

Valoración de impacto ambiental en el Puerto Moa-Holguín

Environmental impact assessment in Moa-Holguín Port

Guilarte, A.*; Díaz, A.**; Nápoles J.***; Fernández, O.****; Abalos, A.***; Pérez, R.M.***

DOI: 10.15446/rev.colomb.biote.v17n2.54287

Resumen

Las operaciones de descarga de los buques-tanques, la recepción y distribución de productos derivados del crudo de petróleo en el área de almacenamiento, el movimiento de insumos como el carbón antracita, amoníaco y azufre, la carga de lotes de minerales así como el mantenimiento de los tanques, conducen al vertimiento directo de hidrocarburos que afectan los diferentes ecosistemas en los cuales se encuentra situada la fuente contaminante. Se presenta la caracterización de los ecosistemas afectados por esta contaminación, atendiendo a los impactos ambientales identificados y la previa caracterización del área, utilizando herramientas de evaluación de criterios de expertos mediante la metodología Delphi. El estudio de impacto ambiental se realizó de forma cualitativa a través de las matrices causa-efecto, valoración e importancia del impacto. Los factores del medio más afectados fueron las aguas superficiales y subterráneas y la salud e higiene; las acciones más agresivas fueron la emisión de contaminantes (vertimiento al medio suelo de hidrocarburos/ liberación al medio aire de gases, ruidos y materiales particulados/ vertimiento y contaminación del acuatorio por arrastres de sedimentos, hidrocarburos y sustancias químicas) y la acumulación de residuos (creación de vertederos industriales).

Palabras clave: contaminación, evaluación, hidrocarburos, petróleo, estudio ambiental.

Abstract

The operations of unloading ships the reception and distribution of products derivate of oil crude in the storage area, the movement of raw materials like coal anthracite, ammonia and sulphur, the load of lots of minerals as well as the maintenance of ships, direct leads to the appearance of hydrocarbons that affects the different ecosystems which he meets in once the contaminating source in the municipal Moa. It is present the characterization of ecosystems affected with oil's hydrocarbons, attending to environmental impacts identified by the expert group and the prior characterization of the area using assessment tools expert judgment using Delphi methodology. The environmental impact study was realized of qualitative form through matrix of cause-effect, valuation and importance of impact. The environmental factors of resulting surface/groundwater and health and hygiene the most attacked while impacts were more aggressive emissions (throwing to the ground hydrocarbons/ liberation to the midway air of gases, noises and materials in particles, throwing and contamination of the source for dragging of sediments, hydrocarbons and chemical substances) and accumulation waste (creation of drains industrials).

Key words: contamination, evaluation, hydrocarbons, petroleum, environmental study.

Recibido: febrero 23 de 2015

Aprobado: septiembre 23 de 2015

Introducción

El éxito del comercio marítimo, industria pesquera y defensa naval, dependen del desarrollo de los puertos y bahías, por lo que es importante el correcto diseño, construcción y mantenimiento de estos recursos cos-

taneros y marinos. El desarrollo marítimo suele generar problemas ambientales locales sin embargo, puede producir problemas de escala regional.

Los impactos del desarrollo marítimo difieren según su ubicación, debido a las variaciones en tales rasgos

* Centro de estudios del medio ambiente. Facultad de Geología y Minas. Instituto superior minero metalúrgico de Moa. Las Coloradas s/n, Moa, Holguín, Cuba. CP 83329. email: aguilarte@ismm.edu.cu

** Empresa del Níquel "Comandante Che Guevara" Moa-Holguín. Cuba. CP 83329.

*** Centro de Estudios de Biotecnología Industrial. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad de Oriente. Patricio Lumumba s/n. Santiago de Cuba. CP 90500. email: janet@uo.edu.cu, rmaria@uo.edu.cu, aabalos@uo.edu.cu

**** Empresa Puerto-Moa, Municipio Moa, Holguín.

como geografía, hidrología, geología, ecología, industrialización, urbanización y tipos de embarque.

La alteración de las aguas naturales y la construcción de estructuras artificiales, puede derivar en impactos sobre la masa de agua existente, así como el origen de impactos directos e indirectos sobre los ecosistemas y comunidades correspondientes en las cercanías de los puertos. Las operaciones como el dragado, creación y eliminación de materiales, desarrollo de las zonas playeras, tránsito marítimo y vehicular en el puerto, pueden provocar la liberación de contaminantes naturales y antropogénicos al ambiente (Viñas *et al.*, 2001; Guédez *et al.*, 2003).

La empresa Puerto Moa constituye un eslabón fundamental dentro de la infraestructura del grupo empresarial "Cubaníquel" donde su función fundamental es la recepción y almacenamiento de los productos o insumos de la importación para el consumo industrial de las empresas del níquel del territorio y la exportación de los productos ya terminados de estas industrias productoras. Es relevante declarar el importante papel natural, sociocultural y socioeconómico que remite esta institución, pues se identifican especies florísticas con un desempeño ecológico vital para el mantenimiento del entorno, la línea costera y las especies faunísticas existentes, significativa generación de empleos permanentes tanto en áreas productivas como administrativas que refleja un notable aumento de la calidad de vida del sector de la población que en la misma labora, además es pilar fundamental para el crecimiento económico del país.

