



**Cátedra de
Gestión de
Residuos ugr+dipgra**

TESIS DOCTORAL

**MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE BAJO EL
CONTEXTO TÉCNICO Y JURÍDICO DE COLOMBIA**

**Presentada por
GABRIELA ARRIETA LOYO**

**E.T.S. DE INGENIERÍA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**ÁREA DE TECNOLOGÍAS DEL MEDIO AMBIENTE
UNIVERSIDAD DE GRANADA**

GRANADA, 2015

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autora: Gabriela Arrieta Loyo
ISBN: 978-84-9125-823-0
URI: <http://hdl.handle.net/10481/43549>

UNIVERSIDAD DE GRANADA

E.T.S. DE INGENIERIA DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ÁREA DE TECNOLOGÍAS DEL MEDIO AMBIENTE

**MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE BAJO EL
CONTEXTO TÉCNICO Y JURÍDICO DE COLOMBIA**



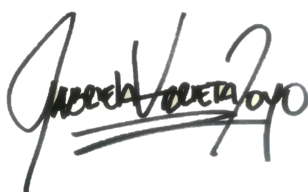
TESIS DOCTORAL

GABRIELA ARRIETA LOYO

GRANADA, 2015

MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE BAJO EL CONTEXTO TÉCNICO Y JURÍDICO DE COLOMBIA

Memoria presentada para aspirar al grado de Doctor
por la Universidad de Granada



Fdo. Gabriela Arrieta Loyo

Directores de Tesis:

Fdo.D^a. Montserrat Zamorano Toro
Catedrática de Universidad
Departamento de Ingeniería Civil
Universidad de Granada

Fdo.D. Ignacio Requena Ramos
Catedrático de Universidad
Departamento de Ingeniería Informática
y de Telecomunicación
Universidad de Granada

GRANADA, 2015

Montserrat Zamorano Toro, Doctora Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos. Catedrática de Universidad del Departamento de Ingeniería Civil, de la ETS de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada e **Ignacio Requena Ramos**, Doctor en Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial. Catedrático de Universidad del Departamento de Ingeniería Informática y de Telecomunicación de la Universidad de Granada.

CERTIFICAN QUE,

Gabriela Arrieta Loyo, titulada en Ingeniería Ambiental, ha realizado la Tesis Doctoral **MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE BAJO EL CONTEXTO TÉCNICO Y JURÍDICO DE COLOMBIA** en el Departamento de Ingeniería Civil de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Granada para aspirar al grado de Doctora, reuniendo las condiciones necesarias para ser presentada y defendida ante el tribunal correspondiente.

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de la legislación vigente, firmamos el presente certificado en Granada, a 02 de Noviembre del 2015.

Fdo.: Montserrat Zamorano Toro
Catedrática de Universidad

Fdo.: Ignacio Requena Ramos
Catedrático de Universidad

Memoria presentado por Dña Gabriela Arrieta Loyo para optar al grado de doctora por la Universidad de Granada.



Fdo.: Gabriela Arrieta Loyo

COMPROMISO DE RESPETO DE DERECHOS DE AUTOR

La doctorando Gabriela Arrieta Loyo y los directores de la tesis **MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE BAJO EL CONTEXTO TÉCNICO Y JURÍDICO DE COLOMBIA** garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por el doctorando bajo la dirección de los directores de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.


Granada 02 de Noviembre de 2015

Directores de la tesis

Fdo.: Montserrat Zamorano Toro
Catedrática de Universidad

Fdo.: Ignacio Requena Ramos
Catedrática de Universidad

Doctorando

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gabriela Arrieta Loyo', with a horizontal line drawn underneath the name.

Fdo.: Gabriela Arrieta Loyo

DIFUSIÓN DE RESULTADOS

El trabajo descrito en la presente memoria se encuentra recogido en las siguientes publicaciones:

PUBLICACIONES INTERNACIONALES INCLUIDAS EN EL JCR

Arrieta G, Requena I, Toro J, Zamorano M. 2015. Adaptation of EVIAVE methodology for monitoring and followup when evaluating the environmental impact of landfill. Environmental Impact Assessment Review. Impact Factor: 2,400 (Accepted for publication October 12, 2015)

PUBLICACIONES INTERNACIONALES INCLUIDA EN EL SJR

Arrieta G, Requena I, Toro J, Zamorano M. 2015. Environmental diagnosis methodology to analyze landfill-associated risks in Colombia. WIT Transactions on Ecology and The Environment, Vol 195, 353-365. Impact Factor: 0.154

Este trabajo ha sido financiado en parte con los proyectos TEC2012-38883-C02-02 del Ministerio de Economía y Competitividad de España.

DEDICATORIA

Este trabajo representa una etapa de mi vida de cambios y madurez, de toma de decisiones, de oportunidades, de aciertos y equivocaciones. Sin Dios en mi corazón, sin su guía, amor y compañía, este logro no sería posible.

A mis hijos Juan José y María Gabriela, por ser el reflejo de Dios en mi vida, por ser el motor que me impulsa para levantarme cada día y ser feliz.

