

EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE POLÍTICAS DE USO Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES

AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE POLÍTICAS DE USO E GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS

**MULTICRITERIA EVALUATION OF USAGE POLICIES AND NATURAL RESOURCES
MANAGEMENT**

Vicente Mateo Ripoll-Feliu

Professor Titular da Universidade de Valencia - Espanha
Doutorado em Contabilidade
Endereço: Avgas. Naranjos s, n , 46022, Valencia, Espanha
Telefone: 34 96382828
E-mail: vicente.ripoll@uv.es

Maritza Petersson Roldán

Profesora da Universidad de Matanzas, Cuba
Doctora en Ciencias Geográficas
Endereço: Km 3 1/2 Carretera Varadero, Matanzas, Cuba
Telefone: 53 45 256782
E-mail: maritza.petersson@umcc.cu

Mercedes Marrero

Profesora da Universidad de Matanzas, Cuba
Doctora en Ciencias Económicas
Endereço: Km 3 1/2 Carretera Varadero, Matanzas, Cuba.
Telefone: 53 45 256782
E-mail: mercedes.marrero@umcc.cu

Osmany Pérez Barral

Professor da Pontificia Universidade Católica do Equador
Doutorado em Economía
Endereço: Rumiñahui 339 y Pichincha, Bairro Bella Vista, Cidade, Ambato, Ecuador
Telefone: 0995563916
E-mail: contabilidadopb@yahoo.es

Artículo recibido en 03/05/2014. Revisado por pares en 01/08/2014. Adaptado en 05/08/2014. Recomendado para publicación en 05/08/2014 por Ademar Dutra (Editor Científico). Publicado en 29/08/2014. Evaluado por el Sistema double blind review.

RESUMEN

El propósito de este trabajo es mostrar las características de las diferentes metodologías de evaluación económica ambiental y expone un caso de estudio donde se evalúan posibles alternativas encaminadas a reducir la contaminación de una bahía, con un enfoque multicriterio. Los resultados obtenidos muestran la efectividad del análisis multicriterio para la evaluación de alternativas de solución al problema de contaminación de una bahía. La evaluación económica del efecto de la contaminación integrando las dimensiones ambientales, sociales y económicas a través de las técnicas multicriterio, permite obtener un ordenamiento de las alternativas de solución al problema ambiental estudiado, posibilitando la correcta decisión.

Palabras-clave: Valoración Económica Ambiental; Métodos Multicriterio; Recursos Naturales; Medio Ambiente.

RESUMO

O propósito deste trabalho é mostrar as características de diferentes metodologias de avaliação econômica ambiental, e expõe um estudo de caso onde se avaliam possíveis alternativas direcionadas a reduzir a contaminação de uma baía, com enfoque multicritério. Os resultados obtidos mostram a efetividade da análise multicritério para a avaliação de alternativas para solução do problema de contaminação de uma baía. A avaliação econômica do efeito da contaminação integrando as dimensões ambientais, sociais e econômicas através de técnicas multicritério, permite obter um ordenamento das alternativas para solução do problema ambiental estudado, possibilitando a decisão correta.

Palavras-chave: Valorização Econômica Ambiental; Métodos Multicritério; Recursos Naturais; Meio Ambiente.

ABSTRACT

The purpose of this work is show the characteristics of different environmental economic assessment methodologies, and exposes a case study where possible alternatives addressed to reduce the contamination of a bay with multicriteria approach are evaluated. The results obtained show the effectiveness of multicriteria analysis to evaluate the alternatives for solution of contamination problem in a bay. Economic evaluation of the contamination effects integrated to the environmental, social and economic dimensions through multicriteria techniques allows an alternative planning to solve the environmental problem studied, providing the right decision.

Keywords: Environmental Economic Valuation; Multicriteria Methods; Natural Resources; Environment.

1 INTRODUCCIÓN

La humanidad se enfrenta a una era de transformaciones, relacionadas con el incremento del desarrollo industrial y el acelerado progreso de la revolución científica-técnica. En las últimas décadas, las transformaciones observadas en la naturaleza presagian consecuencias negativas para el ambiente, dándole un carácter destructivo al desarrollo.

Los problemas ecológicos actuales obligaron al traslado de la preocupación por la conservación del medio ambiente, del planteamiento ético al campo de la gestión económica, donde se reconoce que el control, detención o reversión del daño en la naturaleza tiene un costo económico que las sociedades deben absorber en un proceso de desarrollo sustentable. Esto hace útil los análisis de valoración del medio ambiente y los recursos naturales, pues aportan información valiosa al proceso de toma de decisiones relativo a la definición de políticas de desarrollo.

La complejidad de las decisiones referidas al desarrollo, donde es necesario evaluar políticas de uso y gestión de los recursos naturales, pone en duda la posibilidad de seleccionar la alternativa óptima, por cuanto debe ser considerado un conjunto de aspectos donde algunos se complementan, pero otros se contradicen. Por tanto, un abordaje alternativo se hace necesario, donde se realice un análisis con una visión holística que imprima fundamento científico a las decisiones.

Cuba, dentro de su estrategia ambiental, define los principios, vías, acciones e instrumentos para la protección del medio ambiente, a partir de la identificación de los principales problemas ambientales que afectan al país, donde se reconoce la contaminación ambiental como uno de estos problemas.

El propósito de este trabajo es mostrar las características de las diferentes metodologías de evaluación económica ambiental, y expone un caso de estudio donde se evalúan posibles alternativas encaminadas a reducir la contaminación de una bahía, con un enfoque multicriterio.

En la provincia de Matanzas se han realizado estudios acerca del impacto de la contaminación ambiental, con vista a la reducción de sus efectos y en la estrategia ambiental

provincial se declara la contaminación de la bahía de Cárdenas como uno de los principales problemas ambientales que afectan a la provincia.