De aquí que la actividad marítima portuaria ocasione un impacto negativo al ecosistema costero, lo que está asociado no sólo a la ausencia de sistemas de tratamiento, a la actividad de dragado y no existencia de un sistema de alcantarillado adecuado; sino también a la sinergia de los impactos ambientales de toda la actividad económica.

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es uno de los instrumentos para materializar la política ambiental, tie-

ne un carácter preventivo si se realiza desde que se concibe el proyecto, previendo que el impacto ambiental de la actividad a desarrollar modifique el medio ambiente (Wilkins, 2003; García-Cuellar *et al.*, 2004; Ramakrishna y Viraraghavan, 2005). La información que brinda permite analizar las consecuencias ambientales de un proyecto que unido a una valoración social y económica, definen las decisiones sobre la viabilidad del mismo. Uno de los métodos para realizar la EIA son las matrices causa - efecto o de interacción, muy útiles para identificar el origen de diferentes impactos, así como la matriz de valoración de impactos, que permite obtener una valoración cualitativa de la importancia de estos y por último, la matriz de importancia de impactos (Barker y Wood, 1999; Orozco *et al.*, 2004; Nápoles *et al.*, 2005).

Teniendo en cuenta que las empresas portuarias son responsables por la carga y descarga de los buques internacionales, a través de los cuales se realiza la exportación e importación de productos e insumos, y que para cumplir con sus funciones manipulan cantidades apreciables de hidrocarburos, este trabajo tiene como objetivo realizar la valoración del impacto ambiental que origina la actividad portuaria en la bahía Moa del municipio Moa, provincia de Holguín.

Materiales y métodos

Caracterización de la zona objeto de estudio

Para llevar a cabo la caracterización de la zona de estudio, se realizó un análisis de la infraestructura, actividad socioeconómica y movimientos de insumos, así como posibles focos de contaminación (figura 1). También se identificaron los potenciales impactos que son generados al ambiente, seleccionando los componentes interactuantes. Así como el conjunto de elementos ambientales del entorno físico, biológico y socioeconómico-cultural, que intervienen en dicha interacción según Milán, 2004.



Figura 1. Imagen aérea de la ubicación del Puerto Moa/ *Focos de contaminación identificados referentes a la actividad portuaria.

Infraestructura del Puerto: se valora a través del organigrama (instrumento) general de la empresa previamente caracterizado, se identifican y se valoran según su funcionamiento en el mismo las áreas de impacto para el estudio. La empresa se encuentra organizada estructuralmente por cuatro áreas de regulación y control y siete unidades empresariales básicas (UEB).

Actividad Socioeconómica y Movimiento de insumos: identificado a través del grupo de expertos del puerto y el objeto de trabajo y funciones de las unidades (tales como: servicios de explotación portuarias, servicios de transportación, recepción de suministros) sometidas a valoración. Las variables analizadas y previamente identificadas fueron: descarga de petróleo desde los tanqueros a la base/ labores de limpieza, drenaje, reparación y drenajes de los tanques de almacenamiento/trasiego y suministro de petróleo y de sustancias químicas a consumidores/descarga de amoníaco desde el buque a la base/preparación de soluciones químicas/descarga de carbón desde el buque a la base/operación de beneficio del carbón/transporte de carbón a la planta para consumo.

Focos de Contaminación: identificados a través del grupo de expertos del puerto y caracterizado por los principales elementos contaminantes en ellos existentes y los factores del medio que los mismos contaminan reflejados en la matriz causa-efecto.

Evaluación de impactos

La determinación cualitativa de los impactos ambientales se determinó a partir del uso de matrices en tres etapas: 1. Identificación de los impactos y los factores del medio afectados; 2. Valoración de los impactos y 3. Cálculo de la importancia de los impactos (Milán, 2004).

Etapa 1: identificación de impactos

Para el análisis de impactos, se efectuó el desglose de estos en sus diferentes etapas, actividades, hasta la identificación de acciones, entendiendo estas últimas como la unidad capaz de establecer una relación

causa-efecto con el entorno o ambiente que lo rodea (tabla 1). La identificación de las acciones susceptibles de generar impactos, se analizó a partir de la caracterización general de las empresas, y poder determinar cuáles son las posibles actividades negativas del trabajo por parte de los individuos que en estas laboran y que puedan trasladar los posibles impactos generados. Esto derivó en identificar los factores del medio impactados (terrestre, acuático y atmosférico) existente en el área de estudio, se seleccionaron los de mayor incidencia mediante la observación directa del grupo de expertos y su anotación en la matriz causa-efecto según Conesa (2000).

Tabla 1. Matriz Causa -Efecto.

Factores del medio		Impactos	
Nombre	Clave	I _i	I _n
	M _i		
	M _n		

Etapa 2: valoración de los impactos

La valoración de los impactos se realizó mediante un análisis detallado de las interacciones entre los factores del medio afectado y las acciones impactantes del mismo, utilizando como guía metodológica el cuadro de valores de los atributos de impactos (tabla 2) para realizar la evaluación cualitativa (Oñate *et al.*, 1998; Conesa, 2000; CICA, 2001).