A Javier, mi esposo, mi amigo, mi compañero, mi maestro, mi amor. Has creído en mí, más de lo que yo misma pueda creer. Eres el alma de este trabajo.

A mis padres por su amor infinito, por sus cuidados, por su presencia constante.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por escucharme en mis momentos de soledad y vacío, por llenarme de luz y guiarme cuando me sentí perdida, por permitirme enriquecer mi espíritu y ser mejor persona, por indicarme el camino para lograr mis proyectos y encontrar las personas que me ayuden a construirlos.

A Javier, por amarme, por nunca soltarme de la mano, por levantarme en cada caída, por revivir mis sueños y metas, por su fe en mí, en nuestros planes, en nuestra familia, en nuestros caminos juntos. Gracias infinitas por todos estos años de sacrificios y esfuerzos, de logros y felicidad, de crecimiento y amor.

A la profesora Montserrat Zamorano, quien más que mi directora, fue mi maestra, un ejemplo como mujer y profesional. Gracias por el apoyo constante, por la paciencia y sobre todo por enseñarme la disciplina, dedicación y pulcritud en el trabajo realizado.

Al profesor Ignacio Requena, por su apoyo constante y credibilidad en nuestro trabajo, su ejemplo es la forma más apropiada de enseñar.

A la Universidad de Granada, por acogerme como estudiante y darme las condiciones para formarme en los más altos valores humanos y excelencia académica.

A Juanjo, mi pequeño caballero, que cambió todo en mí con el simple hecho de existir, perdona tanto tiempo robado. Gracias por ser una persona tan bella, por tu comprensión, por tu amor, por tus abrazos y besos que me llenan de energía y optimismo.

A María, mi renacer, tu sonrisa, tu mirada, tu amor me permite seguir adelante, tener fe. Gracias por enseñarme a tener paciencia y hacer las cosas con amor para mejorar cada día.

A Gustavo, mi padre, por ser el hombre más bondadoso, el papá más tierno, el abuelo más dulce y el ser humano más comprensivo que he conocido.

A Gabriela, mi madre, tu amor no tiene límites, siempre has sido mi refugio, mi alivio. Gracias por darte toda a tu familia. Gracias a los dos por entregar su juventud, sus sueños y su vida entera por nuestro bienestar. Este logro es para ustedes.

A todas aquellas personas que creyeron en mis capacidades y acompañaron de manera directa o indirecta este trabajo.

RESUMEN

La generación de Residuos Sólidos Municipales ha presentado un incremento significativo en la medida que se incrementa la población y el consumo de bienes y servicios, igualmente se han incrementado los impactos ambientales. Como estrategia se han desarrollado tecnologías que abarcan desde la fuente de generación de residuos hasta la disposición final, destacándose los vertederos. Estos sistemas de tratamiento están obligados en gran parte de los países, al proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en la fase de construcción y funcionamiento con el fin de minimizar sus problemas asociados. Aunque existen metodologías diseñadas para llevar a cabo el proceso de EIA, este no es el caso para el seguimiento y control en la fase de explotación de los vertederos. En la búsqueda de posibilidades metodológicas, la Universidad de Granada (España) desarrolló una metodología de diagnóstico llamada EVIAVE, que permite cuantificar, a través de índices, el impacto ambiental de los vertederos de acuerdo a la ubicación y las condiciones de explotación. La EVIAVE fue diseñado para los vertederos municipales de acuerdo con el marco jurídico de la Unión Europea, sin embargo, puede adaptarse a las condiciones ambientales y jurídicas de otros países.

Este trabajo desarrolla una propuesta de adaptación de la metodología EVIAVE en Colombia teniendo en cuenta el contexto jurídico y ecosistémico del país, y la ampliación del uso de la misma para el seguimiento y control en el proceso de EIA de vertederos. Las modificaciones incluyen los elementos ambientales flora y fauna y la evaluación de los descriptores ambientales de acuerdo al concepto de vulnerabilidad, permitiendo que la EVIAVE se ajuste a las recomendaciones del convenio de Diversidad Biológica, firmado, entre otros países, por Colombia y España.

La Aplicación de la EVIAVE modificada en vertederos de Colombia permitió la identificación de los elementos del ambiente afectados por las condiciones de operación y mantenimiento. Se puede concluir que esta metodología es viable y eficaz para ser utilizada en el país, debido a que cumple de manera plena los requerimientos legales para la gestión Integral de los residuos sólidos urbanos incluyendo los vertederos, igualmente se pudo constatar que la EVIAVE es útil para el seguimiento y

control ambiental en el proceso de EIA de vertederos y para analizar los riesgos asociados, ya que toma en cuenta las amenazas y vulnerabilidades ambientales.

