

# Análisis envolvente de datos en la construcción de indicadores sintéticos: una aplicación al turismo de naturaleza en Cuba

Víctor E. Pérez León<sup>1</sup> / Rafael E. Caballero Fernández<sup>2</sup>  
/ Flor María Guerrero Casas<sup>3</sup> / Fátima Pérez García<sup>2</sup>

**RESUMEN.** En el presente trabajo se propone una nueva metodología para la creación de indicadores sintéticos de sostenibilidad, que constituye un aporte a las ya existentes. La propuesta incluye el empleo del Análisis Envolvente de Datos (DEA), de modo que los resultados obtenidos sean de fácil comprensión por el usuario final y se solucionen aspectos señalados como objeción a los actuales métodos de agregación existentes, como son la determinación de los pesos, la aplicación de un procedimiento de normalización, y la agregación en sí. La propuesta se aplica en las zonas que representan la oferta de turismo de naturaleza de Cuba.

**Palabras clave:** Análisis Envolvente de Datos (DEA), indicadores sintéticos, sostenibilidad, turismo de naturaleza.

## 1. INTRODUCCIÓN

La garantía de la sostenibilidad constituye un requisito indispensable para el desarrollo del turismo, en especial, el turismo de naturaleza. En ese sentido, el empleo de indicadores resulta beneficioso, por lo que muchos organismos internacionales (OMT, 2004; OECD, 2003; World Bank, 1997; U.N., 1998) e investigadores (Díaz y Norman, 2006; Sancho *et al.*, 2007; Pérez *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2009; Blancas *et al.*, 2010), han contribuido al desarrollo de estas herramientas, que proporcionan información útil para la prevención de problemas económicos, sociales o ambientales, y sirven además para formular estrategias y comunicar ideas (Lundin, 2003; Singh *et al.*, 2009).

Dada la utilidad de los indicadores para medir la sostenibilidad, y las ventajas del turismo para elevar el nivel de vida de las comunida-

des receptoras, el objetivo del presente trabajo consiste en desarrollar una nueva metodología para construir indicadores sintéticos de sostenibilidad. El mismo se lleva a cabo en las zonas donde se desarrolla el turismo de naturaleza en la República de Cuba. La metodología propuesta comprende el empleo del Análisis de Componentes Principales (ACP) y la distancia a una situación de referencia para la creación de indicadores sintéticos para cada una de las dimensiones del concepto avaluado; posteriormente, se propone el Análisis Envolvente de Datos (DEA) para confeccionar una medida global de sostenibilidad.

Para cumplir con el objetivo planteado el estudio se ha estructurado de la siguiente forma. En el epígrafe siguiente se definirán las zonas con potencialidades para el desarrollo del turismo de naturaleza en Cuba. En el apartado tercero se determinará el sistema de indicadores para medir la sostenibilidad del turismo en estas zonas. Seguidamente se expondrá la metodología propuesta para el cálculo de los indicadores sintéticos de sostenibilidad y se presentan los resultados obtenidos. Por último, se exponen las principales conclusiones extraídas al respecto.

<sup>1</sup> Departamento de Matemáticas, Universidad de Pinar del Río, vp\_leon@mat.upr.edu.cu

<sup>2</sup> Departamento de Economía Aplicada (Matemáticas), Universidad de Málaga, España, rafael.caballero@uma.es y f.perez@uma.es.

<sup>3</sup> Área de Métodos Cuantitativos e Historia Económica, Universidad Pablo de Olavide, España, fguecas@upo.es

## 2. ZONAS DE DESARROLLO DEL TURISMO DE NATURALEZA EN CUBA

Como resultado del trabajo realizado por parte del Grupo de Trabajo de Turismo de Naturaleza, se identificaron 15 zonas que resultan de interés para la realización de un estudio de sostenibilidad de las cuales, tres, están incluidas en la Zona de Turismo Sustentable del Caribe.

Durante la selección se tuvieron en cuenta las zonas en las cuales existen instalaciones hoteleras que ofrecen servicios de alojamiento al turismo internacional, con la intención de obtener datos acerca de los turistas días y los porcentajes de ocupación en dichas instalaciones. Asimismo, en las zonas que abarcan más de un municipio, se tomaron como representativos de estas aquellos que de igual forma tuvieran instalaciones de alojamiento reglado. Una vez definidas, se pasa a relatar el modo en que se obtuvieron los indicadores mediante los cuales se medirá la sostenibilidad de las mismas.

