” de Las Villas, but it can be extrapolated to other regions and organizations of the country. In summary a method permit to evaluate the environmental sustainability on local scale and serves as instrument in the decision making at different levels, allows to evaluate a territory or organization environmentally, as well as the projects of this type which they are carried out in the region and constitutes an element more in the environmental education of all the social actors. The systems of indicators obtained by this method are in correspondence with the main indicators that are reported in our national system of environmental indicators.

Key words: indicators of sustainability indicator systems, environmental sustainability.

Introducción

Desde hace varios años existe la preocupación por determinar los impactos negativos causados por el hombre a la naturaleza para satisfacer sus necesidades, no obstante la creación de mecanismos efectivos para abordar la temática es novedosa, los primeros intentos datan de la década de los noventa del pasado siglo. Uno de los pioneros en realizar advertencias sobre los impactos causados por el hombre a la naturaleza fue SCOPE, Comité Científico en Problemas Ambientales (*Scientific Committee on Problems of the Environment of ICSU, International Council of Scientific Unions*). /1/.

Diferentes organizaciones internacionales han establecido temáticas básicas para la evaluación del grado de sostenibilidad en diferentes regiones, países u otros escenarios, pero es necesario tener en cuenta que los indicadores reflejan el estatus político, la forma de gobierno, la cultura e idiosincrasia de los pueblos, por ello el diseño de un sistema de indicadores debe estar sujeto a las tendencias establecidas a escala internacional pero considerando las particularidades específicas de cada región donde se aplicaran. Un sistema de indicadores de sostenibilidad no puede ser extrapolado de una región a otra sin realizarles los ajustes y valoraciones necesarios para adaptarlos a los nuevos escenarios. /2-5/.

Por lo anteriormente expuesto, se comprende la necesidad de contar con sistemas de indicadores de sostenibilidad, que permitan evaluar el desempeño ambiental de las regiones de Cuba. En este trabajo se propone el diseño de un sistema de indicadores de sostenibilidad específicamente para la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, esto adquiere mayor significación al servir de modelo, o de laboratorio para su extrapolación a otros territorios y entidades.

Fundamentación teórica

El desarrollo sostenible no se centra exclusivamente en las cuestiones ambientales. En términos más generales, las políticas de desarrollo sostenible afectan a tres áreas: económica, ambiental y

social. En apoyo a esto, varios textos de las Naciones Unidas, incluyendo el documento final de la cumbre mundial de 2005, se refieren a los tres componentes del desarrollo sostenible, que son el desarrollo económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente, como "pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente".

De las más de 300 definiciones de desarrollo sostenible existentes /6/ la más utilizada es la enunciada en el informe Brundtland. Según ésta, el desarrollo sostenible (comisión mundial del medio ambiente y del desarrollo. 1988) es "el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades". /7/.

Indicadores

El concepto indicador, proviene del verbo latino *indicare*, que significa indicar, mostrar una cosa con indicios y señales. Y aplicado a la sustentabilidad, es el parámetro que proporciona información sobre el estado de la relación sociedad-naturaleza.

La OCDE considera que un indicador es un parámetro, o valor derivado de otros parámetros, dirigido a proveer información y describir el estado de un fenómeno con un significado añadido mayor que el directamente asociado a su propio valor. A su vez, este organismo define el concepto de índice como un conjunto agregado o ponderado de parámetros o indicadores. /8/.

De acuerdo con lo anterior y según el documento Indicadores ambientales. Una propuesta para España": un indicador ambiental es, por tanto, una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido al derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones.

Así, un indicador medioambiental se convierte en un indicador de sostenibilidad con la adición de los factores de tiempo, límites y objetivos /9/. En

definitiva, un indicador de sostenibilidad podrá ser aplicado de forma simple a dimensiones concretas del desarrollo sostenible, por ejemplo la sostenibilidad económica, o bien aplicarse a la sostenibilidad integral, es decir, aglutinando tanto componentes ecológicos, como sociales y económicos. En este último caso, estaremos hablando de indicadores de sostenibilidad integral.

Resultados y discusión

Principales sistemas de indicadores de sostenibilidad a escala mundial

A continuación se presentan las iniciativas más relevantes a escala internacional para el diseño y aplicación de sistemas de indicadores ambientales de sostenibilidad. Los resultados corroboran los criterios de Rayen Quiroga /2/, especialista de la CEPAL y líder en la región de América Latina y el Caribe en la temática de indicadores de sostenibilidad.