2 INFORMACIÓN MEDIOAMBIENTAL

Los cambios acaecidos en el entorno económico priorizan un mayor control de la información, para el logro de la mejora continua y el incremento de la competitividad. Se impone (AYUSO et al, 2012) la concepción de la empresa como una organización social, propugnándose un abandono del tradicional objetivo de creación de riqueza, para revelar que la empresa es capaz de crear valor y bienestar a la sociedad.

Fue en la década de los 70 del siglo pasado, cuando se suscitó un interés sobre la variable medioambiente (HOPWOOD, 2009), que se puso de manifiesto para (CRESPO et al, 2008) con la publicación de una serie de trabajos que pretendían, en su mayoría, conocer la cantidad de información de carácter social, más que estrictamente medioambiental, divulgada por las empresas y la incidencia que tenía sobre los beneficios y la imagen de las mismas, así como de la necesidad de controlar estos parámetros por las presiones que en un futuro podría ejercer la legislación (FRONTI DE GARCÍA y FERNÁNDEZ CUESTA, 2005; LARRINAGA et al, 2006; (ROSA et al, 2012).

A finales de los 70 y principios de los años 80 se publicaron trabajos y estudios que ampliaban el campo de actuación orientándose hacia variables relacionadas con el medioambiente, y es en las postrimerías de los 80 y comienzos de los 90, cuando se constata una creciente consolidación de las cuestiones medioambientales, tales como un crecimiento en la conciencia social con respecto al medio ambiente, la emisión de información en los estados financieros, o la influencia de esta variable en los fondos de inversión y sobre todo, para Crespo et al (2010), la sociedad, consciente de la necesidad de caminar hacia un desarrollo sostenible, exige a las organizaciones una mayor transparencia en la información que suministra, la cual se satisface a través de las memorias de sostenibilidad, que ofrecen información que va más allá de la económico-financiera.

En la actualidad, las organizaciones (CRESPO et al, 2010; ROSA, LUNKES et al, 2013) están creando nuevos conceptos de estrategia para obtener ventajas competitivas (FREEDMAN y STAGLIANO, 2008), centradas en la minimización de residuos y su

recuperación, una mayor concienciación social a través de sus memorias anuales, nuevos diseños de productos verdes y una mayor colaboración tecnológica entre empresas del sector.

Se requiere una reflexión sobre la conducta cotidiana de los individuos, sus formas de consumo, producción y organización social. Silva da Rosa et al (2012) señalan que de esta forma surge el concepto de desarrollo sostenible, que es entendido como la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer la capacidad de satisfacer las necesidades de las generaciones futuras, desarrollo que no agota los recursos naturales venideros.

2.1 METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA AMBIENTAL

Los análisis económicos para la valoración ambiental (HERBOHN, 2005; BURNETT y HANSEN, 2008; HENRI y JOURNEAULT, 2010) se realizan fundamentalmente sobre la base de dos criterios: costo - efectividad o costo - beneficio.

En el análisis costo – efectividad, se observa la manera más económica de lograr un objetivo determinado de calidad ambiental o, expresándolo en términos equivalentes, de lograr el máximo mejoramiento de cierto objetivo ambiental para un gasto determinado de recursos, sólo interesan los costos para alcanzar una determinada meta ambiental.

En el análisis costo – beneficio, los beneficios de la acción propuesta se calculan y comparan con los costos totales que asumiría la sociedad si se llevara a cabo dicha acción.

Este segundo enfoque es el más utilizado, convirtiéndose en un instrumento de decisión que utiliza las preferencias individuales de las partes implicadas en el proyecto. Parte del principio que existe una única medida que clasifica todos los objetos y situaciones, considerando la existencia de una sola medida del valor, o sea, parte de la idea de la conmensurabilidad del valor (MARTÍNEZ ALIER, 1995).

Es conocida la naturaleza inconmensurable y multidimensional del medio ambiente, lo que hace cuestionable la utilización del análisis costo - beneficio para una evaluación integral, la cual debe basarse en procedimientos que explícitamente requieren

integrar, como ponen de manifiesto los trabajos de Omer et al (2000) y Lin y Chang (2011), diferentes cosmovisiones, muchas de ellas contradictorias.

Lo planteado propone la utilización de enfoques alternativos a los mencionados, los cuales se sostienen bajo la perspectiva de un análisis multicriterio. Son muchos los autores que han utilizado métodos de multicriterio para analizar diferentes situaciones. El trabajo de Zopounidis y Doumpos (2002) hace un análisis exhaustivo, revisando la literatura en cómo ayudar a la toma de decisiones financieras en una organización. En el trabajo de Bell et al (2001) se llevó a cabo un análisis referido a las políticas climáticas a las que debían optar los órganos reguladores. Autores de la talla de Macharis et al (2009) y Wang et al (2009) pusieron de manifiesto lo consistente de esta herramienta.

Este análisis multicriterio busca integrar las diferentes dimensiones de una realidad en un solo marco de análisis, para dar una visión integral y de esta manera tener un mejor acercamiento a la realidad. La herramienta es adecuada para tomar decisiones que incluyen conflictos sociales, económicos y como señalan Mortime et al (2010), objetivos de conservación del medio ambiente, y además, cuando confluyen una pluralidad de escalas de medición (físicas, monetarias, cualitativas, etc.).

La mayor ventaja de los métodos multicriterio es que permiten (Bartolini y Viaggi, 2010) considerar un amplio número de datos, relaciones y objetivos, que generalmente están presentes en un problema de decisión específico del mundo real, de tal modo que el problema de decisión a manejar, puede ser estudiado de una manera multidimensional. Por otra parte, el análisis multicriterio incluye, en sus características, la posibilidad de trabajar con márgenes de incertidumbre.

Matemáticamente, el problema multicriterio se define de la forma siguiente:

$$\text{Max} F(x)$$

$$x \in \zeta$$

dónde: $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ es el vector de n variables de decisión

$X \subset R^n$ es la región factible

$F(x) = [f_1(x), \dots, f_p(x)]$ es el vector de las p funciones objetivos

El problema consiste en determinar valores para las variables x_j , que den el mejor valor a las p funciones objetivos, estas funciones están generalmente en conflicto, por tanto, será imposible encontrar una solución que maximice simultáneamente todos los objetivos propuestos, lo que obliga a sustituir el concepto de solución óptima por el de solución de compromiso.