Etapa 3: cálculo de la importancia de impacto

Se elaboró el modelo de matriz de importancia de impactos (tabla 3) donde se recogen cada uno de los resultados calculados a partir de la matriz de la valoración de impactos. Se considera utilizar la importancia de impactos como una función directamente proporcional al grado de alteración producido por un impacto ambiental en el medio ambiente y expresar la importancia como el porcentaje de alteración con

Tabla 2. Matriz de valoración de impactos

Matriz para la valoración de impactos													
Impactos	Atributos a evaluar											Importancia	Máximo Valor de importancia
	Naturaleza	Intensidad	Extension	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Acumulación	Probabilidad	Efecto	Periodicidad	Perc. Social		
	Signo	I	EX	MO	PE	RV	AC	PB	EF	PR	PS		

respecto a la alteración máxima posible. Se hace uso del sistema establecido según Conesa (2000) para realizar el proceso de discriminación, y buscar un mayor grado de precisión al establecer la importancia de los impactos, valorando lo siguiente:

En los impactos negativos determinar: valor medio (V_m) y desviación típica (σ), considerando como valor crítico del impacto (V_{cr}) todos aquellos cuyo valor de importancia (V_i) fuera superior a $V_m + \sigma$. O sea:

$$V_{cr} = V_i > V_m + \sigma \quad (1)$$

Asimismo, se consideró valorar como irrelevantes (V_{ir}) aquellos impactos cuyos valores de importancia (V_i) fueran inferiores del valor medio (V_m) menos la desviación típica (σ). O sea:

$$V_{ir} = V_i < V_m - \sigma \quad (2)$$

De esta forma se obtuvo el rango de discriminación, que no pre-establece valores absolutos de importancia, sino que se concibe como una función de las características de cada proyecto que se evalúe.

Validación de los criterios de expertos.

Aplicación del método Delphi

La validación de los criterios de expertos se realizó por el método Delphi o Delfos (el cual data de 1963-1964) presentado por la Rand Corporation y en particular por Olaf Helmer y Dalkey Gordon, siendo el que más

se ajusta al juicio intuitivo de expertos en materia ambiental (Linstone y Turoff, 2002). El mismo se aplicó seleccionando al grupo de expertos los cuales se sometieron a una autoevaluación de información y argumentación que poseen sobre el tema, utilizando la metodología requerida.

Selección de los expertos

La selección del grupo de expertos se realizó previa identificación de los individuos (investigadores en temas de medio ambiente) con pertinencia y competencia en el área del conocimiento investigado, sobre la base de su currículum personal. Inicialmente se consideró un valor total de 10 expertos pertenecientes al Puerto Moa y de centros de estudios de biotecnología y medio ambiente de la Universidad de Oriente y el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.

Instrumento

Se aplicó a los expertos, como instrumento, un cuestionario elaborado con base en el campo de acción de la investigación, el cual agrupa los ítems entorno a dos temas: 1. Experiencias obtenidas en la investigación de estudios de evaluación de impactos y 2. Pertinencia y objetividad de los trabajos desarrollados a raíz de su investigación individual o colectiva. Para procesar la información recogida en el cuestionario y realizar los pases de rondas establecidos se utilizó una aplicación

