

Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia

Land-based sources pollution in the coastal zone of the Guajira, Colombia

Fontes terrestres de contaminação na zona litoral de La Guajira, Colômbia

Carlos Doria Argumedo¹ & Lisbeth Janet Vivas Aguas²

¹ Licenciado en Química, Magister en Química, Estudiante de Doctorado en Ciencias Químicas en la Universidad de La Guajira. Riohacha. Colombia. ²Ingeniera Pesquera. Magister en Ciencias Ambientales

¹Facultad de Ingeniería. Universidad de La Guajira. Colombia. ² Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Adreis"-INVEMAR. Colombia

¹cdoria@uniguajira.edu.co, ²janet.vivas@invemar.org.co

Resumen

La determinación y caracterización de las fuentes terrestres de contaminación es una actividad importante para el diagnóstico de la calidad ambiental marina de las áreas costeras de Colombia. Teniendo en cuenta que La Guajira es una región con un gran potencial minero, rica en recursos marinos y naturales y con una localización geográfica que le abre grandes posibilidades para el intercambio comercial con los países de la cuenca del Caribe, se realizó una descripción detallada de los factores potencialmente contaminantes en la zona costera, tomando como base principal la metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental de Colombia, básicamente el listado de factores ambientales del método Battelle-Columbus, para así poder realizar la Evaluación de Impacto Ambiental. De acuerdo a los resultados se observaron varios impactos ambientales significativos en la zona de estudio como en el caso de la minería, actividad que afecta de forma directa a los factores ambientales con importancia crítica como los pastizales y praderas, los factores estéticos, contaminación

atmosférica, la diversidad de especies, las cadenas alimentarias, uso del suelo, contaminación del suelo y de las viviendas cercanas. Se concluye que es necesario implementar medidas de manejo en la zona que permitan mejorar las condiciones ambientales y la calidad de vida de los pobladores.

Palabras clave: Fuentes terrestres, contaminación costera, factores contaminantes, evaluación de impacto ambiental.

Abstract

The identification and characterization of land-based sources of pollution is an important activity for the diagnosis of the environmental quality marina of the coastal areas of Colombia. Taking into account that the Guajira is a region with a great mining potential, rich in marine and natural resources and with a geographical location which opens up great possibilities for trade with the countries of the Caribbean basin, gave a detailed description of the factors potentially polluting in the coastal zone, taking as the main

basis of the methodology for the calculation of fines for infringement of environmental regulations in Colombia, basically the list of environmental factors of the method Battelle-Columbus, so as to be able to carry out the Environmental Impact Assessment. According to the results were observed several significant environmental impacts in the study area as in the case of mining, activity which directly affects the environmental factors with critical as pastures and meadows, the aesthetic factors such atmospheric pollution, the diversity of species, food chains, land use, pollution of the soil and of the houses in the vicinity. It is concluded that it is necessary to implement management measures in the area to improve the environmental conditions and the quality of life of the inhabitants.

Key-words: Land-based sources, coastal pollution, polluting factors, environmental impact assessment.

Resumo

A determinação e caracterização das fontes terrestres de contaminação são atividades importantes para o diagnóstico da qualidade ambiental marinha

no litoral colombiano. Considerando que La Guajira é uma região com potencial mineiro, é rica em recursos marinhos e naturais e tem uma localização geográfica que abre grandes possibilidades para trocas comerciais com países do Caribe, foi realizada uma descrição detalhada dos fatores potencialmente contaminantes no litoral, baseando-se no listado de fatores ambientais do método Battelle-Columbus, para assim realizar a Avaliação do Impacto Ambiental. Segundo os resultados, observaram-se vários impactos ambientais significativos no local de estudo, como é o caso da mineração, atividade que afeta de forma direta aos fatores ambientais com importância crítica como pastagens e prados, os fatores estéticos, contaminação atmosférica, diversidade de espécies, cadeias tróficas, uso do solo, contaminação do solo e moradias próximas. Foi concluído que é necessário implementar normativas de manejo no local que permitam melhorar as condições ambientais e a qualidade de vida das pessoas.

Palavras-chave: Fontes terrestres, contaminação litoral, fatores contaminantes, avaliação de impacto ambiental.

Introducción

Uno de los problemas ligados al desarrollo sostenible de los países está relacionado con el deterioro de los ecosistemas por parte del hombre en busca de su desarrollo económico (IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011). Dada esta situación, es de esperar que la contaminación marino-costera, está estrechamente relacionada con el aumento creciente de las poblaciones que habitan estas zonas y por ende el crecimiento de sus actividades socio-económicas, juegan un papel importante en el deterioro de los recursos naturales, ya que afectan en menor o mayor medida la dinámica del medio marino, los ecosistemas, pobladores costeros y otras actividades conexas (Garay, Marín & Vélez, 2001). La zona costera del Caribe colombiano se caracteriza por presentar unas condiciones ambientales específicas que la hacen actualmente centro de las

principales industrias y puertos colombianos, lo cual la convierte en un área de gran importancia desde el punto de vista ambiental y de características únicas para las comunidades que allí se desarrollan (Tous *et al.*, 2007). No obstante los ecosistemas de esta zona se han visto alterados por las actividades humanas, tanto en las zonas costeras como en el sistema marino mismo, que se planifican y ejecutan sin suficiente manejo ambiental de los impactos que generan sobre la base ambiental, convirtiéndose en las principales causas de pérdida de la biodiversidad (Posada *et al.*, 2012). Según Vivas-Aguas *et al.* (2012), teniendo en cuenta el Índice de Calidad Ambiental Marina y Costera ICAM, las aguas marinas de La Guajira presentan una categoría de pésima calidad, especialmente en la época de lluvias, determinadas por las condiciones de altas

concentraciones de coliformes termotolerantes, nitratos y sólidos. Esta situación se atribuye a los diferentes asentamientos y actividades domésticas, agrícolas, pecuarias y mineras de esta zona.