La toma de decisiones multicriterio ha desarrollado, para Georgiadis et al (2013), una personalidad propia que utiliza una terminología específica que incluye conceptos nuevos. Debe observarse que algunos de estos conceptos tienen el mismo significado semántico y se emplea uno u otro en dependencia del contexto teórico en el que se utilicen; a continuación se definen los mismos:

- Alternativas: posibles soluciones o acciones a tomar por el decisor.
- Atributos: características que se utilizan para describir cada una de las alternativas disponibles, pueden ser cuantitativas o cualitativas, y pueden ser caracterizadas por un número de atributos escogidos por el decisor.
- Objetivos: aspiraciones que indican direcciones de perfeccionamiento de los atributos seleccionados, está asociado con los deseos y preferencias del decisor.
- Meta: aspiraciones que especifican niveles de deseos de los atributos.
- Criterio: término general que engloba los conceptos de: atributos, objetivos y metas que se consideran relevantes en un problema de decisión.

Atendiendo a la naturaleza de la región factible X , las decisiones multicriterio se dividen en dos grandes ramas:

- Múltiples Objetivos (MODM) se relaciona con aquellos problemas en que el conjunto de alternativas es grande y no predeterminadas, se utilizan para diseñar la mejor alternativa considerando la interacción con las restricciones. La solución de estos problemas se aborda mediante las técnicas clásicas de optimización.

- Múltiples Atributos (MADM) o métodos discretos, en donde se considera un número finito de alternativas, de manera que el problema queda definido de la siguiente forma:

“A”: es un conjunto finito de n alternativas, y

“m”: es el número de criterios de valoración g_i ($i = 1, 2, \dots, m$)

Dadas las alternativas $a, b \in A$, se considera a mejor que la alternativa b , según el i -ésimo criterio si $g_i(a) > g_i(b)$. Este problema puede representarse en forma tabular o de matriz C ($m \times n$), llamada matriz de evaluación o de impacto, donde el elemento c_{ij} ($i=1, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$) representa la valoración de la j -ésima alternativa según el i -ésimo criterio. La matriz de impacto puede incluir información cuantitativa, cualitativa o ambos tipos de información.

Existen varios tipos de formulación de problemas multicriterio de tipo discreto, que conllevan a varios tipos de resultados, que pueden ser:

α : La meta es identificar una y sólo una alternativa final (seleccionar la mejor alternativa).

β : La meta es asignar cada acción a una categoría predeterminada (clasificar las alternativas en clases predeterminadas).

γ : La meta es clasificar todas las alternativas según un orden total o parcial.

δ : La meta es describir alternativas relevantes y sus consecuencias.

3 APLICACIÓN DEL ANÁLISIS MULTICRITERIO PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN EN LA BAHÍA DE CÁRDENAS

Entre los accidentes geográficos más apreciados en la Isla de Cuba se encuentran sus bahías, las que por ser mayormente abrigadas y profundas, constituyen valiosos recursos naturales del país. Pero las mismas se encuentran amenazadas por la creciente urbanización en las zonas que las rodean, donde se desarrollan actividades socioeconómicas que en muchas ocasiones desestabilizan el funcionamiento natural de las mismas.

La contaminación de las aguas de las bahías por fuentes contaminantes terrestres es uno de los ejemplos más frecuentes de agresión a los ecosistemas costeros, lo que provoca el progresivo deterioro del valor de las mismas. La evaluación del efecto económico de esta contaminación contribuye al análisis y toma de decisiones referente a las acciones de desarrollo en esas zonas.

La bahía de Cárdenas, ubicada en el litoral norte de la provincia de Matanzas, ha estado sometida durante décadas a una carga contaminante que ha comprometido la calidad de sus aguas. La valoración del efecto de esta contaminación se realiza midiendo la pérdida de los bienes y servicios brindados por la bahía, que son resultado de procesos ecosistémicos desarrollados en ella (TURNER y DAILY, 2008).

Para la identificación de los bienes y servicios de la bahía se trabajó con un panel de expertos, el cual fue conformado por especialistas de diferentes perfiles ocupacionales y profesionales: biólogos, médicos veterinarios, ingenieros químicos e industriales, economistas, trabajadores del puerto, de la pesca, del gobierno del territorio de Cárdenas y de la Universidad de Matanzas. Este panel definió las funciones ecológicas de la bahía, siguiendo la clasificación dada por Senslon y Gustavo (1996). Dentro de las funciones de regulación definieron el almacenamiento y reciclaje de materia orgánica (receptora de contaminantes), proporciona hábitat para la reproducción de especies migratorias, protección de la biodiversidad y reserva de las especies. En el caso de las funciones de soporte identificaron la recreación y turismo (playa, pesca deportiva, turismo ecológico) y proveedora de fuentes de empleo. Para las funciones de producción se definió generadora de alimento humano y de combustible, y por último en las funciones de información quedó definida la referida a la estética espiritual y cultural.

El análisis económico, en general, considera que el valor del medio ambiente es un valor asignado que expresa las preferencias del sujeto humano en su interacción con el objeto a valorar (AZQUETA, 1997). De esta manera, el valor asignado desde una visión antropomórfica extendida puede ser clasificado (AZQUETA, 2002; FREEMAN, 2003) considerando el uso real del medio ambiente en: valor de uso y valor de no uso, estas categorías a su vez son subdivididas en valor de uso directo (que se derivan del aprovechamiento dentro del ecosistema) y de uso indirecto (son los derivados de los efectos

en el litoral de la ciudad, un área muy cercana a la playa, además que retrasan el proceso natural de recuperación total de sus aguas.