## 3. INDICADORES SELECCIONADOS PARA MEDIR LA SOSTENIBILIDAD

A partir de varios estudios y tomando como base el Manual de Procedimientos para Entrenadores en Turismo Sustentable propuesto por Díaz y Norman (2006) y la Guía Práctica de Indicadores de Desarrollo Sostenible para los Destinos Turísticos, OMT (2004), durante la realización del Taller sobre Indicadores de Turismo Sostenible para el destino Viñales, celebrado del 3 al 5 de Junio de 2008 en el municipio Viñales, Pinar del Río, se consultó a un grupo de especialistas con el objetivo de que seleccionaran los indicadores que consideraban importantes para realizar un estudio de sostenibilidad en las zonas de desarrollo del turismo de naturaleza, de acuerdo a sus conocimientos sobre el tema. Para este proceso de selección se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Disponibilidad de datos en las distintas fuentes para calcular el indicador.
- Posibilidad de establecer una comparación entre las zonas seleccionadas.
- Intensidad con que el indicador mide el aspecto por el cual se escogió aportando diferencias entre las zonas que serán comparadas.

De este modo, se obtuvo un listado final de 39 indicadores divididos en: 11 indicadores sociales, 14 indicadores económicos y 14 indicadores patrimoniales. Dentro de los indicadores sociales examinamos información respecto al mejoramiento en las condiciones de vida de la comunidad como resultado de la actividad turística, la capacidad de carga social de los destinos, los cambios en la ocupación tradicional o modificaciones en el comportamiento, que sean motivo de insatisfacción por parte de los residentes y de los visitantes, la capacidad del turismo como generador de puestos de trabajo, la percepción de seguridad o peligro de las distintas zonas así como la calidad de los servicios públicos.

Con respecto a los indicadores económicos, analizamos información acerca del nivel de satisfacción de los turistas, el grado de estacionalidad del turismo, la gama de servicios turísticos que se ofrecen, el diseño de la infraestructura y la accesibilidad, los beneficios económicos derivados del turismo, y el porcentaje de ejecución y cumplimiento del plan de ordenamiento territorial del municipio, representativo del nivel de desarrollo deseado para cada territorio, a partir de sus condiciones naturales, su infraestructura técnica, la actividad económico-productiva y los sistemas de asentamientos humanos.

Por último, la dimensión patrimonial incluye datos sobre consumo energético, consumo de agua y seguridad de su suministro, generación y reducción de residuos, nivel de limpieza, intensidad de uso de los recursos, así como los impactos del turismo a nivel ambiental y cultural.

Se utilizaron 23 indicadores objetivos y 16 subjetivos. Los objetivos son los provenientes de fuentes de datos estadísticos, como oficinas de estadísticas, balance anual de los diferentes establecimientos y entidades, informes de datos de las empresas, etc. En cambio, los indicadores subjetivos son los que encuadran las percepciones de los implicados en el turismo, ya sea los pobladores de la localidad donde tiene lugar la actividad turística o los turistas que la visitan.

## 4. METODOLOGÍA PARA CALCULAR INDICADORES SINTÉTICOS DE SOSTENIBILIDAD

Para calcular los indicadores sintéticos para cada dimensión del concepto evaluado, se optó

por el indicador de Distancia por Componentes Principales (DCP) (Lozano *et al.*, 2009; Blancas *et al.*, 2010); luego, a partir de los indicadores dimensionales obtenidos, se propone la aplicación de DEA (Análisis Envolvente de Datos); esto es, el “enfoque beneficio de la duda” (Storrie y Bjurek, 1999; 2000; Cherchye, 2001; Cherchye y Kuosamen 2002; Cherchye *et al.*, 2006, 2007), que fue originalmente propuesto para evaluar el rendimiento macroeconómico (Melyn y Moesen, 1991). De modo que se obtiene para cada zona el indicador sintético Análisis Envolvente de Datos después de Distancia por Componentes Principales (DEACP).