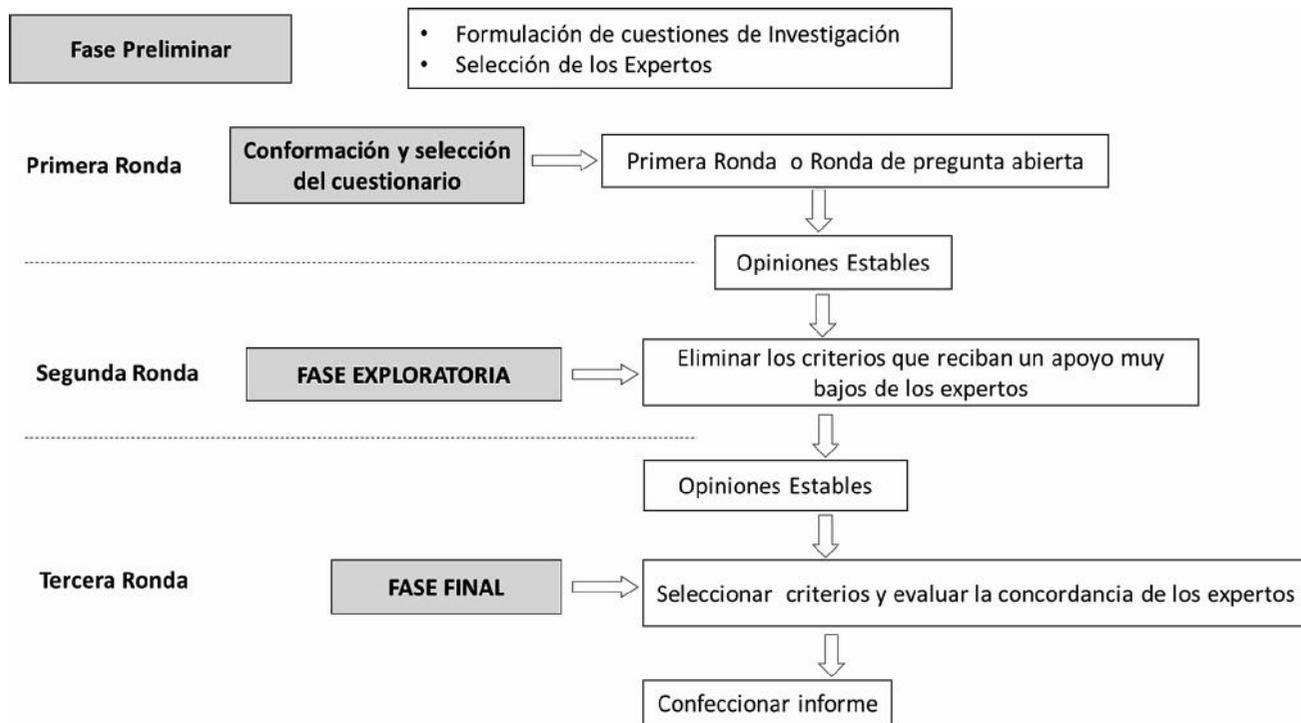


Figura 2. Representación de las fases metodológicas para la evaluación de expertos en temas ambientales.

Tabla 3. Matriz de importancia de impactos.

Factores del medio		Impactos			Valor alteración	Max valor alteración	Grado alteración
Nombre	Clave	I ₁	I ₂	I _n			
	M ₁						
	M ₂						
	M ₃						
Valor Medio de Importancia							
Dispersión Típica							
Rango de discriminación							
Valor de alteración							
Valor Max. alteración							
Grado de alteración							

informática elaborada a partir del método Delphi, versión 1.0 (Oñate *et al.*, 1998).

Procedimiento

Se estableció la metodología a seguir, como se describe en la figura 2. La fase preliminar delimita el tema de estudio, concibiendo inicialmente el problema de investigación, donde se selecciona el grupo de expertos y la supervisión de la investigación. La fase exploratoria, incluye el cuestionario para validar el objetivo de la presente investigación, mientras que la fase final sintetiza los resultados de todo el proceso de selección, validación y evaluación mediante la concordancia y consulta a los expertos, sometiendo a evaluación las variables definidas con anterioridad en la segunda ronda (Oñate *et al.*, 1998; Linstone y Turoff, 2002).

Resultados y discusión

Caracterización del área de estudio

El municipio Moa perteneciente a la provincia de Holguín de la Isla de Cuba, con una extensión territorial de 766,33 km², limita al norte con el Océano Atlántico, al Oeste con los Municipios de Frank País y Sagua de Tánamo, al Este y Sur con los Municipios de Baracoa y Yateras. La parte llana de Moa tiene más de 40 km bañados por las aguas del mar, y en ella se encuentran 4 bahías (Bahía de Moa, Bahía de Cañete, Bahía de Yaguasey y la Bahía de Yamanigüey).

El puerto Moa, cuenta con instalaciones para la recepción de mercancías y combustibles por donde se realizan maniobras para el movimiento de insumos, incluyendo los combustibles (fuel oil) mediante estructuras que transportan el mismo. Ésta tiene como función fundamental la carga y descarga de buques de travesía

internacional, a través de los cuales se realiza la exportación de níquel e importación de insumos como: crudo fuel oil, carbón antracita, azufre en estado sólido, entre otros; que son fundamentales para dicha industria. Además brindan servicios de maniobras, dragado, almacenaje y distribución de materias primas (carbón, amoníaco, combustibles, azufre, etc.) servicios de minería y transportación de coral, entre otros.

En tal sentido es que la actividad marítima portuaria ocasiona un impacto negativo al ecosistema costero, que está asociado a la no existencia de sistemas de tratamiento de residuales líquidos y residuos sólidos, a la carencia de sistema adecuado de alcantarillado, pero también a la sinergia de los impactos ambientales de toda la actividad económica que se realiza, y en gran medida a su elevada actividad productiva y capacidad de carga comparado con otras entidades homólogas de la región.

Estudios previos en la empresa Puerto Moa correlacionan que diferentes variables (aguas residuales, materiales industriales y residuos sólidos) eventualmente provocan impactos ya conocidos, generados por actividades en los buques como el aumento de contaminantes liberados por re-suspensión y dispersión de sedimentos e introducción en la columna de agua, aumento de los sedimentos suspendidos por arrastre según corrientes marinas imperantes en el área de vaciadero y por la afectación a las especies existentes en la barrera coralina cercana a la entrada del canal (García *et al.*, 2013).

También actividades generadas desde el puerto ocasionan la modificación del relieve del fondo en el área de vaciadero, debido a la deposición del material extraído, cambios en la circulación de las corrientes marinas como consecuencia de la modificación de la batimetría, afectación a las especies existentes en la

barrera coralina cercana a la entrada del canal y alteración en algunas especies de peces por ingestión y acumulación de metales pesados.

Es una zona afectada por la actividad de origen antrópico, básicamente industrial, que extiende su influencia a decenas de kilómetros de distancia en las direcciones predominante del viento, provocando la presencia de altos contenidos de sustancias nocivas, tales como CO₂, CO, SO₂, N₂, CH₄, H₂ y partículas, que aún en bajas concentraciones pueden llegar a afectar no solo la calidad del aire, sino la del suelo, la biota de los ecosistemas así como la salud de la población.

Al Este de la empresa portuaria se encuentra un pequeño parche de Bosque de Galería (Bosque Tropical Ombrófilo aluvial), bordeando el manglar de variante baja. La pequeña área que ocupa, da una medida de la modificación que ha sufrido el bosque; observándose la vegetación original de individuos de *Bucida spinosa* Jenn (júcaro espinoso), *Calophyllum rivulare* Bisse (ocuje) en el estrato arbóreo superior con una altura de 10 a 15m (García et al., 2013).