Para alcanzar los objetivos anteriores, esta memoria se ha desarrollado en seis capítulos. En el primero se presentan los antecedentes de la gestión de los residuos sólidos en el mundo, haciendo una descripción para Colombia que abarca desde la normativa hasta los procesos administrativos para su cumplimiento. En el segundo capítulo se presenta el manejo de los Vertederos en Colombia en el contexto de la Evaluación de Impacto Ambiental. En el capítulo tercero se describe la estructura de la metodología EVIAVE original y las modificaciones llevadas a cabo en otros ámbitos de aplicación. A continuación en el capítulo cuarto, se presentan y justifican las modificaciones propuestas para la metodología EVIAVE y su aplicación para analizar sus resultados, así como sus efectos en el contexto de Colombia. En el capítulo quinto se presenta la aplicación de la metodología EVIAVE en vertederos de Colombia con la finalidad de analizar su funcionamiento y efectividad. Finalmente en el capítulo seis se incluyen las conclusiones, las líneas futuras de investigación, referencias bibliográficas y anexos.

ABSTRACT

The generation of Municipal Solid Waste (MSW) and environmental impacts have been significantly increasing as population and the consumption of goods and services grow. Some technologies have been developed as a strategy to address this situation, covering from the waste source to the final disposal, and landfills stand out as one of these strategies. This kind of waste treatment systems are compelled in most countries around the world to carry out an Environmental Impact Assessment (EIA) process in their construction and operation phases, in order to minimize their associated problems. Even though there are methodologies designed to perform the EIA process in the construction phase of landfills, this is not the case for the follow-up and control stages during its operation. In the search of methodological possibilities, the University of Granada (Spain) developed a diagnosis methodology called EVIAVE, which allows quantifying –through indexes- the environmental impact of landfills according to location and exploitation conditions. EVIAVE was designed for municipal landfills according to the European Union's legal framework, but it can be adapted to the environmental and legal features of other countries.

This work presents an adaptation proposal of EVIAVE methodology in Colombia according to its legal and ecosystem context, and extending its application to the follow-up and control activities during the EIA process in landfills. The modifications include new environmental elements such as flora and fauna, and the evaluation of environmental descriptors according to the vulnerability concept, thus allowing EVIAVE to comply with the recommendations issued by the Convention on Biological Diversity, which was signed by Colombia and Spain (among other countries).

The application of the modified EVIAVE in Colombian landfills allowed identifying environmental elements, which are particularly affected by the operation and maintenance conditions of these sites. It can be concluded that this methodology is feasible and effective to be used in this country because it complies with the legal requirements for an integral management of solid urban waste, which includes landfills. This work also established that EVIAVE is useful to carry out follow-up and environmental control activities during the EIA process in landfills, and to analyze associated risks, because it takes into account environmental threats and vulnerabilities.

This document is divided into six chapters. The first one introduces the background of solid waste management in the world and includes a particular description of the Colombian context, covering legal features and administrative procedures. The following section addresses landfill management in Colombia within the framework of EIA. The structure of the original EVIAVE and the modifications performed in other scopes of application are presented in the

third chapter. The next section addresses the proposed modifications for EVIAVE, including justification, application and results analysis, as well as possible effects within the Colombian context. The fifth chapter presents the application of EVIAVE in Colombian landfills with the aim of analyzing its functioning and effectiveness. The final section includes conclusions, future research lines, bibliographic references and annexes.

LISTA DE ABREVIATURAS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CBD	Convenio de Diversidad Biológica
CED	Centro de Estudios Para el Desarrollo
CE	Comunidad Europea
CEPAL	Comisión Económica de las Naciones Unidas para América Latina
CEQ	Council of Environmental Quality
CGR	Contraloría General de la República
CAS	Calidad del Agua Superficial
CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
CDMB	Corporación Autónoma Regional de la Meseta de Bucaramanga
CVC	Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca
CORPORINOQUIA	Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DF	Diversidad de fauna
DFL	Diversidad de Flora
DRAE	Diccionario de la Real Academia Española
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EIAE	Evaluación de Impacto Ambiental Estratégica
EMP	Empleo
EsIA	Estudio de Impacto Ambiental
ETS	Escuela Técnica Superior
HF	Hábitat de Fauna
EPM	Empresas Públicas de Medellín-Colombia
EVIAVE	
IDEAM	Instituto de Estudios Ambientales y Meteorología
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
LA	Licencia Ambiental
MAVDT	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia

MMA	Ministerio de Medio Ambiente
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
NEPA	National Environment Policy Act
ONU	Organización de la Naciones Unidas
PBS	Patrones de Bienestar Social
PBOT	Plan Básico de Ordenamiento Territorial
PM₁₀	Partículas Menores a 10 Micras
PMA	Plan de Manejo Ambiental
POA	Proyecto, Obras o Actividades
RDL	Real Decreto Ley
RE	Recursos Educativos
SECAB	Secretaria Convenio Andrés Bello
SI	Sin Información
SIA	Sistema de Información Ambiental de Colombia
SINA	Sistema Nacional Ambiental
SPU	Salud Pública
SS	Seguridad Social
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UE	Unión Europea
UNDP	United Nations Development Programme
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS	33
1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS. ANTECEDENTES.....	39
1.1 Manejo de Residuos Sólidos en América Latina	42
1.2 Gestión de residuos sólidos en Colombia	43
EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DE VERTEDEROS EN COLOMBIA.....	49
2.1 Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia	52
2.2 Control y Seguimiento en la EIA.....	56
2.2.1 Proceso de Seguimiento y Control a la Licencia Ambiental en Colombia	58
3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES	65
3.1 Elementos del Medio	68
3.1.1 Factores Ambientales.....	71
3.1.2 Factores Socio-políticos	71
3.2 Nivel 1. Definición de variables de vertedero y descriptores ambientales	72
3.2.2 Descriptores Ambientales.....	81
3.3 Nivel 2. Determinación de la Probabilidad de Contaminación (Pbc_i) y el Valor Ambiental (Va_i):	85
Probabilidad De Contaminación (Pbc_i)	85
Valor Ambiental (Va_i).....	87
3.4 Índice de Riesgo de Afección Ambiental.....	90
3.5 Índice de Interacción Medio - Vertedero	90
3.6 ESCALA de afección en vertederos	90
4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE	95
4.1 Propuesta de modificación	106
4.1.1 Modificación de las variables del vertedero.....	106
4.1.2 Modificación de los elementos del medio	136
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA.....	143
5.1 Características de los vertederos estudiados.....	146
5.1.1 Vertederos Arroyohondo y Navarro	147
5.1.2 Vertederos El Carrasco, Doña Juana, Nuevo Mondoñedo.....	164

5.1.3 Vertedero Magic Garden.....	189
5.1.4 Vertedero Macondo.....	196
5.2 APLICACIÓN.....	201
5.3 RESULTADOS	204
5.3.1 Probabilidad de Contaminación (<i>Pbc_i</i>).....	204
5.3.2 Valor Ambiental (<i>Va</i>).....	205
5.3.3 Índice de Riesgo Ambiental (<i>IRA</i>).....	210
5.3.4 Índice Medio Vertedero (<i>IMV</i>).....	213
6. CONCLUSIONES Y LÍNEA FUTURA	215
6.1 CONCLUSIONES	217
6.2 LÍNEA FUTURA DE INVESTIGACIÓN	218
7. BIBLIOGRAFÍA	219
ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS	235
ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS.....	245
ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS	261
ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS.....	267

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición (%) de los RSU de Colombia y otros países	45
Tabla 2. Reglamentación del proceso de Licenciamiento Ambiental en Colombia	55
Tabla 3. Factores ambientales/Recursos a considerar en la evaluación y/o seguimiento de la tendencia de la calidad del ambiente	63
Tabla 4. Propuesta de indicadores para evaluar las tendencias de calidad del medio ambiente.....	64
Tabla 5. Ponderación cuando la variable no está relacionada con algún elemento estructural o no afecta directamente al medio evaluado	74
Tabla 6. Ponderación cuando la variable está relacionada con algún elemento estructural o afecta directamente al medio evaluado	74
Tabla 7. Valores de Ponderación y Clasificación para cada variable de vertedero	75
Tabla 8. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de las Aguas Superficiales.....	82
Tabla 9. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de las Aguas Subterráneas.....	83
Tabla 10. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de la Atmósfera	84
Tabla 11. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales del Suelo	85
Tabla 12. Clasificación de las Probabilidades de Contaminación para cada uno de los elementos del medio	91
Tabla 13. Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio.....	92
Tabla 14. Clasificación de los Índices de Riesgo Ambiental para cada uno de los elementos del medio	92
Tabla 15. Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero	93
Tabla 16. Variables de vertedero de la metodología EVIAVE modificadas	108
Tabla 17. Valoración del tamaño de la población	110
Tabla 18. Condiciones del asentamiento de la masa de residuos incluidas en el RAS	111
Tabla 19. Valoración modificada del asentamiento de la masa de residuos	112
Tabla 20. Condiciones de la cobertura final de los residuos incluidas en el RAS	113
Tabla 21. Condiciones modificadas del asentamiento de la masa de residuos.....	114
Tabla 22. Valoración modificada de la Cobertura final	114
Tabla 23. Condiciones de la compactación de los residuos establecidas en el RAS .	115
Tabla 24. Valoración modificada de la compactación.....	116
Tabla 23. Condiciones del control de gases de los residuos sólidos para nivel medio y bajo de población establecidas en el RAS	116
Tabla 24. Valoración modificada del control de gases de los residuos sólidos para nivel medio y bajo de población.....	117