1. Comisión de desarrollo sostenible de las naciones unidas. (CDS).(UN,2007)
2. International center for tropical agriculture, banco mundial y programa de la naciones unidas para el medio ambiente.(CIAT-BM-PNUMA)
3. Agencia Europea sobre Medio Ambiente. (EEA, 2000).
4. Organización para la cooperación y desarrollo económico (OCDE)
5. Scientific committee on problems of the environment. (SCOPE) (SCOPE, 2000)
6. Statistical office of the european communities. (Eurostat) (Comisión Europea, 2006)
7. División de estadísticas de la ONU, (UNSD)
8. Instituto worldwatch “Vital Signs” (Vital Signs, 2008).
9. World resources institute. (World Resources, 2008).

Propuesta de indicadores de sostenibilidad para Cuba

Para el análisis de los indicadores a considerar se estudiaron las iniciativas más relevantes mencionadas con anterioridad, pero se adaptaron en función de los diagnósticos disponibles así como por la estrategia ambiental local, regional y nacional de la Republica de Cuba /3/.

Desde el punto de vista metodológico y práctico los indicadores de sostenibilidad pueden ser diferenciados en cuatro grandes subgrupos, estos son:

1. Indicadores sociales.
2. Indicadores institucionales.
3. Indicadores económicos.
4. Indicadores ambientales.

El basamento metodológico del sistema de indicadores propuesto evaluará solamente los indicadores ambientales, el resto de los indicadores: sociales, institucionales y económicos se consideran como premisas básicas imprescindibles para la aplicación del sistema, esta consideración se basa en los siguientes elementos:

- No aportarían diferencias significativas al evaluarlos en diferentes espacios o tiempo en el contexto de Cuba.
- Garantizan un adecuado nivel de cumplimiento, lo que supone un estándar de vida decoroso.
- Nos diferencian significativamente de otros países o regiones.

Indicadores ambientales

Para conocer las temáticas que mas frecuentemente son utilizadas para medir el desempeño ambiental se revisaron las iniciativas más relevantes definidas anteriormente. Existen en total 30 temáticas que indistintamente se utilizan en uno u otro sistema de indicadores de sostenibilidad. En la tabla 1 se reportan las variables ambientales mas frecuentemente empleadas en los diferentes sistemas.

Tabla 1
Variables empleadas por los diferentes sistemas de indicadores ambientales

Variables	Nombre	Variables	Nombre
X1	Atmósfera y cambio climático	X16	Pesca
X2	Tierra	X17	Vivienda
X3	Océanos mares y costa	X18	Salud humana
X4	Agua	X19	Ruidos
X5	Biodiversidad	X20	Escenarios
X6	Manejo y generación de residuos	X21	Ambiente urbano
X7	Uso de la energía	X22	Eutrofización
X8	Población	X23	Acidificación
X9	Desarrollo económico	X24	Agotamiento de los recursos
X10	Desarrollo social	X25	Desastres naturales
X11	Alimento y agricultura	X26	Medio ambiente
X12	Bosques y manglares	X27	Guerras y conflictos
X13	Industria y materiales	X28	Comunicación y transporte
X14	Información y participación	X29	Genero y desarrollo
X15	Químicos	X30	Institución y gobernabilidad.

La evaluación del desempeño ambiental de un país, región u organización debe ser lo mas precisa posible pero a su vez debe hacerse por un procedimiento metodológico rápido y de fácil comprensión, por ello fue preciso realizar un tamizado de todas las variables incluidas en los diferentes sistemas.

Procedimiento para el tamizado de las variables. Metodología para el cálculo de la importancia relativa de las variables

1. Repetitividad de la variable (R), en los diferentes sistemas analizados.

$$R = (n/N),$$

donde:

n es el numero de veces que aparece la variable en los diferentes sistemas y

N es el numero total de sistemas analizados, (9).

2. Extensión relativa de la variable (ER), en los diferentes sistemas analizados.

- Se busca la fracción de aplicabilidad, (FA), número de países que aplican de forma sistemática cada sistema de indicadores dividido

por el número total de países reportados, (según la ONU).

$$FA = np/nt$$

donde:

np es el numero de países que aplican de forma sistemática cada sistema de indicadores y

nt es el numero total de países reportados, 238.