En la zona de costa baja que rodea al oeste, predomina *Rhizophora mangle* (L.) Mey (mangle rojo) con una altura que oscila entre 4-8 m, también hay individuos de *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (Patabán) detrás de la vegetación de costa arenosa en dirección a tierra.

Aparece la segunda variante, en zonas bajas con sedimentos lateríticos recientes, muy pobres en minerales y en materia orgánica, formado exclusivamente por plantas de *Rhizophora mangle* L., que alcanza menos de 2 m de altura. En la zona costera al Este se encuentra la presa de colas de la industria del Níquel. El área tiene grandes modificaciones debido a severos impactos negativos y una muestra de ello es que en el Bosque de Galería solamente se encontraron tres especies endémicas: *Sabal parviflora* Becc., *Ficus membranacea* Wright y *Bucida espinosa* Jenn (García et al., 2013).

Entre los factores que han influido en la afectación de esta formación, además de la tala indiscriminada de las especies arbóreas, está la propia actividad de construcción de las instalaciones del puerto. Otro factor que ha influido aceleradamente en los últimos años es el vertimiento de residuales de petróleo procedentes de las instalaciones de la Base de Petróleo, que ha provocado la muerte de gran número de individuos de júcaro espinoso y ocuje. Podemos apreciar en la (figura 3) como las raíces pivotantes de la barrera de mangle están cubiertas por una capa considerablemente gruesa de hidrocarburos y desechos industriales oleosos, esto a corto y largo plazo provoca la desaparición progresiva de individuos, el deterioro irreversible de ecosistema costero asociado y la posibilidad inminente de ser una región con peligro, vulnerabilidad y riesgo de desastres de origen natural. Este resultado se obtuvo principalmente a través de un inventario taxonómico detallado de las especies encontradas en las áreas de

estudio por los expertos pertinentes y del análisis y comparación de registros históricos del lugar.

La fauna aún no ha sido estudiada con profundidad, pero se observan invertebrados como insectos, arácnidos, crustáceos, miriápodos y otros. Problemática también válida para el grupo de los moluscos terrestres, los cuales han sido poco estudiados (García et al., 2013).

En la zona costera del puerto los manglares presentan una situación no muy favorable debido a la contaminación del suelo que ha provocado la alteración de propiedades físico-químicas y erosión del mismo; la alteración por inundación y salinidad conllevan a la defoliación, fragmentación del hábitat, variación de la composición florística del mangle y compactación del suelo. Todo lo anterior ha provocado disminución de la fauna asociada, alteración de escurrimiento superficial, pérdida de suelo del manglar, disminución del valor escénico del paisaje, mortalidad del mangle y proliferación de especies no deseadas (Atucha, 2009).

La degradación del medio tiene su origen principalmente debido a la falta de conocimiento sobre los valores del área, impactos producidos sobre los recursos, así como de las formas de prevenir o mitigar los daños; por emisiones de humos y gases de la combustión de hidrocarburos, provenientes de las industrias cercanas y ausencia de un sistema de tratamiento de residuales, líquidos y sólidos, lo que provoca la presencia en toda la línea costera, en el ecosistemas de manglar (figura 3), situación que también se refleja en toda la línea costera, y en el ecosistema de manglar con la aparición de diversos productos industriales (tales como hidrocarburos) y desechos producto de la actividad humana (figura 3), este último en menor cuantía, que se solucionarían si existiera en la empresa algún instrumento que regule la disposición final de estos residuales.

Evaluación de impacto ambiental mediante el análisis de las matrices

La identificación de los impactos ambientales se obtuvo analizando la interacción entre los componentes provenientes de las empresas asentadas en el Puerto Moa y los factores ambientales de su medio circundante. Se identificaron los factores afectados del medio y las acciones que generan impactos con la ejecución del proyecto.

En la EIA en condiciones actuales de operación, la matriz causa - efecto (tabla 4) presenta dos entradas con 7 atributos ambientales a impactar y 4 actividades que pueden causar impacto en el ambiente y la salud. Analizando las 28 posibles interacciones obtenidas en la matriz causa - efecto, se encontró que se relacionan 24 atributos con sus respectivas actividades impactantes. Se identificó que la calidad del aire está determinada por las actividades: emisión de contaminantes y



Figura 3. Imágenes de zonas impactadas con hidrocarburos del petróleo provenientes de las empresas asentadas en el puerto. Manglar (A), Marisma (B).

la acumulación de residuos. A su vez las aguas superficiales y subterráneas están influenciadas por el vertido de aguas residuales producto de las actividades humanas, vertido de aguas y líquidos industriales, emisión de contaminantes y acumulación de residuos.

Los factores suelo y vegetación están afectados por todas las acciones impactantes excepto por el vertido de aguas residuales producto de las actividades humanas. Tanto fauna, relaciones ecológicas y salud e higiene se cruzan en la matriz con todas las acciones impactantes (tabla 4).

En un segundo paso se elaboró la matriz de valoración de impactos, la que permitió obtener una valoración cualitativa de la importancia de los impactos presentes, interceptando las dos informaciones, obtenidas sobre la base de la matriz causa – efecto, con la finalidad de significar cuáles alteraciones ambientales se derivan tanto del estado inicial del medio, durante la ejecución del proyecto, como durante su explotación; permitiendo entonces valorar su importancia.