El objetivo de este análisis está en la disminución de los niveles de contaminación orgánica, expresado en DBO (demanda bioquímica de oxígeno), en el litoral de la ciudad de Cárdenas y a su vez contribuir al mejoramiento de la calidad de las aguas de la playa. Por tanto, las alternativas de reducción generadas estarán dadas por acciones a acometer en las fuentes de contaminación puntuales que inciden directamente en la zona.

3.1 DEFINICIÓN DE LAS ALTERNATIVAS DE REDUCCIÓN

Las fuentes de contaminación fundamentales están dadas por algunas industrias ubicadas cerca del litoral que vierten sus residuales sin el debido tratamiento. Entre ellas está una procesadora de mariscos, un combinado lácteo y los residuales de la ciudad que aunque son tratados, los sistemas utilizados para tales efectos no tienen la debida eficiencia que garanticen que los residuales líquidos vertidos en la bahía se encuentren por debajo de los parámetros establecidos por la norma cubana (NC 521:2007).

Para la definición de las alternativas se analizan las posibilidades de reducción de cada una de las entidades contaminadoras.

La Empresa Industrial Matanzas (EPIMAT), perteneciente al Ministerio de la Industria Pesquera (MIP), entre sus principales actividades productivas se encuentran aquellas dedicadas a procesar pescado congelado, minutas, filetes y picadillo, también se realiza el eviscerado² para el consumo del polo turístico de Varadero y se confeccionan croquetas. Los residuales líquidos del proceso productivo de esta industria presentan una alta concentración orgánica, actualmente son vertidos directamente al mar, como consecuencia de no disponer de una bomba de expulsión que los traslade a las lagunas de oxidación "13 de Marzo". Por tanto, la acción recomendada para resolver el mencionado problema es la compra y puesta en explotación de una bomba, además de la reparación de las tuberías de impulsión. Para ello se estima una inversión de 2,4 miles de pesos (MP)³.

² Extraer las vísceras.

³ Miles de pesos (MP expresados en CUP).

Estas acciones permitirán que la empresa deje de verter directamente a la bahía las 30 toneladas de DBO generada por ella cada año.

En el caso del combinado lácteo debemos destacar que posee dos establecimientos, ubicados uno en la ciudad a tan solo 1.5 Km de la bahía, y el otro a las afuera de la misma. Las producciones lácteas son altas consumidoras de agua, por lo que generan grandes volúmenes de residuales líquidos; en la actualidad estos son vertidos a pozos de infiltración, que en opinión de los expertos, impactan las aguas del litoral de la ciudad por su cercanía a la bahía y las características del terreno de la zona.

Los directivos del combinado lácteo plantean la necesidad de un redimensionamiento de la empresa, por lo que proponen mudar el establecimiento cercano a la bahía al otro ubicado a las afuera de la ciudad, que posee la infraestructura suficiente para alojarlos, además de disponer de una planta de tratamiento en desuso por encontrarse deteriorada, la cual, si es recuperada, podrá tratar los residuales de la fábrica aumentada. Por tanto la acción propuesta implica trasladar el establecimiento cercano a la bahía (desinstalación y reinstalación en el nuevo lugar) y reparar la planta de tratamiento. La inversión prevista ronda los 1503,9 (MP).

Estas acciones condicionarán la reducción del aporte anual de DBO de esta empresa a la bahía en un 75 %, lo que significa una disminución en 48 toneladas cada año de DBO.

Las aguas residuales urbanas del reparto residencial “13 de Marzo” son depuradas mediante un sistema de lagunas. Al sistema de lagunas llegan los residuales de aproximadamente 8 600 habitantes. Dada las condiciones de deterioro que presenta dicho sistema, se considera que tiene una eficiencia por debajo del 30%. La acción recomendada es su recuperación, estimándose una inversión de 255,9 (MP).

Estas acciones lograrán que la laguna trabaje al menos a un 80%, lo que significa una reducción de 50 toneladas cada año de DBO.

En el caso de la carga aportada por los residuales de la ciudad, se propone la construcción del alcantarillado, que según estimados de la Dirección Provincial de Recursos

Hidráulicos asciende a 17400,0 (MP), esta inversión garantizará una reducción de 585 toneladas cada año de DBO de la carga a la bahía.

Analizadas las posibles acciones a acometer, se definieron las siguientes alternativas:

A1: Las acciones en la EPIMAT más la recuperación del sistema de lagunas del Reparto “13 de Marzo” y las acciones en el combinado lácteo.

A2: La construcción del alcantarillado de la ciudad.

A3: Las dos alternativas anteriores, analizadas conjuntamente.

3.2 DEFINICIÓN DE LOS CRITERIOS PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

El objetivo de las alternativas definidas debe ser mejorar la calidad de las aguas del litoral de la ciudad de Cárdenas. Considerando que cualquier reducción de la carga favorece el mejoramiento de las mismas, por tanto, los criterios de evaluación para el análisis deberán responder a ese objetivo general y concentrarse en la evaluación de los costos y/o beneficios (económicos, sociales y ambientales) con que las alternativas logran el mencionado objetivo. Con esa idea se definen criterios económicos, ambientales y sociales.

Los “Beneficios” fue el primer criterio económico definido. Este criterio, expresado en unidades monetarias por año, indica cuánto se ingresaría por la disminución de los niveles de contaminación, lo cual fue obtenido en la valoración económica del efecto de la contaminación sobre algunos de los bienes y servicios ofertados por la bahía. Ahora bien, no se conoce el beneficio por unidad reducida, ni se dispone de información que permita el cálculo de la misma. Por lo que se decidió construir un índice que permitiera estimar la mejora de la bahía en los diferentes niveles de reducción dados en cada alternativa. Este índice resultó ser 0.08 para la alternativa A1, 0.37 para la A2 y 0.93 para la A3.