En este enfoque, el indicador sintético se define como el ratio entre el la suma ponderada de los outputs (indicadores del tipo cuánto más mejor) correspondientes a una unidad y la suma ponderada de los inputs (indicadores del tipo cuánto menos, mejor). El objetivo es determinar, para cada unidad, el conjunto de pesos o ponderaciones que le proporciona la máxima eficiencia, representada por el ratio output virtual/input virtual.

Como todos los indicadores dimensionales son positivos, representan los diferentes outputs, y se asigna un input con valor uno a cada unidad, de modo que el valor del indicador sintético se corresponde con el del output virtual. Este modelo es equivalente al original modelo DEA-CCR orientado al input con rendimientos constantes a escala, presentado por Charnes *et al.* (1978), tal como señala Despotis (2005), donde el valor del indicador sintético se obtiene de la solución del siguiente problema de Programación Lineal, por separado, para cada una de las unidades:

$$IS_i = \underset{w_j}{Max} \sum_{j=1}^m w_j^i X_{ij}$$

sujeto a

$$\sum_{j=1}^m w_j^i X_{kj} \leq 1 \quad \forall k = 1, \dots, n$$

(restricción de normalización)

$$w_j^i X_{kj} \geq \omega \quad \forall j = 1, \dots, m; \forall k = 1, \dots, n$$

(restricción sobre los ouotputs virtuales)

$$w_j \geq 0 \quad \forall j = 1, \dots, m$$

(condición de no negatividad)

donde:

$X_{ij}$ : Valor de los indicadores dimensionales obtenidos para la i-ésima unida evaluada.

$w_j^i$ : Conjunto de pesos que garantiza la máxima eficiencia de la i-ésima unidad evaluada.

$X_{kj}$ : Valor de los indicadores dimensionales para las restantes k-ésimas unidades.

La función objetivo revela la interpretación del beneficio de la duda de la metodología: el problema escoge el conjunto de pesos  $w_j^i$  que maximiza el valor del indicador sintético para la i-ésima unidad. Como resultado, el mayor valor del peso relativo se le otorga a los indicadores para los cuales la unidad tiene un mejor comportamiento (en términos relativos) cuando se compara con el resto de las unidades evaluadas. De modo que para la mejor situación, el valor de la medida sintética será uno, lo que indica que la unidad tiene un rendimiento igual a su unidad de referencia, mientras que tomará valor cero el caso que represente la situación menos deseada  $0 \leq IS_i \leq 1$ .

Los pesos no se conocen a priori, y la única restricción sobre estos en el planteamiento es que tienen que ser no negativos (condición de no negatividad), lo que implica que el valor del índice sintético es una función no decreciente de los indicadores iniciales. Para garantizar una interpretación intuitiva del indicador sintético, se impone que ninguna unidad del conjunto puede obtener un valor mayor que uno con el mismo conjunto de pesos (restricción de normalización) (Cherchye, 2001; Cherchye y Kuosamen 2002; Cherchye *et al.*, 2006).

Esta metodología tiene como ventaja que el valor del indicador sintético será sensible a las necesidades de los implicados, pues pondera con mayor valor aquellos indicadores para los que la unidad obtiene una mejor posición con respecto al resto de unidades evaluadas. Esto se debe a la determinación endógena de los pesos, lo cual constituye a su vez otra ventaja, al no tener que fijarlos a priori; además, las ponderaciones se hallan de forma tal que las obtenidas para cada unidad bajo evaluación le proporcionen el valor máximo posible para el indicador sintético.

De este modo, queda evidenciado el carácter flexible de este procedimiento al no exigir que todas las unidades le concedan igual importancia a cada indicador (Martínez *et al.*, 2005; Murias

*et al.*, 2006). Además, se puede prescindir del procedimiento de normalización, y se evidencia que DEA respeta las características individuales de las unidades y sus particulares sistemas de valores.

La metodología propuesta tiene como ventaja el hecho de que no es preciso realizar nuevamente la selección de indicadores; además, al aplicarse sobre los indicadores dimensionales se garantiza el empleo de toda la información contenida en el conjunto inicial de indicadores. Por otra parte, no es necesario normalizar los indicadores, y se garantiza una mayor comprensión por parte del usuario final, pues el valor obtenido se descompone y los valores de los outputs virtuales indican la influencia de cada una de las dimensiones en la medida sintética obtenida, lo cual, a su vez, le imprime mayor riqueza en el análisis.