Estas actividades productivas y los asentamientos humanos generan residuos que en mayor o menor medida son las potenciales fuentes contaminantes del agua y los recursos naturales, si no éstos son manejados y dispuestos de forma adecuada para reducir el deterioro ambiental (Tabla 1). La mayoría de estos contaminantes llegan al mar a través de los ríos y por las escorrentías ocasionando importantes efectos en los ecosistemas costeros (Restrepo & Kjerfve, 2004). El río Ranchería, nace en las estribaciones de la falda sur oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta y desemboca en el

Mar Caribe, es la corriente hidrográfica de mayor importancia para el departamento de La Guajira puesto que no solo se constituye en la fuente de abastecimiento para la cabecera municipal de nueve de los quince municipios de esta región, sino que es aportante principal para la actividad agrícola (principalmente arroz, café y frutales ácidos) y ganadería de la zona (MAVDT, Corpoguajira, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, 2009; Otero, 2013); en este sentido este recurso hídrico se convierte en el principal receptor de los residuos que se derivan de las múltiples actividades socioeconómicas y asentamientos humanos ubicados a lo largo y ancho de su cuenca, considerándose como las potenciales fuentes contaminantes del agua y los recursos naturales de la zona costera de La Guajira.

Tabla 1. Principales actividades, fuentes contaminantes y cuerpos de agua afectados en el departamento de La Guajira

Actividad / Fuente contaminante		Tipo de contaminación	Tributarios afectados
Petróleo, Energía y Minería	Explotación de carbón Cerrejón – municipios (Barrancas y Riohacha).	Aumento de sólidos en suspensión y disueltos, hidrocarburos del petróleo, compuestos tóxicos orgánicos, aguas térmicas	Mar Caribe, Ranchería, Cañas
	Extracción de petróleo crudo y de gas natural.		
	Generación de energía eléctrica.		
Agrícola y pecuaria	Cultivos de arroz, maíz, tomate, plátano y sorgo.	contaminantes orgánicos, fertilizantes, agroquímicos, desechos de animales, contaminación microbiológica,	Ranchería, Cañas, Palomino
	Criadero de animales		
Marítima-Puertos	Puerto Bolívar, Puerto Nuevo, Uribia- Dibulla,	Aguas de sentinas – residuos de carbón, residuos oleoso	Bahía Portete
	Estaciones de servicio	Aceites, grasas, sedimentos	Ranchería-Riito
Municipales Instituciones	Matadero de vacunos en Riohacha	Retazos de pieles, cascots y heces	Mar Caribe, Riohacha
Eliminación de Residuos y vertimientos domésticos	Alcantarillado de Riohacha, Barrancas, Hato Nuevo, Fonseca, Distracción, Albania	Materia orgánica, microorganismos, sólidos en suspensión, grasas y aceites	Mar Caribe, subcuencas del río Ranchería

Fuente: Garay *et al*, 2001

se tomó el listado de factores ambientales del método Battelle-Columbus, que se basa en una lista de indicadores de impacto con 78 parámetros o factores ambientales que representan una unidad o un aspecto del medio ambiente que merece considerarse por separado y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental derivado de las acciones (García, 2004); y se seleccionaron las acciones que pueden causar impacto ambiental según la matriz propuesta por Leopold (1971), que consiste en una matriz de doble entrada en la que se disponen en filas los factores ambientales que pueden ser afectados y en columnas las acciones que tendrán lugar y que serán causa de los posibles impactos (Conesa, 2009). Se elaboró la matriz de afectación, donde a partir del cruce de información entre el listado de factores y de impactos ambientales se determinaron las afectaciones relevantes para su estimación fue realizada la valoración cualitativa, asignando valores prefijados según la escala de importancia propuesta por Conesa (2009). Para finalizar se hizo la sumatoria total de la columna de importancia indicando cuales son los impactos más significativos. A manera de resumen se hizo la relación entre las fuentes de contaminación y las actividades identificadas en la zona de estudio con respecto a las acciones que podrían causar impacto ambiental según Leopold (1971).

Resultados y Discusión

Saneamiento básico y residuos domésticos: varios de los municipios de la cuenca del río Ranchería, coinciden en diferentes actividades socioeconómicas características del departamento, como son las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, marítimas, pesqueras, entre otras (DNP, 2007). De igual manera, la mayoría de los municipios presentan un inadecuado manejo de los residuos sólidos y baja cobertura de saneamiento básico (Tabla 2), generando vertidos directos de contaminantes sobre el suelo y los cuerpos de agua, convirtiéndose en tensores que pueden modificar las características químicas, físicas y biológicas del agua; y causar la degradación de los ecosistemas.

Los sistemas de abastecimiento de acueducto municipales en el departamento, en su mayoría, funcionan por gravedad a través de la captación directa del agua de los ríos. Las plantas de tratamiento son insuficientes para tratar y potabilizar el agua, y en gran parte de los municipios el agua que se distribuye es de baja calidad o no es apta para el consumo humano. Según los análisis del Índice de Calidad del Riesgo del Agua (IRCA) de la Secretaría de Salud Departamental en 2009, los acueductos de las cabeceras urbanas de Albania, Fonseca y Uribia presentan un nivel de riesgo bajo, mientras que las poblaciones indígenas de la Media y Alta Guajira son las zonas más afectadas, quienes se abastecen principalmente de manantiales, nacimientos, aljibes o jagüeyes, y usan esta agua para consumo humano y cría de animales (Corpoguajira, 2011).

De acuerdo a la población, se calculó que los 344804 habitantes de la zona producen 43260 m³/día de aguas residuales domésticas (MinDesarrollo 2000; UNEP-RCU/CEP, 2010), cargadas con 2955 t/año de materia orgánica en términos de DBO₅, y de 5909 t/año de DQO; además con 709 t/año de nitrógeno; 47 t/año de fosfatos; 2955 t/año de sólidos suspendidos totales y 1,2E+19 NMP/año de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Las mayores cargas de contaminantes domésticos son producidas por el municipio de Riohacha que genera 1928 t/año de DBO₅, 3855 t/año de DQO, 463 t/año de nitrógeno, 1928 t/año de sólidos suspendidos, 31 t/año de fósforo total y 7,7 E+18 NMP/año de coliformes. Se debe tener en cuenta que las altas concentraciones de sólidos, nutrientes y materia orgánica pueden afectar la calidad del agua y representan un riesgo para la salud humana, dependiendo de los sistemas de tratamiento, la disposición de las aguas residuales domésticas y la cobertura de servicios que tenga cada población (Figura 2).