- Se busca la extensión relativa de la variable, (ER)

$$ER = S FA$$

donde:

S FA significa la sumatoria de todas las fracciones de aplicabilidad donde aparece la variable.

El valor de la extensión relativa de la variable se normaliza para su mejor comprensión y hacer más fáciles los cálculos e interpretaciones correspondientes.

3. Índice de Importancia relativa de la variable.(IR)

$$IR = (R+ER)/2.$$

4. Definir el umbral de corte del indicador importancia relativa (IR).

Aplicación del procedimiento para el tamizado de las variables

El procedimiento para el tamizado de las variables fue realizado en hojas de cálculo en Excel. A continuación se muestra el gráfico resumen del tamizado de las variables.

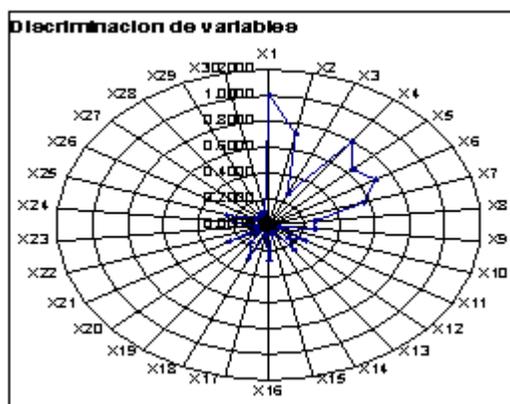


Gráfico 1. Resultados finales obtenidos por el procedimiento de discriminación de variables.

Leyenda: las variables desde X1 hasta X30 son las mismas reportadas en la tabla 1.

Tabla 2
Variables ambientales que presentan los mayores valores de índices de importancia relativa

VARIABLES	NOMBRE	ÍNDICE DE IMPORTANCIA RELATIVA
X1	Atmósfera y cambio climático	1,000 0
X2	Tierra	0,720 3
X4	Agua potable	0,792 9
X5	Biodiversidad	0,641 6
X6	Manejo y generación de residuos	0,696 9
X7	Uso de energía	0,561 5

Procedimiento de identificación de los indicadores ambientales

Cada una de las seis variables ambientales seleccionadas incluye un número determinado de indicadores, entonces resulta necesario definir los indicadores que realmente resulten significativos en dicha variable. Si realizamos una simple agregación de indicadores el resultado no será satisfactorio, ya que los daños e impactos significati-

vos causados al medio ambiente que comprometen el desarrollo futuro de la región o entidad no se visualizan con la claridad necesaria.

Hasta este punto los elementos en el diseño del sistema de indicadores pueden ser aplicados en cualquier región u organización de nuestro país. Los elementos propios de cada región, municipio, empresa u otra forma organizativa se contemplan en la propuesta metodológica a continuación.

La metodología propuesta es la siguiente:

1. Revisar por cada variable ambiental los daños e impactos que aparecen reportados en los diagnósticos ambientales /10/.
2. Establecer los indicadores correspondientes en función del punto anterior.
3. Ordenar los indicadores en función del marco de presentación establecido. (se recomienda el marco de presentación PER).
4. Analizar la correspondencia del indicador con la propuesta de indicadores nacionales.
5. Incluir, excepcionalmente, algún indicador que no se ajuste a las variables ambientales definidas por el Índice de Importancia Relativa.

Aplicación de la metodología. Caso de estudio Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Tabla 3
Indicadores de presión, estado y respuesta para cada una de las variables ambientales seleccionadas en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

Variable: atmósfera y cambio climático		
Indicadores de presión	Indicadores de Estado	Indicadores de Respuesta
<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de SO_x (t/año). • Emisión de CO_x (t/año). • Emisión de NO_x (t/año). • Emisiones de Material Particulado (t/año). 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de SO_x (ppm) • Concentración de NO_x (ppm) • Concentración de CO_x (ppm) • Concentración de Material particulado (mg/m³). 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasto en la disminución de contaminación atmosférica. • % de Fuentes Fijas con Sistema de Control de Emisiones • Normas y Leyes de Emisión (sí/no)
Variable: Tierra		
Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuesta
<ul style="list-style-type: none"> • Áreas docentes, de residencias y de extensión universitaria (ha ocupadas / ha totales) 	<ul style="list-style-type: none"> • % de áreas verdes y de jardinería. 	<ul style="list-style-type: none"> • Programa de ordenamiento territorial (sí/no) • Gastos mejora de áreas verdes y jardinería.
Variable: Agua Potable		
Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo Anual de Agua per cápita (m³/persona) • Vertimientos no Tratados (m³/persona) 	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de Aguas (según NC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Gasto en mejoras del sistema de tratamiento, conducción y uso eficiente del agua. • Gasto en la disminución de contaminación por residuales líquidos.