La restricción sobre los outputs virtuales garantiza que cada dimensión esté incluida en el valor del indicador sintético. Para ello, se programó que cada una aportara, como mínimo, un valor de  $\omega = 0,2$  al valor global.

## 5. RESULTADOS

Los resultados aparecen en la siguiente tabla (Tabla 1), donde aparece Baconao como la más sostenible del conjunto de unidades evaluadas. Su valor de eficiencia se reparte casi de forma equitativa entre las tres dimensiones, pero sobresale la económica, a pesar de ser aquella en la cual no ocupa la primera posición con el indicador sintético DCP. Por ello, el éxito de la eficiencia se debe a que resulta la unidad de mayor output virtual desde el punto de vista social y patrimonial con respecto al resto de las unidades evaluadas, dimensiones para las que aparece como la más sostenible según el DCP.

Como se puede apreciar, todas las zonas, excepto dos, tienen mayores valores en sus outputs virtuales que los exigidos en la formulación del problema. Lo sucedido con estas es motivo de la mala posición que obtuvieron de acuerdo al valor del DCP para estas dimensiones: patrimonial (Topes de Collantes) y, social y económica (Guajimico). El resto de las unidades evaluadas presenta un valor mayor que el exigido a los outputs virtuales en todas las dimensiones.

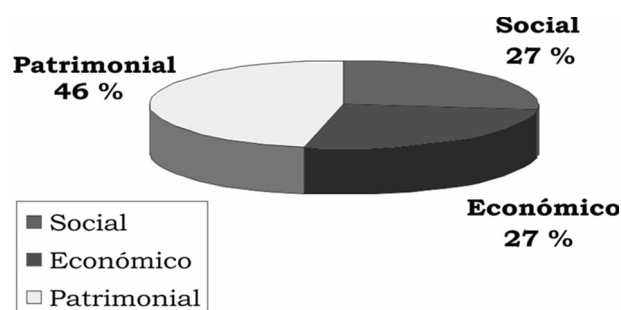
**Tabla 1** Indicador sintético global DEACP

Ranking	Observación	Indicador Global	Output Virtual: Social	Output Virtual: Económico	Output Virtual: Patrimonial
1	Baconao	1	0,30565	0,36182	0,33253
2	P. N. Alejandro de Humboldt	0,91691	0,27336	0,37500	0,26855
3	Ciénaga de Zapata	0,86505	0,30173	0,29385	0,26947
4	P. N. Guanahacabibes	0,85057	0,24502	0,29885	0,30670
5	Topes de Collantes	0,83431	0,22537	0,40894	0,2
6	Mayarí	0,82145	0,27484	0,23792	0,30869
7	P. N. Caguanes	0,81572	0,30091	0,24506	0,26976
8	P. N. Desembarco del Granma	0,81057	0,24370	0,25923	0,30764
9	Marea del Portillo	0,80733	0,23625	0,27225	0,29883
10	Hanabanilla	0,79711	0,25406	0,25990	0,28315
11	Alturas de Banao	0,79648	0,28072	0,26410	0,25167
12	P. N. Viñales	0,76673	0,27486	0,27060	0,22127
13	Soroa-Las Terrazas	0,76154	0,26180	0,26944	0,23030
14	San Diego de los Baños	0,72926	0,21461	0,22676	0,28789
15	Guajimico	0,69305	0,2	0,2	0,29305

Fuente: Elaboración propia.