Tabla 2. Cobertura de servicios públicos y producción de residuos sólidos en los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira.

Municipio	Producción de residuo sólido (t/día)	Cobertura de aseo (%)	Cobertura de acueducto (%)	Cobertura de alcantarillado (%)	Tratamiento de aguas residuales	Disposición de residuos sólidos
Riohacha	176	60,4	69	53	PTAR*	Celda transitoria
Albania	13	87	65	43	PTAR*	Botadero Albania
Distracción	8	90	61	51	Laguna de oxidación	Botadero Fonseca
Fonseca	16	40	80	54	Laguna de oxidación	Botadero Fonseca
Barrancas	17	100	69	60	Laguna de oxidación	Botadero Barrancas
Hatonuevo	11	91,4	66	60	Laguna de oxidación	Botadero Barrancas

*Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Fuente: SSPD, 2009; Concejo Municipal de Fonseca, 2008; DANE, 2005; Corpoguajira, 2009; Mindesarrollo, 2009

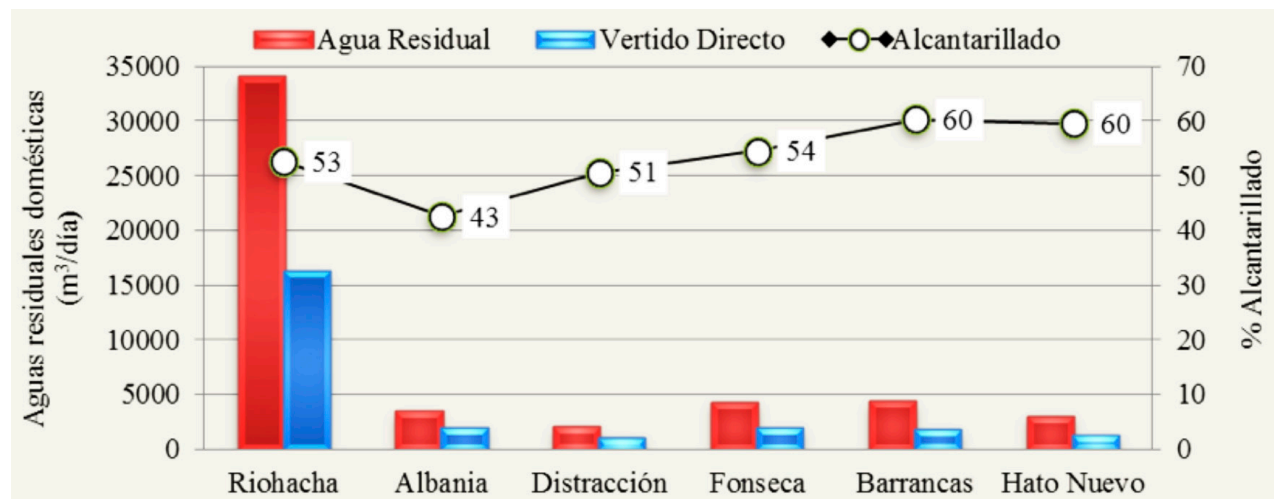


Figura 2. Caudal estimado de vertido de aguas residuales domésticas y distribución de la cobertura de alcantarillado en los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira

Los residuales líquidos en los municipios de Riohacha y Albania se manejan con planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), y en los demás utilizan lagunas facultativas o de oxidación (Tabla 2). Estos sistemas después del tratamiento de las aguas residuales domésticas se descargan a cuerpos de agua superficiales, en el caso de Riohacha las aguas residuales domésticas llegan al alcantarillado a través

de un sistema de colectores y redes que son vertidas directamente al mar Caribe.

En materia de saneamiento básico cada población tiene implementado sus sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas (Tabla 2), pero se presentan deficiencias, dado que la cobertura de alcantarillado en las áreas urbanas el 31% de

las viviendas no están conectadas a la red y el área rural alcanza hasta el 90% (DANE, 2005). En cuando al servicio sanitario en particular, el 49% de las viviendas tienen inodoros conectados al alcantarillado, el 19% conectado al pozo séptico y el 31% restante no tiene servicio sanitario o usan letrinas (Figura 3). En la mayoría de los municipios los sistemas de alcantarillado son antiguos y están

saturados por los sólidos, que se descargan en las cámaras de inspección y por su doble uso como alcantarillado de aguas residuales y pluviales. Por ello, las redes de drenaje son deficientes, y en algunas áreas rurales se han implementado plantas de tratamiento para reducir la carga de sólidos antes de su disposición final (DANE, 2005; Corpo-guajira, 2011)