Variable: Biodiversidad		
Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida Anual de Areas Naturales (ha) 	<ul style="list-style-type: none"> • % de Áreas Naturales (%) • Especies en Peligro (como % del total) • Tasa de Extinción de Especies (%) • % de Especies Endémicas 	<ul style="list-style-type: none"> • % del Territorio Protegido (%) • Inventarios de Biodiversidad (sí/no) • Recursos Invertidos en Investigación y protección de la Biodiversidad. (\$)
Variable: Generación y manejo de Residuos		
Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • Generación de Residuos Peligrosos (Kg./persona) • Generación de Residuos Municipales per capita (Kg./persona.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio de Recolección de Residuos según NC (sí/no). 	<ul style="list-style-type: none"> • % Residuos Reciclados • % de Residuos Municipales y Peligrosos Dispuestos Correctamente. • Gasto en la disminución de contaminación por Residuos sólidos.
Variable: Uso de Energía		
Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores de respuestas
<ul style="list-style-type: none"> • Consumo de Energía eléctrica per cápita (Kw./persona). • Toneladas de petróleo equivalente consumidas. (TPE/persona) 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación de consumo Energía Renovables/ Energía no Renovables (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial de Bioenergías (Mw.)

Software mesarovic globesight

El software fue donado por la cátedra de sostenibilidad de la UNESCO en Cataluña, el mismo puede ser empleado para el procesamiento de los datos y la presentación grafica de los resultados de todas las variables ambientales, así como de todos los indicadores ambientales que las conforman.

A modo de ilustración se presentan los resultados obtenidos con indicadores ambientales de la variable Agua. En el grafico 2 aparece el consumo de agua per cápita en la universidad Central en los últimos años. Este grafico y los siguientes han sido obtenidos a partir del Mesarovic Globesight.

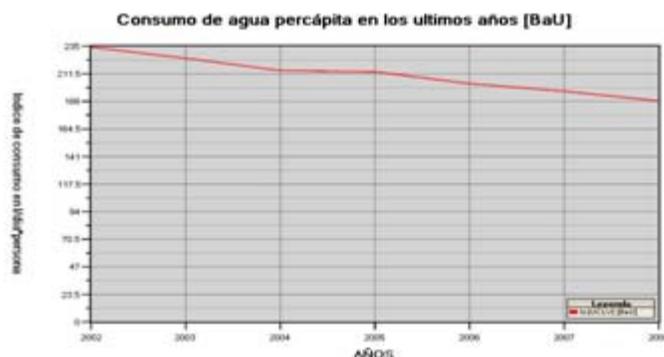


Gráfico 2. Consumo real de agua per cápita en la Universidad Central en los últimos años.

Dentro de las posibilidades del software utilizado está la creación de futuros escenarios, a modo de ilustración, recrearemos el escenario II, con una perspectiva hasta el año 2015.

Este escenario II presupone que el número de personas en la universidad continúa, hasta el 2015, con la tendencia de crecimiento de los últimos años, en este escenario existes tres variantes, la variante IV presupone que no se realizaran inversiones en el sistema de distribución y consumo de agua, la disminución del índice, en

este caso, solo obedece al incremento del numero de persona, no existe una reducción real del consumo de agua, ni existe garantía de satisfacción de todas las necesidades. La variante V considera inversiones capitales donde se resuelvan los problemas de distribución y consumo de agua en el transcurso de solo un año, y la variante VI, considera, por su parte, le ejecución escalonada de inversiones hasta el 2015, que garantice en ese año un consumo ideal per cápita de agua. El gráfico 3 con las variantes del escenario II, aparece a continuación.