Los beneficios aportados por cada alternativa será la sumatoria de las pérdidas evitadas por la recuperación en la captura de la langosta y la recolección del ostión (560,0

MP), multiplicada por el índice calculado. Los resultados de valoración de cada alternativa en este criterio son:

Beneficio (MP)	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
	44,8	207,2	520,8

Como segundo criterio económico se definió el “Costo de la inversión/total mitigado”, el cual expresaría lo que cuesta reducir una tonelada de DBO con la acción o acciones implicadas en cada alternativa. Si las alternativas implican más de una acción, el costo de la misma será la suma de los costos de cada una, y el total mitigado la suma de lo mitigado por cada acción. La valoración de las alternativas en este criterio sería:

Costo/mitigado (MP/ton).	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
	14,4	29,7	27,1

El tercer criterio económico definido fue “Propicia el desarrollo de actividades turísticas recreativas”. Las condiciones actuales de la playa no permiten su uso como lugar para desarrollar actividades turísticas recreativas, las cuales reportan beneficio a los ciudadanos de Cárdenas (PETERSSON y MARRERO, 2005).

Cada una de las alternativas a evaluar, dado por el posible efecto que provocará sobre la calidad de las aguas del litoral, propiciará el desempeño de actividades recreativas en el lugar. Es conocido que el uso del agua con fines recreacionales puede revestir dos formas: con contacto directo o primario que engloba a las actividades que involucran inmersión en agua con potencial ingestión de la misma, y con contacto indirecto o secundario, el cual no involucra inmersión.

Por tanto la evaluación de cómo cada alternativa propicia el desarrollo de actividades recreativas, estará dada en nivel en que garantizan los requerimientos exigidos,

considerando que las actividades que implican un contacto directo con el agua, son más exigentes en estos requerimientos.

Este criterio se evaluará cualitativamente, considerando que una alternativa será buena propiciadora de actividades recreativas, si posibilita actividades recreativas de uso directo del agua, será moderadamente buena si solo posibilita el uso indirecto y mala sino posibilita el uso indirecto.

Para decidir si propicia las actividades de uso directo e indirecto se deben tener en cuenta el volumen de residual tratado y sus características físico- químicas bacteriológicas, lo cual fue evaluado por especialistas de la dirección provincial de recursos hidráulicos; los resultados de valoración de cada alternativa en este criterio son:

Propicia actividades turísticas recreativas	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
	Mala	Buena	Buena

Se definieron cuatro criterios de tipo ambiental: reduce otros contaminantes, reducción total, incidencia sobre la biodiversidad en la bahía y mejora ambiental en el lugar. A continuación se explica la evaluación de las alternativas en cada uno.

El criterio “Reduce otros contaminantes” se declaró de tipo cualitativo y fue evaluado por especialistas teniendo en cuenta que aunque las acciones definidas en cada alternativa estaban dirigidas a la disminución de la carga orgánica, expresada en DBO; además, pueden incidir de manera indirecta en otros indicadores de la calidad del agua. Los resultados de la evaluación de cada alternativa son:

Reduce otros contaminantes	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
	Buena	Buena	Muy Buena

El segundo criterio ambiental, “Reducción total”, es cuantitativo y refiere el total de DBO que disminuye cada alternativa expresado en toneladas al año.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Reducción total	122	585	707

Para la evaluación del criterio “Incidencia sobre la biodiversidad en la bahía”, se parte por reconocer la alta sensibilidad de la biodiversidad a la presencia de contaminantes en la bahía, es evidente que el efecto sobre la misma será positivo en la medida que disminuyan los niveles de contaminación. Sin embargo, existe mucha incertidumbre alrededor de la magnitud de la respuesta ante la reducción de la carga, por lo que se decidió medir este criterio a través del índice de mejora de calidad determinado en la evaluación del criterio Beneficios, pero como un número borroso; en el anexo 1 pueden verse las funciones de pertenencia utilizadas para la evaluación de cada alternativa.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Incidencia sobre la biodiversidad	Aprox(0.08)	Aprox(0.37)	Aprox(0.93)

El criterio “Mejora ambiental en el lugar”, se definió de tipo cualitativo y el mismo estima la incidencia de la alternativa adoptada en el lugar donde se implementa.

Para la Alternativa A1, al no verter directamente a la bahía los residuales de la producción de la procesadora de mariscos, se logra disminuir los malos olores en el lugar; en el caso del combinado lácteo, la acción propuesta evita la posible contaminación del manto freático por infiltración de sus residuales sin tratar, además que contribuye con la limpieza del lugar. Por lo expuesto fue catalogado el efecto de esta alternativa sobre su entorno como bueno.

La Alternativa 2, que propone la construcción del alcantarillado de la ciudad, es una acción que la implica en su totalidad y es evidente el efecto sobre su entorno que traerá,

por cuanto se eliminarán los derrames de la fosas actuales de la ciudad, y por tanto una disminución de vectores trasmisores de enfermedades, por lo que se califica este criterio para esta alternativa de muy bueno.

La Alternativa A3, al incluir las dos alternativas anteriores, hace que el criterio sea evaluado de excelente.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Mejora ambiental	Bueno	Muy Bueno	Excelente

Dentro de los criterios sociales se definió la “Incidencia en la imagen del lugar”, evaluado cualitativamente, teniendo en cuenta la contribución de la acción en la imagen competitiva de la empresa que la acomete, además del efecto en la imagen paisajística donde se ubican.

En las acciones de marketing acometidas por las empresas implicadas en la alternativa A1, le será muy útil incluir la dimensión ambiental, por cuanto es una preocupación creciente de los clientes el consumo de productos ecológicamente certificados, para lo cual es necesario poseer producciones no agresivas al medio ambiente. A su vez que estas acciones mejoran el paisaje del lugar donde se acometen, pues elimina vertederos, zanjas y áreas verdes descuidadas, sobre todo por la recuperación de la laguna de “13 de Marzo”. Por lo anterior fue calificada esta alternativa de muy buena en este criterio.