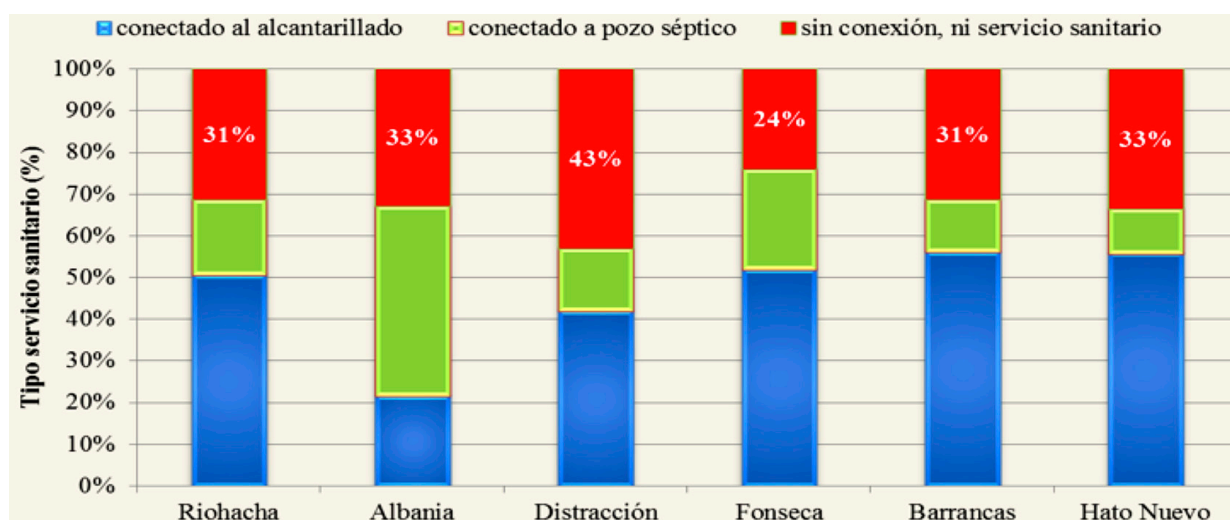


Figura 3. Tipo de servicio sanitario de los municipios de la cuenca del río Ranchería. La Guajira.

Los resultados de los monitoreos realizados en los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales, indican las concentraciones de DBO_5 oscilan entre 12 y 608 mg/L en el punto de entrada, mientras que en las salidas fluctuaron entre 8 y 281 mg/L. Los sólidos suspendidos por su parte, oscilaron entre 29 y 744 mg/L, en el punto de entrada y entre 10 y 236 mg/L en la salida del sistema, siendo la PTAR del municipio de Albania, la que tiene mayor demanda de oxígeno y concentración de sólidos en suspensión, en relación al porcentaje de remoción para de DBO_5 el único municipio que presenta una eficiencia debajo del 30% según la norma es Barrancas con una eficiencia del 16%, y para Sólidos Suspendidos Totales, únicamente Barrancas y Hatonuevo muestran eficiencias menores al 50%, con 14 y 32%, debajo del límite permisible para vertimiento de residuos líquidos a un cuerpo de agua según lo dispuesto en el Decreto 1594 de 1984.

En cuanto al manejo de los residuos sólidos, en el 50% de las viviendas son recogidos por el servicio de aseo, el 25% queman la basura, el 14% la disponen en patio, lote, zanja (llamados botaderos satélite), el 4% los entierran, y el 7% restante son arrojados a cuerpos de agua o utilizan otro tipo de eliminación, generalmente de forma inadecuada (DANE, 2005; SSPD, 2009). En el departamento de La Guajira se producen en promedio 308 t/día, de los cuales 166 t/día son dispuestos en botaderos a cielo abierto, cuenta con un relleno sanitario, ubicado en el municipio de Manaure que recibe residuos provenientes de este municipio, con una producción promedio de 10,3 t/día y Riohacha maneja el 31% del total de la producción departamental en una celda transitoria (Tabla 2). Según los valores típicos de producción *pér capita* y el nivel de complejidad del sistema (MinDesarrollo, 2000), la producción total de los residuos estimada para los seis municipios

del área de la cuenca del río Ranchería es de 241 t/día, donde Riohacha produce el 73% (SSPD, 2009), debido al mayor número de habitantes (Figura 4).

El inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos deterioran el paisaje, son fuentes potenciales de contaminación del suelo, agua y aire, su degradación origina olores ofensivos por la putrefacción rápida de materiales orgánicos o por emanaciones de sustancias tóxicas volátiles de origen industrial o doméstico, como pinturas, solventes, entre otros. Adicionalmente, puede causar deterioro de la calidad de las aguas superficiales y por la percolación de cargas contaminantes asociadas a los lixiviados, que pueden alcanzar las aguas subterráneas (MinDesarrollo, 2000; Corpoguajira, 2011).

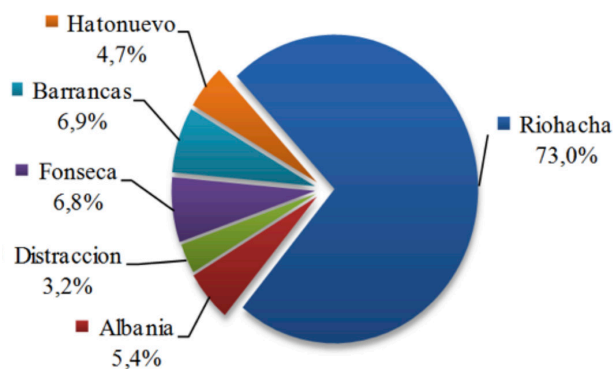


Figura 4. Producción de residuos sólidos estimada, de acuerdo a los valores típicos per cápita para los municipios de la cuenca del río Ranchería, según el nivel de complejidad del sistema.

Fuente: MinDesarrollo (2000).

Actividades productivas y socioeconómicas

El departamento de La Guajira a pesar de tener principalmente vocación minera; es el sector agropecuario el que genera más empleo porque de las 21.084.800 ha, 33.691 ha fueron cultivadas con 9.661 cultivadores en el 2008 y 104.963 ha son áreas nuevas aptas para la agricultura (Gobernación departamental de La Guajira, 2005, Corpoguajira, 2011). Según los datos reportados por Corpoguajira (2011) de estas áreas cultivadas, los municipios con mayor cantidad de territorios agrícolas son Riohacha (23, 6%), Dibulla 10,7%), Barrancas (9,1%) y Fonseca (7,5%), donde existen en primer lugar cultivos de algodón, pastos de riego, pastos naturales

y tabaco que representan el 46% del área; en segundo lugar están los cultivos de cereales como arroz, maíz, sorgo y trigo con 26,8% del área, y en tercer lugar las frutas y nueces como banano, guanábana, mango, naranja, papaya, piña, plátano y sandía con el 11,2% principalmente. No obstante, los sistemas tradicionales de esta zona presentan déficit en tecnología de producción, lo que hace que los rendimientos sean muy bajos, caracterizándose como una agricultura de subsistencia, y requiriendo que el departamento se abastezca con la oferta de alimentos de los departamentos vecinos (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; MAVDT/Corpoguajira/Fundación ProSierra, 2009; Corpoguajira, 2011).