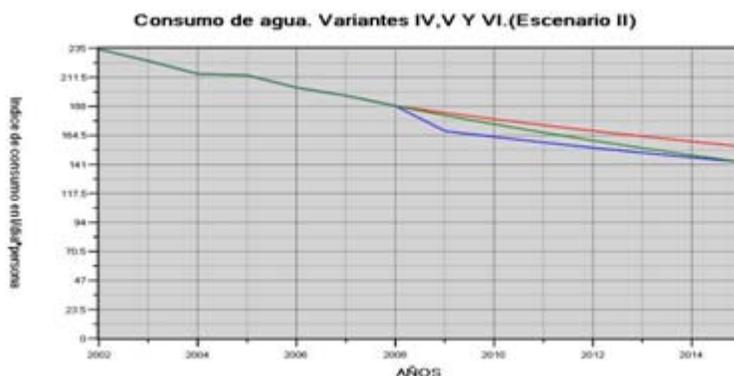


Gráfico 3. Tendencia en el consumo de agua per cápita en la Universidad Central según escenario II.

En el gráfico anterior se considera un incremento sostenido del numero de personas en la Universidad, similar al experimentado durante los últimos años, según esta tendencia en el 2015 existirán en la universidad 10414 personas y el índice de consumo de agua será de 143,0 l/día*persona. Estos pronósticos dan una valiosa información referida a consumos, necesidad de equipamientos, disponibilidad de recursos, compatibilización con empresas suminis-

tradoras, entre otras acciones que tributan a la sostenibilidad integral.

Conclusiones

1. Se reportan varias definiciones de desarrollo sostenible, las más aceptadas internacionalmente son atractivas y poco comprometedoras.

-
2. Existen diferentes iniciativas internacionales referidas a indicadores de sostenibilidad, reflejando cada una los modos y estilos de vida, así como los intereses y objetivos de sus autores.
 3. Se ha definido un indicador de importancia relativa que permite seleccionar las variables ambientales más representativas a incluir en el sistema de indicadores de sostenibilidad ambiental.
 4. Ha sido definido un procedimiento para la selección de los indicadores a incluir en las variables ambientales.
 5. El *software mesarovic globesigth* es una valiosa herramienta que permite procesar y presentar gráficamente los resultados de indicadores y variables ambientales, al mismo tiempo permite la construcción de escenarios futuros.
 3. Leiva Mas J. "Selección de variables para la evaluación del desarrollo sostenible a escala local Memorias tercer Simposio Internacional de Química". Santa clara, Cuba 5 -8 de Junio (2007), ISBN 978-959-250-337-3.
 4. Sureda, B., "Hacia la valoración de la sostenibilidad de una región teniendo en cuenta su capacidad de carga y sus aspectos sociales, según los diferentes criterios de sostenibilidad", En VI Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid: Fundación CONAMA, 2002.
 5. E. Carreras, JJ Felipe, B. Sureda, N. Tollin. "Composite Indicators: A methodology proposal for alternative design. I International Conference on Sustainability Measurement and Modelling". Terrassa, España, 16-17 de noviembre 2006. ISBN 84-96736-36-7.
 6. Hodge, A., Hardi, P., & Bell, D., "Seeing change through the lens of sustainability". En Beyond Delusion: Science and Policy Dialogue on Designing Effective Indicators of Sustainable Development. Costa Rica: International Institute for Sustainable Development. En <http://www.rmi.org/images/other/ER-InOpp-SeeingChange.pdf> Revisado el 19 de mayo de 2007.
 7. ONU. "Documento final de la cumbre mundial de 2005 <http://www.un.org/spanish/summit2005/>". Revisado el 27 de febrero de 2008.
 8. OECD, "Core set of indicators for environmental performance reviews. Environmental monographs". Paris, OCDE/GD (98), págs. 179,39, 1998.
 9. Mesarovic, M D., McGinnis, D.L., and West, D.A., "Cybernetics of Global Change: Human Dimension and Managing of Complexity", MOST Policy Paper 3, UNESCO, Paris, 1999.
 10. IVMA. "Estrategia ambiental de la Universidad Central de las Villas". Instituto virtual de medio Ambiente. Universidad Central de las Villas. 2005.

Bibliografía

1. SCOPE, "Environmental indicators, a systematic approach to measuring and reporting on the environment in the context of sustainable development in, indicators of sustainable development for decision-making", Eds. N. Gouzee, B. Billharz, Federal Planning Office, Bruselas: 1-25, 2000.
2. Quiroga M Rayen, "Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas. División de medio ambiente y asentamientos humanos", Series manuales # 16. CEPAL, ECLAC, Naciones Unidas, Santiago de Chile, ISBN 92-1-321911-3 págs. 117, 2001.