Tabla 25. Condiciones del control de gases de los residuos sólidos para nivel alto y muy alto de población establecidas en el RAS	117
Tabla 25. Valoración modificada del control de gases para nivel alto y muy alto de población	118
Tabla 26. Distancias permitidas	118
Tabla 28. Valoración de distancias a masas de aguas superficiales	119
Tabla 29. Valoración de erosión	122
Tabla 30. Condiciones modificadas del estado de caminos internos	123
Tabla 31. Valoración modificada de la variable estado de caminos internos	123
Tabla 32. Valoración modificada de la pluviometría	126
Tabla 33. Valoración modificada de áreas inundables	129
Tabla 34. Modificación de la variable riesgo sísmico para aplicación de la metodología EVIAVE en Colombia	134
Tabla 35. Condiciones del sistema de drenaje superficial establecidas en el RAS	135
Tabla 36. Valoración modificada del sistema de drenaje superficial	136
Tabla 36. Características y cuantificación para determinar los descriptores ambientales especies amenazadas de fauna y flora.....	137
Especies Amenazadas de Fauna (F ₁).....	137
Especies Amenazadas de Flora (G ₁).....	137
Tabla 37. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de la Fauna	139
Calidad del Hábitat de Fauna (F ₂).....	139
Tabla 38. Propuesta de modificación de los valores de los descriptores ambientales	141
Tabla 39. Precipitaciones en la zona de estudio.....	150
Tabla 40. Inventario de Fauna en la zona de estudio	155
Tabla 41. Sectores productivos en la zona de estudio	157
Tabla 42a. Resultado de la aplicación de la EVIAVE en los vertederos estudiados ..	202
Tabla 42b. Resultado de la aplicación de la EVIAVE en los vertederos estudiados ..	203
Tabla 50. Índice IRC para el vertedero Arroyohondo.....	247
Tabla 51. Índice IRC para el vertedero Navarro	249
Tabla 52. Índice IRC para el vertedero Carrasco.....	251
Tabla 53. Índice IRC para el vertedero Doña Juana	253
Tabla 54. Índice IRC para el vertedero Nuevo Mondoñedo	255
Tabla 55. Índice IRC para el vertedero Magic Garden.....	257
Tabla 56. Índice IRC para el vertedero Macondo	259
Tabla 57. Valoración del índice Pbc para el vertedero Arroyohondo	263
Tabla 58. Valoración del índice Pbc para el vertedero Navarro.....	263
Tabla 59. Valoración del índice Pbc para el vertedero Carrasco.....	264
Tabla 62. Valoración del índice Pbc para el vertedero Doña Juana	264
Tabla 60. Valoración del índice Pbc para el vertedero Nuevo Mondoñedo	265
Tabla 63. Valoración del índice Pbc para el vertedero Magic Garden.....	265
Tabla 61. Valoración del índice Pbc para el vertedero Macondo.....	266
Tabla 64. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Arroyohondo	269
Tabla 65. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Navarro....	270

Tabla 67. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Carrasco ..	271
Tabla 68. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Doña Juana	272
Tabla 69. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Nuevo Mondoñedo	273
Tabla 70. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Magic Garden	274
Tabla 71. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Macondo...	275

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistemas de Disposición final de RSU en Colombia	46
Figura 2. Variación (%) de los Sistemas de disposición final de RSU en Colombia ...	47
Figura 3. Impactos Ambientales generados por vertederos	48
Figura 4. Estructura del proceso de Licencia Ambiental	54
Figura 5. Rol del Seguimiento en el proceso de EIA	57
Figura 6. Compromisos administrativos y técnicos de las diferentes partes en los procesos de Licenciamiento Ambiental.....	60
Figura 7. Estructura completa del proceso propuesto para el desarrollo de los planes de Seguimiento y Control de POA en Colombia.	62
Figura 8. Estructura jerárquica de la metodología EVIAVE	70
Figura 9. Factores considerados en la EVIAVE	71
Figura 11. Relación de las diferentes variables con la explotación y diseño o bien ubicación de los puntos de vertido	87
Figura 12. Papel del seguimiento y control en la disminución de la brecha de implementación en la Evaluación de Impacto Ambiental	99
Figura 12. Biodiversidad estimada por grupos biológicos para Colombia	102
Figura 13. Especies amenazadas en Colombia.....	104
Fig. 14. Esquema del concepto de vulnerabilidad.	106
Figura 15. Distribución de la población en Colombia	109
Figura 16. Mapa de Erosión en Colombia.....	121
Figura 17. Esquema de los fenómenos climáticos del Océano pacifico del “niño” y la “niña”	125
Figura 18. Mapa de zonas susceptibles de inundaciones en Colombia	128
Figura 19. Ubicación y movimiento de las placas litoféricas dentro del territorio colombiano	130
Figura 20. Mapa General de riesgo sísmico en Colombia	133
Figura 21. Ubicación geográfica de Colombia y sus regiones naturales	145
Figura 22. Ubicación geográfica de los Vertederos estudiados	146
Figura 23. Ubicación Vertedero Arrohooyondo	148
Las características del área de ubicación del vertedero son las siguientes:	149
Figura 24. Ubicación Vertedero Navarro.....	160
Figura 25. Generación de lixiviados sin control o manejo en el vertedero Navarro	160
Figura 27. Instalación de baterías y chimeneas múltiples en las instaladas en el botadero antiguo	161
Figura 28. Ubicación Vertedero El Carrasco.....	166
Figura 29. Ubicación de cárcavas que conforman el relleno sanitario.....	168
Figura 30. Ubicación Vertedero Doña Juana	173
Figura 31. Ubicación Vertedero Nuevo Mondoñedo	183
Figura 32. Ubicación Vertedero Magic Garden.....	190
Figura 33. Ubicación Vertedero Macondo.....	198
Figura 34. Comparativo de los Valores Ambientales para cada vertedero estudiado	209

Figura 35. Comparativo del Índice de Riesgo Ambiental para los vertederos estudiados	212
Figura 36. Comparativo del Índice IMV para la EVIAVE original y modificada	214

INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

Para finales del siglo XX, se instauró un nuevo modelo de producción y consumo, seguido de un aumento dramático en la producción de residuos sólidos municipales (Leao et al, 2004). Esta tendencia involucra los países industrializados y en desarrollo, por ejemplo, el aumento en la producción per cápita de residuos sólidos urbanos (RSU) entre el periodo 1995-2012 fue del 15,4% para Estados Unidos de América (EPA, 2014), del 4% para la Unión Europea (Eurostat, 2014) y del 24% entre 1997-2010 para América latina (OPS-OMS, 1997; OPS, 2010). Actualmente, las ciudades del mundo generan alrededor de 1.3 billones de toneladas de residuos sólidos por año. Esperando se incrementen a 2.2 billones de toneladas para el 2025. Las tasas de generación de residuos será más del doble en los próximos 20 años en los países de ingresos más bajos (Hoornweg and Bhada-Tata, 2012).

El aumento en la tasa de producción de RSU se debe, entre otros factores, al aumento de la población, al crecimiento económico y a los mayores estándares de vida (Ayomoh et al., 2008; Wagner and Arnold, 2008; Zamorano et al, 2009; Ziadat and Mott, 2005).

La generación y manejo de los residuos sólidos ha obtenido de gran relevancia en la sociedad moderna, debido a los impactos ambientales negativos que potencialmente pueden generar y que se reflejan en los ámbitos sociales, políticos, económicos, físicos y bióticos (Ghiani et al, 2012; Ljunggren, 2003; Manfredi et al, 2010; Reis M, 2011; Taylor et al, 1991; Zhao Y. et al, 2012).

Como estrategia de prevención y mitigación, se han implementado diferentes procesos técnicos-sociales conocidos como Gestión de Residuos Sólidos¹ (GRS), que fundamentalmente implican 3 fases:

¹ Gestión de Residuos Sólidos (GRS) se refiere al manejo supervisado de material de desecho de generación en la fuente a través de los procesos de recuperación de su eliminación

INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

- i) Procesos de sensibilización y/o educación para que la población disminuya la producción, clasifique y deposite los residuos sólidos en recipientes adecuados.
- ii) Diseño de planes de recolección.
- iii) Tratamiento y disposición final de los residuos (De Olivera Simonetto and Borenstein, 2007; Uyarra and Gee, 2012; Zamorano et al, 2009).

En el tratamiento y la disposición final, la incineración, el compostaje, el reciclaje, el tratamiento mecánico, biológico y los vertederos son los más comunes, y a pesar de tener diferentes niveles de eficiencia, todos generan impactos negativos a la atmósfera, el suelo, las aguas superficiales y subterráneas, la flora, la fauna, la salud humana y la economía (Bezama et al, 2007; Canter, 2000; Finneveden et al, 1995; Tchobanoglous et al, 1998; Zamorano et al, 2009).

En Colombia a partir de la creación en 1993 del Sistema Nacional Ambiental y la entrada en vigor de un marco legal que obliga la disposición final en sistemas que garanticen la prevención y la corrección de efectos ambientales negativos, los vertederos controlados, han sustituido progresivamente otros sistemas inadecuados, como el enterramiento, los depósitos superficiales y las quemas no controladas (IDEAM et al, 2011; SSPD, 2010; SSPD, 2011).

En el país todos los sistemas de disposición final de residuos sólidos, requieren Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) (Diario Oficial de Estado Colombiano, 2010) y están bajo la vigilancia de las autoridades ambientales nacionales y regionales, no obstante la evaluación y seguimiento ambiental es deficiente, entre otros factores, por la carencia de metodologías que permitan diagnósticos objetivos y disminuyan la incertidumbre propia de las metodologías de evaluación de impacto ambiental (CGR, 2006; Duinker and Beanlands, 1986; Lawrence, 2007; Tennøy et al., 2006; Toro, 2009; Toro et al., 2010). Esta problemática es de mayor preocupación en la evaluación de la efectividad de los Planes de Manejo Ambiental (PMA) o de actividades correctivas, porque gran cantidad de impactos podrían persistir, si no son prevenidos o mitigados adecuadamente.

Diferentes metodologías en el campo de la EIA se han desarrollado, pudiendo ser aplicadas en el control ambiental de los vertederos (Montos et al, 2005; Toro, 2009; Toro et al, 2010; Zamorano et al, 2008), sin embargo, la mayoría se fundamentan en predecir, antes de la ejecución del proyecto, impactos con información cualitativa y otras requieren información detallada, que en países como Colombia no siempre está disponible.

(Glosario de Estadísticas Ambientales, Estudios de métodos, Serie F, No. 67, Naciones Unidas, Nueva York, 1997).