La actividad agrícola en la cuenca del río Ranchería está representada por 8 diferentes tipos de cultivos como la plantaciones de pastos, pastos de riego, pastos naturales, algodón y flores, que consumen 821 L/s de agua, es decir el 68% del total, y en segundo lugar están los cereales como arroz, maíz, sorgo y trigo que consumen el 23% del recurso agua (277 L/s) (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; MAVDT/Corpoguajira/Fundación ProSierra, 2009; Corpoguajira, 2011). Para estos diferentes tipos de cultivos hay un alto consumo de pesticidas comunes en la agricultura comercial como son los fosforados, hormón, carbamatos, piretroides y clorinados, entre otros, particularmente para los cultivos de algodón, arroz, maíz y palma africana. Estos plaguicidas pueden provocar contaminación al medio ambiente, ya que en la literatura se han reportado un nivel de toxicidad agudo para los seres vivos, por su poder residual y alta resistencia a la biodegradación, lo cual hace más crítico su uso indiscriminado (Corpoguajira, 2011). En el caso de los fertilizantes su utilización también genera situaciones no deseables, como es el caso de eutroficación de las aguas y la aceleración de la degradación de la materia orgánica, especialmente los fertilizantes nitrogenados (Romero, 2005). En el departamento las áreas que se destacan por contaminación con fertilizantes son: las zonas de cultivo de los municipios de la Jagua del Pilar, Urumita, Villanueva, El Molino, Dibulla y Riohacha. Para otros tipos de cultivos, se viene usando recientemente

abono orgánico y se ha potencializado la implementación de prácticas de control natural de plagas y enfermedades (Corpogujira, 2011).

En La Guajira la producción pecuaria se ve limitada porque del área total destinada para esta actividad económica, solamente el 28,41% se encuentra ocupada por pastos naturales o mejorados, el 71,59% restante corresponde a áreas ocupadas por malezas y rastrojos, dejando como cobertura para la explotación pecuaria sólo 1.542.943 ha, aproximadamente. En términos generales el departamento presenta una ganadería tradicional y extensiva, siendo mayormente de las especies caprina y ovina (Tabla 3). (Gobernación departamental de La Guajira, 2005; Alcaldía Mayor de Riohacha, 2008; Corpogujira, 2011).

Tabla 3. *Inventario de especies pecuarias del departamento de La Guajira*

Tipo de Ganado	Número de cabezas
Vacuno	306.447
Porcino	45.756
Caballar	16.810
Mular	6.647
Asnal	32.730
Ovino	535.825
Caprino	1.138.674

Fuente: Alcaldía de Manaure (2006); Corpogujira (2011)

La mayoría de los municipios no cumple con las normas sanitarias, debido a que en su mayoría las infraestructuras y equipos son inadecuados para este tipo de actividades, sacrifican animales a campo abierto para la oferta de carne en los municipios. Las reses son sacrificadas en pisos y lozas improvisadas al aire libre, sin ningún tipo de control ambiental, presentan deficiencias en el manejo y disposición de residuos sólidos y líquidos, bajo control de la calidad del producto y seguimiento de inspección antes y después del sacrificio del animal, poniendo en riesgo la salud pública del consumidor (Concejo

Municipal de Fonseca, 2008; Corpogujira, 2009; Corpogujira, 2011).

La principal actividad del sector industrial es la minera que se realiza en el complejo carbonífero de El Cerrejón ubicado en la jurisdicción de los municipios de Albania, Hatonuevo, Barrancas y Maicao. Esta minería se realiza a cielo abierto, produciendo impactos cuando se quita la cubierta de material estéril o capa vegetal que cubre la roca carbonífera para extraer el carbón, emitiendo partículas finas a la atmósfera; la mayor concentración está en la zona de explotación, los patios de acopio y las carreteras de ingreso a las minas; también se hacen descargas de agua de la minería hacia los cursos de agua natural. En épocas de lluvia, la escorrentía llega más rápido al río Ranchería, sin regulación de caudales por no tener cobertura vegetal, sino una red de canales de drenaje, presentando efluentes con trazas de nitrato de amonio de la planta de explosivos, aguas residuales, de la planta de lavado de equipos con contenidos de grasas, aceites, trazas de combustibles y carbón mineral. También se presenta erosión en el área de botaderos y gases por la autocombustión del carbón, siendo perceptibles por las comunidades vecinas, ya que en los tajos abiertos de manera espontánea se combustionan mantos de carbón que forman óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, y gas carbónico (Salas, 2004).

El expendio de combustible es una actividad importante que se desarrolla en la mayoría de los municipios de La Guajira, principalmente en Albania, Barrancas, Riohacha, Maicao; práctica que genera contaminación del suelo.

Evaluación de los Impactos Ambientales encontrados

En la Tabla 4 se muestran los factores ambientales tomados de la lista de indicadores de impacto, con base en el método Batelle- Columbus, que merecen ser considerados por separados y cuya evaluación es representativa del impacto ambiental de las acciones que se presentan en la zona de estudio.

Tabla 4 . Listado de factores ambientales generales según el método Batelle-Columbus

Factores Ambientales	
Ecología	Aspectos
1. Especies y poblacionales	10. Suelo
2. Acuáticas	11. Aire
3. Hábitats y comunidades	12. Agua
4. Terrestres	13. Biota
5. Ecosistemas	14. Objetos artesanales
	15. Composición
Contaminación Ambiental	Aspectos de Interés
6. Contaminación del agua	16. Valores educacionales y científicos
7. Contaminación atmosférica	17. Valores históricos
8. Contaminación del suelo	18. Arquitectura y estilos
9. Contaminación por ruido	19. Culturas
	20. Sensaciones
	21. Estilos de vida (parones culturales)

En la Tabla 5 se muestran las acciones propuestas por el método de Leopold, que pueden causar impacto ambiental en la zona de estudio según las actividades encontradas en La Guajira. En la Tabla 6 se indica la calificación de la importancia de la afectación. En la Tabla 7 se presenta la matriz de afectación,

para la cual se partió del cruce de información entre el listado de factores y de impactos ambientales, determinándose las afectaciones relevantes para su estimación y se realizó la valoración cualitativa asignando valores prefijados según la escala de importancia propuesta por Conesa (2009).