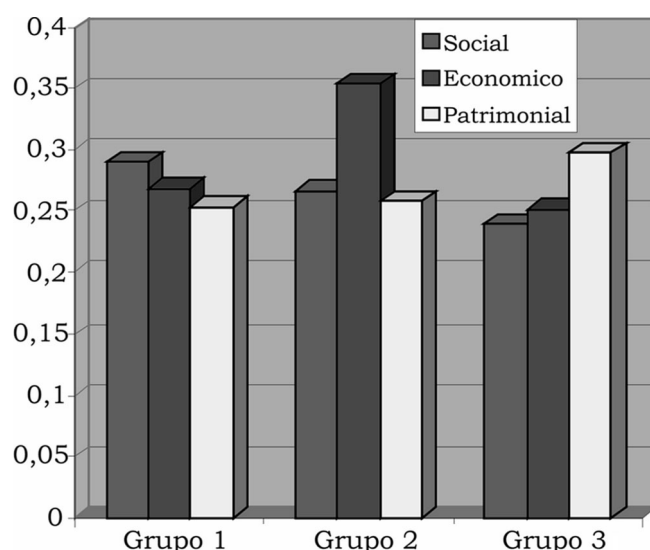
En base a ello, se pueden agrupar las zonas en tres grupos, de acuerdo al valor del output virtual, de forma que se pueden organizar de acuerdo con la dimensión en que cada unidad considera que tiene mejor comportamiento. Para ello se emplea el gráfico 1, donde se aprecia que el 27 % de las zonas le atribuye mayor importancia a la dimensión social, el mismo porcentaje a la dimensión económica y el 46 % se apoya mayormente en la dimensión patrimonial.

Por otra parte el gráfico 2 muestra el comportamiento promedio de los valores de los outputs virtuales, donde se puede hacer una aproximación a la composición del indicador global de sostenibilidad para las unidades que se agrupan en los diferentes clusters. En ese sentido se puede mencionar que las que conforman el primer grupo; esto es, las que le atribuyen mayor importancia a la dimensión social, como promedio le otorgan más importancia al aspecto económico que al patrimonial.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 1** distribución de las zonas de acuerdo a los outputs virtuales.



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 2** Media de los outputs por cluster DEACP.

Las unidades que componen el segundo grupo se valen, para la construcción del indicador sintético, primeramente de la dimensión económica, luego de la social y por último la patrimonial. Mientras que el orden de importancia de las que componen el tercer grupo, de forma decreciente es: patrimonial, económico y social.

## 6. CONCLUSIONES

Como parte del estudio realizado se ha logrado obtener una base de datos conformada por indicadores obtenidos como resultado de una consulta a especialistas ente los cuales aparecen indicadores provenientes de fuentes estadísticas de información e indicadores de percepción obtenidos por la aplicación de encuestas, tanto a los residentes locales como a los visitantes.

Se han obtenidos nuevas metodologías para la creación de indicadores sintéticos de sostenibilidad de forma que se pueda agregar la información disponible en el conjunto inicial de indicadores sin tener que recurrir a un segundo proceso de selección de los indicadores para incluirlos en la medida sintética global de sostenibilidad.

El empleo de DEA en la construcción de indicadores sintéticos proporciona claridad en el proceso de cálculo, facilidad para comprender los resultados obtenidos y proporciona mayor posibilidad de análisis. Entre sus principales ventajas aparecen: los pesos se determinan de forma interna; no se precisa tomar decisiones adicionales (Al menos a grandes rasgos, pues en este caso, la nueva restricción impuesta al procedimiento de cálculo se dio por la flexibilidad del procedimiento para determinar los pesos, y no requiere por parte del analista o el usuario un amplio conocimiento del proceso de cálculo); tiene una gran facilidad para interpretar los resultados, pues permite desagregar el ISG en las diferentes dimensiones y determinar en aporte de cada una al valor global, de modo que se identifiquen las dimensiones que constituyen las fortalezas y debilidades para cada unidad analizada, y la implicación con el usuario final es casi nula.

De forma general, el empleo de los indicadores propuestos permitió realizar un análisis comparativo de las diferentes zonas de desarrollo del turismo de naturaleza en Cuba en cuanto

al nivel de sostenibilidad, pudiendo establecer un ranking u ordenación de las mismas.