De manera particular para el seguimiento y control, la Universidad de Granada (España) ha desarrollado una metodología para el diagnóstico de vertederos, conocida como EVIAVE, que tiene la capacidad de proporcionar información cuantitativa y cualitativa para diagnosticar los problemas y/o impactos ambientales generados por los vertederos y controlar su funcionamiento. Esta metodología puede aplicarse en el contexto de la Unión Europea (OJEC, 1999) y en los vertederos de residuos municipales o rellenos sanitarios de países en desarrollo como Colombia. La metodología EVIAVE ha sido exitosamente aplicada en España, Chile, Venezuela e Iran (Abedinzadeh, 2013; Calvo et al, 2005; Calvo et al, 2007; Paolini 2007; Zamorano et al, 2006), teniendo que adaptarse a las características ecosistemicas, jurídicas y socioeconómicas de cada país (Zamorano et al, 2009).

En este trabajo se analiza la metodología EVIAVE y se proponen adaptaciones para ser utilizada como herramienta técnica en el proceso de EIA de vertederos de RSU en Colombia, con énfasis en el seguimiento y control. La metodología propuesta ofrece dos nuevos elementos para la valoración ambiental y contribuye a mejorar la eficiencia del proceso de EIA, la versatilidad del mismo facilita su aplicación en otros casos como la auditoría ambiental estatal y el análisis de los riesgos. Una aplicación en el proceso de EIA de vertederos en Colombia se lleva a cabo con el objetivo de analizar la eficacia de la metodología propuesta.

Los objetivos generales definidos en esta memoria son:

- 1. Realizar un análisis crítico sobre el manejo de residuos sólidos en Colombia y sus implicaciones en los procesos de Licenciamiento Ambiental.** Para el alcance de este objetivo principal, se han fijado los siguientes objetivos específicos :
 - 1.1. Análisis crítico de la normatividad ambiental relacionada con el manejo de residuos sólidos urbanos y de los procesos de seguimiento y control ambiental de vertederos en Colombia.
 - 1.2. Identificar y analizar las diferencias del sistema legal Colombiano y Español, para establecer los alcances de la adopción de la metodología EVIAVE en Colombia, así como identificar los requisitos exigidos por la normativa Colombiana que no estén inmersos en la metodología EVIAVE.

- 2. Proponer adaptaciones a la metodología EVIAVE para su aplicación como herramienta en los procesos Evaluación de Impacto Ambiental de vertederos en Colombia con énfasis en el seguimiento y control.** Para el alcance de este objetivo principal, fue necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

INTRODUCCIÓN, MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS

- 2.1 Analizar la normativa Colombiana, con el fin de proponer las adaptaciones necesarias de los límites permisibles, tanto en la construcción como en la operación de vertederos controlados.
- 2.2 Analizar la información disponible sobre el estado actual de las características ecosistémicas de Colombia, con el fin de proponer la incorporación de elementos complementarios del medio dentro de la metodología EVIAVE.
- 2.3 Analizar la información disponible sobre el estado actual de las características socio económico de Colombia para proponer indicadores complementarios en la metodología EVIAVE.
- 2.4 Analizar el concepto de Vulnerabilidad Ambiental creado para Colombia e incorporarlo a la metodología EVIAVE.
- 2.5 Presentar la propuesta de modificación de la metodológica EVIAVE como herramienta en los procesos de seguimiento y control en Colombia.

3 Realizar la Aplicación de la metodología EVIAVE modificada en diferentes vertederos de Colombia. Para el alcance de este objetivo principal, fue necesario alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- 3.1 Se realizará la aplicación de la metodología EVIAVE modificada en vertederos ubicados en diferentes regiones del país, con el objetivo de identificar los alcances de las propuestas realizadas a la metodología en el contexto real de Colombia.

Para alcanzar los objetivos anteriores, esta memoria se ha desarrollado en 6 capítulos. En el capítulo 1, se analizan los RSU en Colombia, describiendo las características de la generación, tratamiento y disposición final en vertederos y los impactos ambientales asociados. El capítulo 2, aborda el análisis de la EIA de los vertederos en Colombia, haciendo énfasis en la fase de seguimiento y control y la necesidad de una metodología que garantice su efectividad. El capítulo 3, describe la metodología EVIAVE con énfasis en las ventajas para el seguimiento y control ambiental. En el capítulo 4, se presenta la propuesta de adaptación de la metodología EVIAVE al contexto jurídico y ecosistémico de Colombia. El capítulo 5, presenta la aplicación de la metodología EVIAVE en diferentes vertederos del país. Finalmente en el capítulo 6, se incluyen conclusiones y recomendaciones para mejorar el seguimiento y control de vertederos en Colombia.

**1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.
ANTECEDENTES**

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

La humanidad siempre ha generado residuos como resultado de los procesos de producción y consumo. El incremento en la generación de estos residuos se relaciona directamente con el crecimiento de la población y sus actividades culturales, económicas y de desarrollo.

En los inicios de las civilizaciones, las pequeñas poblaciones humanas no generaban problemas relacionados con la generación y manejo de los residuos, debido a que se descomponían rápidamente, al ser de origen orgánico. Con el surgimiento de la agricultura, en el período neolítico, el modo de vida de estas poblaciones paso de ser nómadas a sedentarios, lo que causó aumento en la densidad demográfica y el crecimiento en la generación y acumulación de residuos sólidos (Medina, 2010).