En la alternativa A2 no procede hablar de contribución a la imagen competitiva desde la óptica empresarial, pues la acción definida en ella no involucra ninguna empresa, pero sí se le reconoce su contribución a la imagen del lugar donde se efectúa (la ciudad), lo cual califica esta alternativa en este criterio como buena

En la alternativa A3, al incluir las dos anteriores, se califica como muy buena.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Imagen del lugar	Muy Buena	Buena	Muy Buena

La “Incidencia en el paisaje de la ciudad” fue otro de los criterios sociales, el mismo considera para su evaluación el aporte que hacen las alternativas analizadas al mejoramiento de la imagen de la ciudad. Los especialistas que evaluaron este criterio tuvieron en cuenta cómo las acciones implicadas en cada alternativa podían favorecer la mejora de los indicadores de imagen de ciudad.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Paisaje de la ciudad	Moderado	Muy Bueno	Muy Bueno

El último criterio social definido fue “Efecto educacional”, para su evaluación se parte por reconocer como la bahía propicia la obtención de información científica-educativa, al posibilitar a los ciudadanos de Cárdenas estar en contacto con el medio marino, aprender sobre sus ecosistemas y sobre las actividades históricas desarrolladas en el lugar. La gestión que se haga para que las aguas de la bahía presenten la calidad requerida, será un mensaje positivo que incidirá en la conciencia ambiental de los habitantes del lugar, demostrando que acciones acometidas en las industrias de su localidad posibilitan tener un ambiente más saludable, comprometiéndolos en la indispensable lucha por la preservación del medio ambiente.

	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Efecto educacional	Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno

3.3 APLICACIÓN DEL PROCESO DE AGREGACIÓN DE CRITERIOS DEL NIAIDE

El NAIADE (*Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments*, Enfoque Novedoso de Evaluación y Decisión sobre Ambientes Imprecisos) es un método de evaluación multicriterio discreto creado por Munda en 1995. El mismo permite incluir en su matriz de evaluación medidas determinísticas, estocásticas y difusas, como valoración de las alternativas según cada criterio. El NAIADE es capaz de tratar la incertidumbre, sea de naturaleza borrosa o probabilística, utilizando para ello la teoría de los conjuntos borrosos.

El proceso de evaluación de este método se estructura en tres pasos: comparación pareada de alternativas, agregación de todos los criterios y ordenamiento de las alternativas.

La comparación de las diferentes tipos de evaluaciones (valores determinísticos, números borrosos y variables lingüísticas) de las alternativas en cada criterio se realiza a través de la distancia semántica. Las comparaciones se basan en relaciones de preferencias expresadas por el usuario, para cada criterio, partiendo de la distancia entre alternativas. Las relaciones de preferencias son definidas a través de seis funciones que permiten expresar, para cada criterio, un índice de credibilidad de la afirmación que una alternativa es *mucho mejor* (\gg), *mejor* (\gt), *aproximadamente igual* (\cong), *igual* ($=$), *peor* (\lt) y *mucho peor* (\ll) que otra. Calculado todos los índices de credibilidad para cada par de alternativa y para cada criterio, basado en las seis relaciones de preferencia, se procede al proceso de agregación de los mismos.

Para la agregación de todos los criterios se calcula un índice de intensidad de preferencia, a partir del número de criterios a favor de cada alternativa y de la intensidad de preferencia. La información dada por el índice de intensidad de preferencia y la correspondiente entropía, posibilita la construcción de un operador que permite asignar, a cada par de alternativa, una evaluación lingüística global, que indica el grado de verdad de afirmaciones como: “según la mayoría de los criterios, *a* es mejor que *b* o *a* y *b* son indiferentes o *a* es peor que *b*”.

Si el interés del decisor está en determinar un orden parcial o completo de las alternativas, se pasa al último paso de ordenamiento de las mismas.

Para lograr este ordenamiento se definen dos ordenamientos independientes. El primero $\Phi^+(a)$, basado en las relaciones de preferencias \gg y $>$, cuyos valores van de 0 a 1, donde el 1 indica que a es mejor que el resto de las alternativas. El segundo $\Phi^-(a)$, se basa en las relaciones de preferencias \ll y $<$, sus valores también van de 0 a 1, los cuales indican cuanto a es peor que el resto de las alternativas.

Finalmente se obtiene el ordenamiento por la intersección de los ordenamientos definidos.

En el caso objeto de estudio, las valoraciones de las alternativas en cada criterio ha definido la siguiente matriz de evaluación:

Cuadro 1: Matriz de evaluación

Alternativas Criterios	Alternativa A1	Alternativa A2	Alternativa A3
Beneficio (MP)	44,8	207,2	520,8
Costo/mitigado (MP/ton).	14,4	29,7	27,1
Propicia actividad turística	Mala	Buena	Buena
Reduce otros contaminantes	Buena	Buena	Muy Buena
Reducción total (ton)	122	585	707
Incidencia biodiversidad	Aprox(0.08)	Aprox(0.37)	Aprox(0.93)
Mejora Ambiental	Buena	Muy Buena	Excelente
Imagen del lugar	Muy buena	Buena	Muy Buena
Paisaje ciudad	Moderado	Muy Bueno	Muy Bueno
Efecto Educativo	Buena	Muy Bueno	Muy bueno

Fuente: Elaboración propia.

El análisis multicriterio con el modelo NAIADE de los datos de dicha matriz generó los resultados que se muestran en la siguiente figura.

Figura 2. Resultados del análisis multicriterio

Φ^+	Φ^-	Intersección	Alternativas
0.57 C	0.14 C	C	A Alternativa 1
0.37 B	0.26 B	B	B Alternativa 2
0.15 A	0.74 A	A	C Alternativa 3

Fuente: Elaboración propia.

La alternativa preferida según el análisis realizado es la tercera (A3), o sea la que implica todas las acciones. A pesar de requerir la mayor inversión resultó ser la preferida, y puede ser explicado por el hecho de que muchos criterios de tipo ambiental y social definidos le favorecen. El ordenamiento completo es el siguiente:

1. Construcción del alcantarillado de la ciudad y realización de las acciones en cada una de las fuentes contaminantes consideradas;
2. Construcción del alcantarillado de la ciudad;
3. Las acciones en cada una de las fuentes contaminadoras consideradas.