Tabla 5. Listado de acciones propuestas por el método de Leopold, que pueden causar impacto ambiental en la zona de estudio según las actividades encontradas en La Guajira.

Acciones Impactantes	
Modificación del Régimen	Recursos Renovables
1. Controles Biológicos	21. Repoblación forestal
2. Modificación del Hábitat	22. Recarga de aguas subterráneas
3. Alteración de la cubierta terrestre	
4. Alteración de la hidrología	
5. Alteración del drenaje	
6. Control del rio y modificación del flujo	
7. Canalización	
8. Incendios	
9. Ruido o vibraciones	
Extracción de recursos	Situación y tratamiento de residuos
10. Voladuras y perforaciones	23. Vertidos en mar abierto
11. Excavaciones superficiales	24. Vertedero
12. Excavaciones subterráneas	25. Vertido de residuos urbanos
13. Pesca comercial y caza	26. Vertido de efluentes líquidos
	27. Tanques y fosas sépticas
	28. lubricantes y aceites usados

Procesos	Tratamiento Químico
14. Agricultura	29. Fertilización
15. Ganadería y pastoreo	30. Control de maleza y vegetación terrestre
16. Industrias lácteas	31. Pesticida
17. Minería	
Alteraciones del Terreno	
18. Control de la erosión, cultivo	
19. Paisaje	
20. Explosiones	

Tabla 6. Calificación de la importancia de la afectación

Importancia	Valor
Irrelevancia	8
Leve	9-20
Moderado	21-40
Severa	41-60
Crítica	61-104

Fuente: adaptado (MAVDT, 2010)

Tabla 7. Valoración cualitativa de las acciones impactantes y de los factores ambientales impactados.

Naturaleza	Intensidad (IN) (Grado de destrucción)
Impacto beneficioso +	Baja o mínima 1
Impacto perjudicial -	Media 2
	Alta 3
	Muy alta 4
	Total 12
Extensión (EX) (Área de influencia)	Momento (MO) (Plazo de manifestación)
Puntual 1	Largo plazo 1
Parcial 2	Mediano plazo 2
Maplio o extenso 4	Corto plazo 3
Total 8	Inmediato 4
Crítico (+4)	Crítico (+4)
Persistencia (PE) (Permanencia de efecto)	Reversibilidad (RV) (Reconstrucción por medios naturales)
Fugaz o efímero 1	Corto plazo 1
Momentáneo 1	Mediano plazo 2
Temporal o transitorio 2	Largo plazo 3
Pertinaz o persistente 3	Irreversible 4
Permanente o constante 4	
Sinergia (SI) (Potenciación de la manifestación)	Acumulación (AC) (Incremento progresivo)
Sin sinergismo o simple 1	Simple 1
Sinergismo moderado 2	Acumulativo 4
Muy sinérgico 4	

Efecto (EF) (Relación causa-efecto)	Prioridad (PR) (Regularidad de la manifestación)
Indirecto o secundario 1	Irregular (aperiódico y esporádico) 1
Directo o primario 4	Periódico o de regularidad intermitente 2
	Continuo 4
Recuperabilidad (MC) (Reconstrucción por medios humanos)	Importancia (I) (Grado de manifestación cualitativa del efecto)
Recuperable de manera inmediata 1	$I = + (3IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$
Recuperable a corto plazo 2	
Recuperable a medio plazo 3	
Recuperable a largo plazo 4	
Mitigable, sustituible y compensable 4	
Irrecuperable 8	

Fuente Conesa (2009).

En la Tabla 8 se presenta la relación entre las fuentes de contaminación y las actividades identificadas en la zona de estudio con respecto a las acciones que pueden causar impacto ambiental según Leopold (1971)

Tabla 8. Relación entre las fuentes de contaminación y las actividades encontradas en la zona de estudio con respecto a las acciones que podrían causar impacto ambiental según Leopold (1971).

Factores Ambientales	Agricultura	Residuos Sólidos	Aguas Residuales	Pecuaria	Mataderos	Minería	Expendio de Gasolina	Importancia del impacto
Controles biológicos	1			1	1			519
Modificación del hábitat		1				1		1779
Alteración de la cubierta terrestre	1	1		1	1	1	1	2305
Alteración de la hidrología	1				1	1		2268
Alteración del drenaje	1	1				1	1	2710
Control del río y modificación del flujo					1	1		2762
Canalización		1				1		2762
Incendios						1		1595
Ruido o vibraciones						1		660
Voladuras o perforaciones						1		2639
Excavaciones superficiales		1				1	1	1856
Excavaciones subterráneas		1						1950
Pesca comercial y caza								894

Continuación Tabla 8

Factores Ambientales	Agricultura	Residuos Sólidos	Aguas Residuales	Pecuaria	Mataderos	Minería	Expendio de Gasolina	Importancia del impacto
Agricultura	1							2108
Ganadería y pastoreo				1	1			1986
Industrias lácteas			1		1			1986
Minería						1		4193
Control de erosión, cultivo	1			1		1		1728
Paisaje	1	1				1	1	1954
Replacación forestal	1					1		1934
Recarga de aguas subterráneas						1		2160
Vertidos en mar abierto			1		1			1790
Vertedero		1						2685
Vertido de residuos urbanos	1	1		1				2685
Vertido de efluentes líquidos			1	1	1			1581
Tanques y fosas sépticas			1					1581
Lubricantes y aceites usados							1	1184
Fertilización	1							2052
Control de maleza y vegetación terrestre	1						1	1130
Pesticida	1				1			1708
Explosiones						1	1	4731
Total acciones por actividad	12	9	4	7	8	17	8	