En la matriz de valoración de impactos (tabla 5) se muestran 24 impactos negativos, resultado del análisis del cruce de datos de la matriz causa-efecto contra las 11 características correspondiente a la matriz en cuestión, lo cual significa que, además de ser perjudiciales, disminuyen la calidad de los factores analizados. Por tanto se muestran tres resultados irrelevantes por debajo de 25, valor establecido en la metodología se-

gún Conesa (2000) y Milán (2004); correspondientes a M211, M511, M611 para un 13 % del total (García *et al.*, 2013). En el caso de los resultados moderados se exhiben 16 valores entre 25 y 50, que corresponden al 67 % del total y los resultados severos entre 50 y 75 muestran un total de 5 atributos impactados correspondiente a M114, M213, M214, M513, M613 y consideran el 21 %.

Según se muestra en la tabla 5, en el factor calidad del aire, el impacto de la emisión de contaminantes resultó ser moderado, determinado fundamentalmente por los atributos intensidad, momento, efecto y probabilidad; sin embargo para este mismo factor, el impacto acumulación de residuos, resultó ser severo determinado principalmente por todos los atributos excepto reversibilidad y periodicidad que presentaron valores de 2, siendo de 12 el valor más elevado para el atributo intensidad. El factor aguas superficiales y subterráneas resultó ser irrelevante para el efecto vertido de aguas de origen humano y moderado para vertido de aguas y líquidos industriales, originándose efecto severo para los impactos emisión de contaminantes y acumulación de residuos, respectivamente, donde los atributos de mayor influencia fueron la intensidad, extensión y el momento (tabla 2).

En cambio, el factor suelo en todos los casos analizados resultó ser moderado en relación con los impactos, sin alguna diferencia significativa entre ellos, donde los

Tabla 4. Resultados de la matriz causa – efecto. Etapa: Actual Funcionamiento.

Matriz Causa - Efecto					
Factores del medio	Clave	Etapa: Actual funcionamiento			
		Vertido de aguas residuales. Actividad Humana	Vertido aguas industriales	Emisión contaminante	Acumulación residuos
		I1	I2	I3	I4
Calidad del aire	M1			x	x
Aguas superficiales y subterráneas	M2	x	x	x	x
Suelo	M3		x	x	x
Vegetación	M4		x	x	x
Fauna	M5	x	x	x	x
Relaciones ecológicas	M6	x	x	x	x
Salud e higiene	M7	x	x	x	x

atributos de mayor influencia fueron la intensidad, extensión, momento y efecto. Lo mismo ocurre con los resultados mostrados por el factor vegetación, donde los efectos de los impactos también son moderados (tabla 5).

En el caso particular de los factores fauna, relaciones ecológicas, salud e higiene, están afectados por cada uno de los impactos identificados pero muestran diferencias y algunas significativas en cuanto al grado de importancia del efecto. Ejemplo de esto lo muestra el factor fauna con respecto a la emisión de contaminantes con un efecto severo comparado con los demás impactos que son moderados y uno de ellos con valor irrelevante, donde los atributos que más inciden en el caso del mayor valor (severo) son intensidad, extensión, momento, reversibilidad, acumulación y probabilidad. Así mismo sucede con el factor relaciones ecológicas el cual exhibe un impacto de efecto severo y la influencia de atributos como la extensión, momento, reversibilidad, acumulación e importancia, también muestran un efecto irrelevante y dos de efecto moderado (tabla 5).

Para el factor salud e higiene resulta interesante destacar que todos los impactos que operan tienen un efecto moderado, pero cercano al límite de un efecto severo, es decir, que este es un factor susceptible a cualquier variación de efectos negativos, donde se muestran atributos con gran frecuencia de aparición como la extensión, momento y reversibilidad.

Del análisis de las matrices causa y efecto y valoración de los impactos (tablas 4 y 5) se deriva que los impactos que afectan y los factores del medio dañados se recogen por igual en la matriz de importancia de impacto, esta última revela que los factores del medio que experimentan un alto grado de afectación son principalmente dos, primeramente el factor del medio: aguas superficiales y subterráneas con un valor de alteración de 169, donde el máximo valor de alteración fue 400 y grado de alteración de -42, siendo el más afectado; cabe destacar que el impacto I4 (acumulación de residuos) tiene mayor influencia sobre este factor con un valor de -55 de importancia. El segundo factor del medio que mostró altos índices de afectación fue salud e higiene con un valor de alteración de 165, correspondido con el máximo valor de alteración de 400 y un grado de alteración de -41 donde nuevamente el impacto I4 con I2 (vertido de aguas industriales) ejerce una influencia negativa de -48 de importancia.

A su vez, la matriz de importancia (tabla 6), muestra también dos impactos ambientales con altos valores de alteración. El impacto I3 identificado como emisión de contaminante, muestra un valor de alteración de 314, correspondido por el consiguiente máximo valor de alteración de 700 y un grado de alteración de -45. El impacto I4 identificado como la acumulación de residuos, muestra el valor más elevado de alteración que el mismo puede manifestar hacia los factores del medio, llegando a alcanzar el valor de 322, correspondido por su máximo valor de alteración también de 700 y un grado de alteración de -46.