## 7. REFERENCIAS

- Blancas, F. J.; Gonzalez, M.; Lozano, M. y Pérez, F. (2010), "The assessment of sustainable tourism: Application to Spanish coastal destinations". *Ecological Indicators*, Vol. 10, pp. 484-492.
- Charnes, A.; W. Cooper, y E. Rhodes. (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units". *European Journal of Operational Research*, Vol. 2, pp 429-444.
- Cherchye, L. (2001), "Using data envelopment analysis to asses macroeconomic policy performance". *Applied Economics*, Vol. 33, pp 407-416.
- Cherchye, L. y Kuosmanen, T. (2002), "Benchmarking sustainable development: a synthetic meta-index approach. Econ WPA Working Papers.
- Cherchye, L.; Moesen, W.; Rogge, N. y Van Puyenbroeck, T. (2007), "An introduction to benefit of the doubt composite indicators". *Social Indicators Research* Vol.1, No.82, pp 111-145.
- Cherchye, L.; Moesen, W.; Rogge, N. y Van Puyenbroeck, T. (2006), "Creating Composite Indicators with DEA Analysis: The case of the Technology Achievement Index". Joint Research Centre, European Commission, Italy.
- Despotis, D. K. (2005), "A reassessment of the human development index via data envelopment analysis". *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 56, pp 969-980.
- Díaz, G.; Norman, A. (2006), "Manual de procedimientos para entrenadores en turismo sustentable". AEC. <http://www.acs-aec.org/Tourism/>.
- Lozano, M.; Pérez, V. E. y Blancas, F.J. (2009), "Indicadores sintéticos de sostenibilidad turística para destinos rurales: El caso andaluz". *Innovación, Creatividad y Nuevos Modelos de Gestión*, pp 487-509.
- Lundin, U. (2003), "Indicators for Measuring the Sustainability of Urban Water Systems-a Life Cycle Approach", PhD Thesis, Department of Environmental Systems Analysis, Chalmers University of Technology, Go"teborg, Sweden.
- Martínez, F.; Domínguez, M. y Murias, P. (2005), "El análisis envolvente de datos en la construcción de indicadores sintéticos. Una aplicación a las provincias españolas". *Estudios de Economía Aplicada*, Vol. 23, pp 753-771.
- Melyn W. y Moesen W.W. (1991), "Towards a synthetic indicator of macroeconomic performance: unequal weighting when limited information is available", *Public Economic Research Paper* 17, CES, KU Leuven.
- Murias, P.; Martínez, F. y de Miguel, C. (2006), "An economic wellbeing index for the Spanish provinces: a data envelopment analysis approach". *Social Indicators Research*, Vol. 77, pp 395-417.
- OECD. (2003), "Quality Framework and Guidelines for OECD Statistical Activities", [www.oecd.org/statistics](http://www.oecd.org/statistics).
- Organización Mundial del Turismo (OMT) (2004), "Indicadores de sostenibilidad para los destinos turísticos. Guía práctica", Edn. Madrid, España.
- Pérez, V. E.; Blancas, F. J.; González, M.; Guerrero, F. M.; Lozano, M.; Pérez, F. y Caballero, R. (2009), "Evaluación de la sostenibilidad del turismo rural mediante indicadores sintéticos". *Investigación Operacional*, Vol. 30, No.1, pp 40-51.
- Sancho, A.; García, G. y Rozo, E. (2007), "Comparativa de indicadores de sostenibilidad para destinos desarrollados, en desarrollo y con poblaciones vulnerables". *Annals of Tourism Research en Español*, Vol. 9, No.1, pp 150-177.
- Singh, R. K.; Murty, H. R.; Gupta, S. K. y Dikshit, A. K. (2009), "An overview of sustainability assessment methodologies". *Ecological Indicators*, Vol.9, pp 189-212.
- Storrie, D. y Bjurek, H. Benchmarking European labour market performance with efficiency frontier technique. Discussion Paper FS I 00-2011, 1999.
- Storrie, D. y Bjurek, H. (2000), "Benchmarking the basic performance indicators using efficiency frontier techniques", Report presented in the European Commission, DG employment and social affairs.
- U.N. (1998), "Indicators of Sustainable Development", [www.un.org/esa/sustdev/indi6.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/indi6.htm).
- World Bank. (1997), "Expanding the measure of wealth. Indicators of environmentally sustainable development", Environment Department, The World Bank, Washington D.C. <http://www-esd.worldbank.org>.

**ABSTRACT.** In the present research we propose a new methodology to build sustainability synthetic indicators that constitutes a contribution to those existent. The proposal includes the use of Data Envelopment Analysis (DEA) to guarantee a better comprehension of the results to the final user, and permits to solve some aspects that constitute key objections to the actual aggregations methods such as the weighting process, the application of a normalization procedure and the aggregation in fact. The application takes place in the destinations that represents the nature based tourism offer in Cuba.

**Key words:** Data Envelopment Analysis (DEA), synthetic indicators, sustainability, nature based tourism.