De acuerdo a los resultados de la matriz de importancia se observaron varios impactos ambientales significativos de la zona de estudio como en el caso de la minería, actividad que afecta de forma directa a los factores ambientales con importancia crítica como los pastizales y praderas, los factores estéticos, contaminación atmosférica, la diversidad de especies, las cadenas alimentarias, uso del suelo,

contaminación del suelo y de las viviendas cercanas. Una manera de garantizar la mitigación de los impactos ambientales que se puedan presentar por esta actividad es con la implementación, desarrollo y ejecución de manera efectiva del Plan de Manejo Ambiental-PMA. Dentro del PMA debe contemplarse el monitoreo de gases provenientes de la combustión de los equipos mineros de soporte y

livianos, y seguimiento a la auto-combustión para determinar la cantidad y composición de los gases presentes y evaluar la influencia de estos sobre el ambiente. También debe incluir el monitoreo de calidad de aguas residuales industriales y domésticas, para evaluar la eficiencia de los sistemas de tratamiento implementados, ya sean tanques sépticos, lagunas de estabilización, trampa de grasas, entre otros (Salas, 2004).

Los vertederos de residuos sólidos, son otra actividad que impacta el ambiente porque afectan principalmente a factores estéticos con importancia de afectación crítica para el uso y erosión del suelo, olor y visibilidad, la interfase agua-tierra y comunidades cercanas (Espinoza, 2001). En estos casos, se recomiendan alternativas de mitigación encaminadas en aumentar la cobertura de aseo en los asentamientos humanos y construir rellenos sanitarios que cumplan con las normas ambientales, diseñados de acuerdo a la proyección de la población de la zona, con suficiente capacidad para disponer los residuos producidos. Adicionalmente, evaluar los botaderos de basura a cielo abierto y definir fechas de su clausura combinada con la operación del relleno sanitario, en busca de minimizar los impactos al ambiente y los peligros para la salud y seguridad pública (Donaires *et al.*, 2005; Alcaldía Municipal del Municipio de Simiti, 2007).

La agricultura afecta de forma crítica factores como el uso y erosión del suelo, la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua, aumento de la sedimentación de las cuencas, aumento de nutrientes en el agua, pesticidas, coliformes fecales y sustancias tóxicas, principalmente. Para minimizar este impacto se sugiere hacer un uso eficiente del agua, elegir cultivos adecuados, establecer rotación de cultivos, aplicar de forma equilibrada los fertilizantes respetando las dosis, reutilizar los subproductos y residuos o reducir la producción de desechos (Londoño, 2006)

Los vertidos directos al mar y el vertido de efluentes líquidos afectan principalmente las características fluviales, coliformes fecales, olor y materiales flotantes (Astorga, Soto & Iza, 2007). Para mitigar este impacto es necesario aumentar la cobertura de

alcantarillado e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales (lagunas de estabilización) en cada zona o tratamiento acuático incluyen estanques o ciénagas con plantas que tienen la capacidad remover materia orgánica, nutrientes, patógenos y tomar los contaminantes dañinos que se encuentran en las aguas negras, como última opción también se pueden aplicar las aguas residuales al terreno, ya que estas pueden constituir una alternativa en las zonas semiáridas donde hay escasez de este recurso, no sólo por ser una fuente de agua para los cultivos, sino por el aporte de nutrientes que mejoran la fertilidad del suelo, dado los altos contenidos de materia orgánica usualmente presentes en la misma. No obstante, su uso sin un tratamiento previo puede ocasionar problemas debido al alto contenido de sales, contaminación con metales pesados y la presencia de algunos microorganismos patógenos al hombre. Por ello es necesario evaluar su uso cuantificando su efecto sobre las propiedades químicas del suelo, con el fin de garantizar que su utilización no sólo mejore la fertilidad y productividad del suelo, sino que conlleve a mantener la calidad de este recurso, garantizando que no ocasionen problemas ambientales, ni de salud pública, sin embargo el agua residual de esta zona en general es de tipo doméstico significa que el contenido de metales pesados es relativamente bajo, siendo factible esta opción (Reynolds, 2002; Osorio, 2003; Zamora *et al.*, 2008).

Conclusiones

El desarrollo de la investigación permitió definir que en la cuenca del río Ranchería las principales fuentes de contaminación identificadas son principalmente: los residuos domésticos, líquidos y sólidos, por su inadecuado manejo. El expendio de combustible muestra zonas con evidencias de contaminación del suelo. La actividad agrícola, la ganadería y minera, por ser fuentes difusas o combinadas, necesitan una evaluación más detallada por la importancia de los residuos que producen. El análisis ambiental realizado lleva a concluir que es necesario implementar medidas de manejo en la zona que permitan mejorar las condiciones ambientales y la calidad de los pobladores.