Tabla 5. Resultados de la matriz de valoración de impactos. Etapa de Actual Funcionamiento.

Impactos	ETAPA: Actual funcionamiento											Importancia	Valor Máximo de Importancia
	Naturaleza	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Acumulación	Probabilidad	Efecto	Periodicidad	Percepción Social		
	Signo	In	Ex	Mo	Pr	Rv	Ac	Pb	Ef	Pr	PS		
M113	-	2	2	4	2	1	1	4	4	2	1	-29	100
M114	-	12	4	4	4	2	4	4	4	4	2	-72	100
M211	-	2	2	1	1	1	1	2	1	1	0	-18	100
M212	-	4	4	4	4	2	4	4	1	2	1	-42	100
M213	-	8	4	4	4	2	4	1	4	1	2	-54	100
M214	-	8	2	4	4	2	4	4	4	4	1	-55	100
M312	-	2	2	4	4	2	4	4	4	2	0	-34	100
M313	-	4	4	4	4	2	4	1	4	1	0	-40	100
M314	-	4	2	2	4	1	4	1	4	2	0	-34	100
M412	-	4	2	4	4	2	4	1	4	2	0	-37	100
M413	-	4	4	4	4	2	2	1	4	1	0	-38	100
M414	-	2	2	2	2	1	4	1	4	1	0	-25	100
M511	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	-12	100
M512	-	4	2	2	2	1	4	1	4	1	0	-31	100
M513	-	8	4	4	4	2	4	4	4	2	1	-57	100
M514	-	4	4	4	4	2	4	4	4	2	0	-44	100
M611	-	2	1	2	1	1	4	1	4	1	0	-22	100
M612	-	4	2	1	1	1	2	1	4	1	0	-27	100
M613	-	8	4	4	4	2	4	4	4	2	0	-56	100
M614	-	4	4	4	4	2	4	4	4	2	0	-44	100
M711	-	4	1	1	2	1	4	1	4	1	1	-29	100
M712	-	4	4	4	4	2	4	4	4	4	2	-48	100
M713	-	2	4	2	4	2	4	4	4	4	2	-40	100
M714	-	4	4	4	4	2	4	4	4	4	2	-48	100
Total		105	69	74	76	39	83	61	87	48	15	936	2400

Tabla 6. Resultados de matriz de Importancia de impactos. Etapa de Actual Funcionamiento.

Factores del medio		Etapa: Actual funcionamiento						
		Impactos				Valor Alteración	Máx. valor de alteración	Grado de Alteración
Nombre	Clave	I1	I2	I3	I4			
Calidad del aire	M1			-29	-72	-101	200	-51
Aguas superficiales y subterráneas	M2	-18	-42	-54	-55	-169	400	-42
Suelo	M3		-34	-40	-34	-108	300	-36
Vegetación	M4		-37	-38	-25	-100	300	-33
Fauna	M5	-12	-31	-57	-44	-144	400	-36
Relaciones ecológicas	M6	-22	-27	-56	-44	-149	400	-37
Salud e Higiene	M7	-29	-48	-40	-48	-165	400	-41
Valor Medio de importancia		-39						
Dispersión Típica		14						
Rango de Discriminación		-25		-53				
Valor de la Alteración		-81	-219	-314	-322	-936		
Máximo Valor de Alteración		400	600	700	700		2400	
Grado de Alteración		-20	-37	-45	-46			-39

Resultados del método Delphi para validar la investigación

En múltiples ocasiones las técnicas matemáticas y estadísticas no son capaces de revelar la esencia de los objetos y fenómenos que se estudian, debido a que son multivariadas y muy complejas. En este sentido se han elaborado métodos, que a partir de la experiencia y conocimientos de un grupo de personas considerados expertos en la temática que se está abordando, de manera puedan ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia.

El análisis del impacto que genera el manejo de hidrocarburos y otros insumos en las empresas asentadas en Puerto Moa, fue realizado por el grupo de expertos; para lo cual se realizaron encuestas que permitieron obtener criterios cualitativos en una primera ronda y cuantitativos en las rondas dos y tres, lo que permitió alcanzar una unidad de criterios acerca de las variables que mayor incidencia tienen en la elección del tipo de rehabilitación, cumpliendo con el diagrama establecido para este tipo de análisis (figura 2).

En la primera ronda de pregunta abierta, se analizaron y aceptaron las 8 variables sugeridas que permitieron tener

una valoración sobre la preparación de los expertos para acometer este tipo de estudio. Esta abordó un cuestionario que demuestra la preparación de los expertos en cuanto a criterio de estudios de impacto ambiental, experiencia y profundidad en la temática, así como los métodos existentes, las principales tareas y el conocimiento de la existencia o no de metodologías que permitan un adecuado estudio de evaluación de impacto ambiental, concluyendo con un informe de la valoración de los impactos con propuestas de medidas que garanticen la mitigación de los impactos detectados.

Los resultados de las encuestas demostraron estabilidad de opiniones de los expertos. Las 8 variables fueron aceptadas y pasaron a la próxima ronda.