Para analizar la robustez de los resultados obtenidos (MUNDA y otros, 2003) se recomienda variar el parámetro α (requerimiento mínimo para las relaciones borrosas) y el operador de agregación utilizado, que condiciona el nivel de compensación permitido. En la tabla 1 se muestran los resultados con diferentes combinaciones de parámetros y operadores.

Tabla 1. Ordenamiento de las alternativas para diferentes combinaciones de parámetros y operadores de agregación

	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$
Operador mínimo	Φ^+ 0.27 C Φ^- 0.16 C Intersection 0.16 A 0.22 B 0.17 B 0.33 A	Φ^+ 0.12 C Φ^- 0.08 C Intersection 0.08 A 0.11 B 0.08 B 0.15 A	Φ^+ 0.04 C Φ^- 0.03 C Intersection 0.03 A 0.04 B 0.03 B 0.04 A
Operador Zimmermann-Zysno $\gamma = 0.5$	Φ^+ 0.50 C Φ^- 0.40 C Intersection 0.40 A 0.46 B 0.41 B 0.55 A	Φ^+ 0.33 C Φ^- 0.28 C Intersection 0.28 A 0.32 B 0.28 B 0.37 A	Φ^+ 0.19 C Φ^- 0.17 C Intersection 0.17 A 0.19 B 0.18 B 0.20 A
Simple Producto	Φ^+ 0.24 C Φ^- 0.16 C Intersection 0.16 A 0.21 B 0.17 B 0.29 A	Φ^+ 0.11 C Φ^- 0.08 C Intersection 0.08 A 0.10 B 0.08 B 0.14 A	Φ^+ 0.04 C Φ^- 0.03 C Intersection 0.03 A 0.03 B 0.03 B 0.04 A

Fuente: Elaboración propia.

Como puede apreciarse en la tabla anterior, las variaciones en el nivel de compensación y en el parámetro α no varían el ordenamiento de las alternativas, por lo que los resultados son poco sensibles a los cambios realizados, demostrándose su robustez.

Es bueno aclarar que los resultados del análisis multicriterio son de ayuda a la toma de decisión al mostrar las ventajas y desventajas de cada acción, además de brindar transparencia al proceso, cuando permite valorar los cambios en los resultados ante diferentes políticas en la selección de los parámetros; por tanto, sus salidas deben ser interpretadas de ese modo, quien toma la decisión son las partes implicadas en el proceso (*decision-maker*).

4 CONCLUSIONES

Los análisis económicos para la evaluación ambiental bajo criterios puramente económicos resultan, generalmente, insuficientes al tratar de fundamentar las decisiones relativas a la problemática medioambiental.

Es por ello que las técnicas de evaluación multicriterio se constituyen como la herramienta más adecuada para el tratamiento de la mencionada problemática, donde es imprescindible una visión que abarque todas las dimensiones que la enmarquen.

El método NAIADE es muy apropiado para la evaluación de las alternativas, considerando su capacidad de tratar información de tipo mixto, cuantitativa y cualitativa, y la incertidumbre de la información. En el caso de estudio presentado, se mostró la efectividad de este método en la evaluación de alternativas de reducción de contaminación a la bahía de Cárdenas.

La bahía de Cárdenas presenta problemas de contaminación como consecuencia de la existencia de entidades que vierten sus residuales sin previo tratamiento, directamente a este cuerpo de agua o al subsuelo, esto provoca una disminución de la capacidad de brindar bienes y servicios, lo que condiciona la necesidad de un estudio económico del fenómeno. La valoración económica del efecto de la contaminación es insuficiente para efectuar la evaluación de variantes de reducción de niveles de contaminación con un enfoque costo – beneficio, por lo que se optó por utilizar técnicas multicriterio.

Los resultados de la aplicación del método multicriterio NAIADE proponen la alternativa de construcción del alcantarillado con las acciones en el resto de las fuentes puntuales de contaminación, como la más preferida de las variantes de reducción analizadas, considerando las dimensiones económica, ambiental y social.

REFERENCIAS

AYUSO, A.; CRESPO, C; RIPOLL, V.; GINER, A. The Valencia Port Authority (VPA): environmental information in the annual report. **International Journal of Critical Accounting**, v. 4, n. 56, 2012.

AZQUETA, D. **Valoración económica de la calidad ambiental**. Madrid, McGraw - Hill, 299 p., 1997.

Azqueta, D. **Introducción a la Economía Ambiental**. Madrid, McGraw - Hill, 456 p., 2002.

BARTOLINI, F.; VIAGGI, D. Recent developments in multi-criteria evaluation of regulations. **Quality Assurance and Safety of Crops & Foods**, v. 2, p. 182–196, dic. 2010.

BELL, Michelle L.; HOBBS, Benjamin F.; ELLIOTT, Emily M.; ELLIS, Hugh; ROBINSON, Zachary. An evaluation of multi-criteria methods in integrated assessment of climate policy. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 10, p. 229–256, Sep./Oct, 2001.

BURNETT, Royce D.; HANSEN, Don R. Ecoefficiency: Defining a role for environmental cost management. **Accounting, Organizations and Society**, v.33, p. 551-581, ago. 2008.

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.7, n.2, mai./ago. 2014.

CRESPO, C. S.; GINER FILLOL, A.; RIPOLL, V. La información medioambiental en las cuentas anuales de la Autoridad Portuaria de Valencia. **Revista Vértice Universitario**, n.37, p. 29 – 34, 2008.

CRESPO, C.; DÍEZ, J.; GINER, A.; RIPOLL, V. Sustainability Reports as a key tool for communication improvement in the Spanish Port System. **Revue Sciences de Gestion**, n. 70, p. 43 – 59, 2010.