Literatura Citada

1. Alcaldía Mayor de Riohacha. (2008). Plan de Desarrollo 2008-2011. Sector agropecuario. Acuerdo N. 005 de 2008. Oficina asesora de planeación municipal. Riohacha.
2. Alcaldía Municipal de Manaure. (2006). Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manaure, La Guajira. Capítulo 2 Subsistema Económico. Manaure.
3. Alcaldía Municipal de Simiti. (2007). Plan de Manejo Ambiental para el cierre de botaderos de residuos sólidos del municipio de Simiti, Bolívar.
4. Astorga, E., Soto, L. & Iza, A. (2007). Evaluación de Impacto Ambiental y Diversidad Biológica. UICN Serie de Política y Derecho Ambiental N° 64. Gland, Suiza: Unión Mundial para la Naturaleza- UICN.
5. Concejo Municipal de Fonseca. (2008). Plan de Desarrollo Municipal, 2008-2011, Acuerdo N° 15. La Guajira, Fonseca, Colombia: Concejo Municipal de Fonseca, Departamento de la Guajira.
6. Conesa, V. (2009). Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Cuarta Edición. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
7. Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2009). Plan de Gestión Ambiental Regional-PGAR 2009-2019. Oficina Asesora de Planeación. Riohacha.
8. Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira. (2011). Atlas Ambiental del Departamento de La Guajira. Riohacha.
9. DANE-Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). Censo de población y vivienda 2005. Recuperado de: www.dane.gov.co/censo2005.
10. DNP- Departamento Nacional de Planeación. (2007). 2019 Visión Colombia II Centenario. Aprovechar el territorio marino-costero en forma eficiente y sostenible. Propuesta para discusión. Excelsior. Bogotá.
11. Donaires, T. *et al.* (2005). Evaluación de Impacto Ambiental del Botadero de Basura de Cancharani-Puno-Perú. Puno, Perú: (tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú. Facultad de Ingeniería Química.
12. Espinoza, G. (2001). Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo-BID; Centro de Estudios para el Desarrollo-CED. Santiago de Chile.
13. Garay, J., Marín, B. & Vélez, A. (2001). Contaminación Marino-costera de Colombia. En INVEMAR: Estado de los Ambientes Marinos y Costeros en Colombia 2001. Serie de Publicaciones periódicas. No 8. Santa Marta.
14. García, L. (2004). Capítulo 3. Metodologías de Evaluación del Impacto Ambiental. Cataluña España: Tesis Doctorales en Red.
15. Gobernación Departamental de La Guajira. (2005). Plan de Desarrollo Departamental de La Guajira 2004-2007. La Guajira Productiva y Competitiva, en la onda de la investigación para el desarrollo. Riohacha.
16. IAvH, IDEAM, IIAP, INVEMAR, SINCHI. (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C.
17. Leopold, L. (1971). A procedure for evaluating environmental impacts. Geological Survey Circular 645. Washington, D. C. U.S: 1-13.
18. Londoño, A. (2006). Seminario Taller Buenas Prácticas Agrícolas. Unión Temporal Universidad Tecnológica de Pereira Comité de Cafeteros de Risaralda. Risaralda: Convenio - Ministerio de Comercio Industria y turismo – Fomipyme y Gobernación de Risaralda.
19. MAVDT-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corpoguajira-Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta. (2009). Registro de usuarios del recurso hídrico con sus respectivos protocolos en la cuenca piloto del río Ranchería, Departamento de La Guajira. Convenio 029 de 2009. Riohacha.
20. MAVDT-Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental. Viceministerio de Ambiente. Bogotá. Colombia.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
21. MinDesarrollo - Ministerio de Desarrollo Económico. (2002). Sistemas de Acueducto. En: Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico. RAS-2000. Sección II, Título B. Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico. Bogotá.
22. Osorio, P. (2003). Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas empleados por la CVC en el sector rural del departamento del Valle del Cauca- Colombia. Valle del Cauca: Universidad del Valle. Instituto Cinara
23. Otero, A. (2013). Rio Ranchería: Entre la Economía, la biodiversidad y la cultura. En: Documentos de Trabajo sobre economía regional. Banco de la República. Cartagena.
24. Posada, B., Díaz, M., Navas, R., Batista-Morales, A., Vivas-Aguas, L., Narváez, S., Perdomo, L., Villamil, C., Orjuela, A., Gómez-López, D. & Vega-Sequeda, J. (2012). Estado del ambiente abiótico, calidad del agua y biodiversidad marina: Indicadores de estado. En informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros de Colombia. Año 2011. Serie de publicaciones periódicas No 8. Santa Marta.
25. Restrepo, J. & Kjerfve, B. (2004). The Pacific and Caribbean Rivers of Columbia: water discharge, sediment, transport and dissolved loads. In: Environmental Geochemistry in Tropical and Subtropical Environments. De Lacerda, I., Santelli, R., Duursma, E., Abrao, J (eds). Environmental Science. Springer Verlag. Berlin.
26. Reynolds, K. (2002). Tratamiento de las Aguas Residuales en Latinoamérica. Identificación del Problema. Arizona, EE.UU.

27. Romero, J. (2005). *Calidad del Agua*. Escuela Colombiana de Ingeniería. ISBN: 958-8060-53-2. Bogotá.
28. Salas, J. (2004). *El Cerrejón y sus efectos: una perspectiva socioeconómica y ambiental. Efectos Negativos o Insatisfactorios*. Biblioteca Virtual Banco de la República de Colombia Luis Ángel Arango: Bogotá.
29. SSPD-Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios. (2009). *Publicación de coberturas de acueducto y alcantarillado 2009*. Recuperado de: http://www.superservicios.gov.co/home/c/document_library/get_file?uuid=677a85f2-4604-4bfe-b163-6cacbbe9c0d9&groupId=10122.
30. Tous, G., Castro, I., Cañón, M., Quintalia, D. & Torres, R. (2007). *Panorama de la Contaminación del Caribe Colombiano*. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas-CIOH. Cartagena de Indias.
31. Vivas-Aguas, L., Espinosa, L., Sánchez, J., Cadavid, B., Bautista, P., Quintero, M., Betancourt, J., Parra, J., Parra, L., Cuadrado, I. & Ibarra, K. (2012). *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano*. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia-REDCAM. Informe Técnico. INVEMAR. Santa Marta.
32. UNEP-RCU/CEP. (2010). *Actualización del informe técnico del PAC No. 33 fuentes y actividades terrestres en la región del Gran Caribe. Cargas contaminantes domésticas e industriales y el aporte de las cuencas hidrográficas tributarias*. Informe técnico del programa ambiental del Caribe. UNEP-PAC-CIMAB.
33. Zamora, F., Rodríguez, N., Torres, D., & Yendis, H. (2008). *Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón*. *Bioagro*. Volumen 20. N° 3. Santa Ana de Coro.

Conflicto de Intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses

Recibido: 15 de septiembre de 2015
Aceptado: 25 de octubre de 2015