La segunda fase permitió determinar la frecuencia relativa y la aceptabilidad promedio lo cual condujo a seleccionar las variables finales. Se trabajó con una repetición de 7, empleando el valor de Kcomp de cada experto, lo que permitió ponderar las frecuencias a partir de la evaluación de todos los expertos de la ronda anterior. No se despreció ninguna puntuación ya que el valor más bajo de frecuencia relativa fue de 7,6 con respecto a la máxima calificación de 10 obtenidas de las 8 variables, con una aceptabilidad promedio de excelente.

En la tercera ronda se sometieron a valoración las 8 variables definidas con anterioridad y como criterio de selección se tomó una escala de 3,000-9,000 en orden decreciente, correspondiendo con 3,000 a la menor incidencia y 9,000 a la mayor.

Con las evaluaciones obtenidas se determinó el grado de concordancia entre expertos, a través del coeficiente de Kendall (Ken), cuyo valor oscila entre 0 y 1, se considera que cuando $Ken > 0,7$ existe elevada concordancia entre los expertos y cuando $Ken < 0,4$ no existe concordancia (Linstone y Turoff, 2002).

Como resultado, en la selección de las principales variables que inciden en la valoración del criterio de los expertos, se obtuvo que el valor del coeficiente Kendall es 0,95; confirmando que existe concordancia en el criterio de los expertos.

Conclusiones

La metodología de análisis de datos a través del grupo de expertos muestra una concordancia positiva en relación a los resultados emitidos para su validación, de ahí que los factores del medio analizados, el factor suelo y el humano (Salud e higiene) son los más vulnerables a la actividad socioeconómica que se realiza en el área de estudio, ellos evidencian una exposición elevada a los hidrocarburos y residuos de origen industrial, atendiendo a que no existe un sistema de tratamiento, la ausencia de políticas, instrumentos de gestión ambiental, labores de buenas prácticas que tracen un camino hacia el correcto manejo y relación con los factores del medio existentes. Los resultados arrojados por la matriz de importancia de impactos para los factores antes mencionados exhibieron valores significativos de importancia con respecto a los demás factores del medio y de gran vulnerabilidad frente a los impactos identificados. El estudio sugiere elaborar una carpeta de proyectos destinados al mejoramiento e instrumentar una adecuada gestión ambiental para la empresa Puerto Moa, además de caracterizar el suelo contaminado con hidrocarburo para su posible mejoramiento por medio de tecnologías de tratamiento biotecnológico.

Referencias

- Atucha, M. (2009). Acciones para elevar la cultura ambiental en la comunidad del Puerto de Guayabal. Auditoría Ambiental a Puerto Moa. CESIGMA, p 48.
- Barker, A. y Wood, C. (1999). An evaluation of EIA system performance in eight EU countries. *Environmental Impact Assessment Review*, 19, 387-404.
- CICA (Centro de Inspección y Control Ambiental). (2001). Guía para la realización de las solicitudes de licencia ambiental y los estudios de impacto ambiental. La Habana, p 56.
- CITMA. (2009). Estrategia nacional de educación ambiental, 2010-2015, CUBA. La Habana, p 27.
- Conesa, V. (2000). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Tercera Edición. Mundi-Prensa. España. 1-30.
- García, C., Guilarte, A., Fernández, O., Comas, Y. (2013). Impacto sociocultural de la situación medioambiental en la empresa Puerto Moa. Tesis en Opción al Título de Licenciada en estudios socioculturales, Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa-Holguín, p. 42.
- García-Cuellar, J. A., Arreguin-Sánchez, F., Hernández, S y LLuch-Cota, D. (2004). Impacto económico de la industria petrolera en la sonda de Campeche, México, tras tres décadas de actividad: una revisión. *Interciencia*, 29(6), 311-319.
- Guédez, C., De Armas, D., Reyes, R., Galván, L. (2003). Los sistemas de gestión ambiental en la industria petrolera internacional. *Interciencia*, 28(9), 528-533.
- Linstone, A and Murray, T. (2002). The Delphi methods techniques and application. *University of Southern California Edition, EUA*, p. 615.
- Milán, J.A. (2004). Curso de estudio y evaluación de impacto ambiental. Editorial Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). Nicaragua, p. 375.
- Nápoles, J., Marañón, A., Cumbá, F., Anllo, Y.; Abalos, A. (2005). Tratabilidad de suelos contaminados aplicando microcosmos. *Revista Cubana de Química*, 17(1), 179-188.
- Oñate, N., Ramos, L. y Díaz, A. (1998). Utilización del Método Delphi en la pronosticación: Una experiencia inicial. Cuba: *Economía Planificada*, 3 (4), 9-48.
- Orozco, C., Pérez, A., González, M. N., Rodríguez, F., Alfayate, J. M. (2004). Contaminación ambiental: una visión desde la química. Primera edición. Thomson. Madrid. España, pp. 453-450.
- Ramakrishna, D. y Viraraghavan, T. (2005). Environmental impact of chemical deicers- a review. *Water, Air and Soil Pollution*, 166(1),49-63.
- Viñas, M., Sabaté, J., Grifoll, M., Solanas, M. (2001). Ensayos de tratabilidad en la recuperación de suelos contaminados por la tecnología de la biorremediación. *Residuos. Revista Técnica*, 59, 78 - 82
- Wilkins, H. (2003). The need for subjectivity in EIA: discourse as a tool for sustainable development. *Environmental Impact Assessment Review*, 23, 401-404.