FREEDMAN, M.; A.J. STAGLIANO. Environmental disclosures: electric utilities and Phase 2 of the Clean Air Act. **Critical Perspectives on Accounting**, v. 19, n. 4, p. 466-486, 2008.

FREEMAN, A. M. **The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods**. Washington DC, Resources for the Future, 496 p., 2003.

FRONTI DE GARCÍA, L.; FERNÁNDEZ CUESTA, C. Del protocolo de Kioto a los presupuestos empresariales. **Revista Iberoamericana de Contabilidad de Gestión**, v. 5, p.193, 2005.

GEORGIADIS, Daniel R.; MAZZUCHI, Thomas A.; SARKANI, Shahram. Using multi criteria decision making in analysis of alternatives for selection of enabling technology. **Systems Engineering**, v.16, n. 3, p. 287–303, 2013.

HENRI, Jean-François; JOURNEAULT, Marc.). Eco-control: The influence of management control systems on environmental and economic performance. **Accounting, Organizations and Society**, v. 35,p. 63-80, ene., 2010.

HERBOHN, Kathleen. A full cost environmental accounting experiment. **Accounting, Organizations and Society**, v. 30, p. 519-536, ago, 2005.

HOPWOOD, Anthony G. Accounting and the environment. **Accounting, Organizations and Society**, v.34, p. 433-439, abr./may., 2009.

INFORME PARCIAL CIMAB (Centro de Ingeniería y manejo ambiental de Bahía y Costas). **Diagnóstico de la calidad ambiental del ecosistema de la zona Varadero-Cárdenas**. Ciudad de La Habana, 2001.

LARRINAGA González, C., A. LLULL GILET; M. PERELLÓ JULIÁ. El papel de la información medioambiental en el cambio organizativo: el caso del sector turístico balear. **Revista Española de Financiación y Contabilidad**, v. 130, p. 501-522, 2006.

LIN, Pei-Shan; CHANG, Chang-Yi. Towards sustainable community-based natural resource management in the indigenous Meqmeqi community in Taiwan: Rethinking impacts of local participation. **Natural Resources Forum**, v. 35, p. 134–144, may, 2011.

MACHARIS, Cathy; de WITTE, Astrid; AMPE, Jeroen. The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice. **Journal of Advanced Transportation**, v. 43, p. 183–202, abr., 2009.

MARTÍNEZ Alier, Joan. **Curso Básico de Economía Ecológica Publicado por la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de Naciones Unidas para el Medio**

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.7, n.2, mai./ago. 2014.

Ambiente. México. Disponible en:

<http://www.posgradofadu.com.ar/archivos/biblio_doc/libro-Curso_Economia_Ecologica-Martinez-Alier.pdf>. Accedido an: 15 nov. 2012.

MORTIME, Simon; MAUCLINE, Alice; PARK, Julian; FINN, John; EDWARDS, David; MORRIS, Jake. Evaluation of Agri-Environment and Forestry Schemes with Multiple Objectives. **EuroChoices**, v. 9, p. 48–54, abr. 2010.

MUNDA, G. **Multicriteria evaluation in a fuzzy environment**: Theory and applications in ecological economics. Physica Verlag. Universidad de California, 1995.

MUNDA, G.; GAMBOA, D.; RUSSI, E. GARMENDIA. Social Multi-Criteria Evaluation of Renewable Energy Sources: Two Real World Catalan Examples. Report for the research project **Development and Application of a Multicriteria Decision Analysis software Tool for Renewable Energy sources (MCDA-RES)**, Contract NNE5- 2001-273, 2003.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. **NC 521:2007**. Norma de vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Ciudad de La Habana, 2007.

OMER, Thomas C; PLESKO, George A.; SHELLEY, Marjorie K. The Influence of Tax Costs on Organizational Choice in the Natural Resource Industry. **The Journal of the American Taxation Association**, v. 22, n. 1, p. 38-55, 2000.

PETERSSON, Maritza; MARRERO, Mercedes. Valoración económica de la playa como destino para la recreación. **Revista Retos Turísticos**, v. 4, n. 3, 2005.

ROSA, F. S.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN L.; LUNKES, R. J. Management Environmental Disclosure: A Construtivist Case. **Management Decision Journal**, n. 50, p. 1117 - 1137, 2012.

ROSA, F. S.; LUNKES, R. J.; DAHMER PFITSCHER, E.; RIPOLL-FELIU, V.; CRESPO, C. Contabilidad medioambiental en España. Proceso estructurado de revisión y análisis teórico referencial. **Revista Contabilidad y Negocios**, v. 7, n. 14, p. 23 - 48, 2012.

ROSA, F. S.; LUNKES, R. J.; CRESPO Soler, C; RIPOLL FELIU, V. Estudo sobre o Global Report Initiative de empresas de energia eléctrica dos Estados Unidos, do Brasil e da Espanha no período de 1999 a 2010. **Revista Organizações em contexto**, v. 9, n. 17, p. 99 –112, 2013.

SENSLON, Irazabal; GUSTAVO J. **Valoración económica de un ecosistema bosque subtropical**: Estudio del caso San Miguel la Palotada Peten, Guatemala. Turialba. Tesis de maestría. Costa Rica. CATIE, 1996.

TURNER, R; DAILY, G. The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation. **Environ Resource Econ**, n. 39, p. 25–35, 2008.

WANG, Jiang-Jiang; JING, You-Yin; ZHANG, Chun-Fa. Weighting methodologies in multi-criteria evaluations of combined heat and power systems. **International Journal of Energy Research**, v. 33, p. 1023–1039, oct., 2009.

Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, Florianópolis, v.7, n.2, mai./ago. 2014.

ZOPOUNIDIS, Constantin; DOUMPOS, Michael. Multi-criteria decision aid in financial decision making: methodologies and literature review. **Journal of Multi-Criteria Decision Analysis**, v. 11, p. 167–186, Jul. – Oct., 2002.