Las civilizaciones antiguas practicaban diferentes métodos de manejo y disposición de los residuos sólidos; gran parte consistían simplemente en ser depositados en el suelo o calles, generando cambios en el nivel del suelo de tal magnitud que las ciudades de Bath en Inglaterra o de Nueva York en Estados Unidos, se encuentran en la actualidad seis y cuatro metros más arriba de los niveles registrados en el siglo XVII (Medina, 2010).

En los años 3000-1000 A.C., en los inicios de la civilización Minoica en Creta, se creó el primer concepto de vertedero, ya que los desechos eran depositados en

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

grandes agujeros sobre el suelo que se cubrían con tierra. Cerca del año 500 A.C., en Atenas se creó una ley para que los residuos sólidos generados por sus habitantes fueran llevados una milla fuera de las murallas de la ciudad, generándose el primer concepto de “basureros municipales”. Ya para el siglo XVI, en la América prehispanica, se empezó a conocer métodos de rehúso y reciclaje, por ejemplo, los intercambios o compraventas de objetos que realizaban los Aztecas y el uso los excrementos humanos como fertilizantes para sus sistemas de cultivos (Medina, 2010).

1.1 MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN AMÉRICA LATINA

En el continente Americano la ocupación humana tuvo lugar en un período relativamente tardío, hace menos de 25.000 años (Antón, 1999). Con la llegada del hombre al nuevo continente, las relaciones del mismo con el entorno ocasionaron grandes cambios en los ecosistemas Americanos, y se crearon grandes sociedades como los Aztecas y Mayas en México, los Incas en Perú y los Chibchas en Colombia, entre otros (Antón, 1999). Las prácticas de saneamiento en los pueblos Prehispanicos se desarrollaban de manera adecuada; el manejo del agua consistía en captar el agua pluvial y conducirla hacia las áreas verdes y las zonas de cultivo; las aguas residuales se evacuaban mediante canales construidos con piedras acanaladas, fuera de las áreas habitadas; así mismo los residuos sólidos se incineraban, se utilizaban como abono elemental, o se enterraban en espacios abiertos, cuando no era posible aprovecharla (Sánchez, 2006).

En la actualidad el manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe es complejo y ha evolucionado paralelamente a la urbanización, al crecimiento económico y a la industrialización. Para los países latinoamericanos la gestión de residuos debe involucrar, no solo aspectos técnicos de la recolección, limpieza de calles y disposición final; se requiere también aplicar los nuevos conceptos relacionados al financiamiento de los servicios, los enfoques de descentralización y mayor participación del sector privado, los factores concomitantes de salud, del ambiente, de pobreza en áreas marginales urbanas y de educación y participación comunitaria (BID y CEPIS/OPS, 2010).

El crecimiento acelerado de la población en centros urbanos en Latino América se incrementó en los últimos 50 años. Para el año 2000 el aumento de de población en

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

las ciudades capitales de los países latinos aumentó en un 77 %. Siendo actualmente la región más urbanizada en el mundo subdesarrollado y tiene dos de las metrópolis más grandes del mundo: la ciudad de México y Sao Paulo. Este crecimiento significativo, se debe principalmente a la migración de población de zonas rurales a centros urbanos; la mayoría de estos migrantes son individuos de bajos ingresos y niveles bajos de educación, por tanto sus oportunidades laborales son limitadas y mal remunerados. Por estas circunstancias se ven forzados a vivir en asentamientos marginales, en casas que a menudo ellos mismos construyen, frecuentemente sin ninguna planeación y en predios que no les pertenecen. Estos asentamientos reciben nombres como “ranchos” en Venezuela, “pueblos jóvenes” en Perú, “favelas” en Brasil, “invasiones” en Colombia y “ciudades perdidas” en México. (Medina, 2010). Por ser construcciones ilegales, estos sectores de vivienda no cuentan con servicios urbanos, como electricidad, drenaje, agua potable, o recolección de residuos sólidos.

En la mayoría de los países de esta región, las políticas públicas y planes nacionales sobre el manejo de residuos sólidos son limitadas y carecen de rigurosidad, al igual que los escasos recursos económicos destinados a estos procesos. Debido a estos limitantes, en promedio las ciudades latinoamericanas y del Caribe recogen el 70% de los residuos producidos (50-70% en ciudades pequeñas y 85-90% en las grandes). Es decir, el 30 % del total de los residuos producidos no son recogidos. Esto representa entre 20 y 25 millones de toneladas/año que terminan en las calles, basureros clandestinos, ríos y lagos. Las comunidades de bajos ingresos son las que más frecuentemente carecen del servicio de recolección de residuos, y del 70% de los residuos que son recogidos, menos de la mitad es depositado en vertederos controlados. En consecuencia, por lo menos el 60% del total de los residuos producidos en las ciudades latinoamericanas no recibe una disposición final adecuada (BID y CEPIS/OPS 2010; Medina, 2010).

1.2 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN COLOMBIA

La generación de RSU está directamente relacionada con el tamaño de la población y las características culturales y socioeconómicas de la misma. En Colombia, a partir de 1950, se inició un incremento significativo de la población y la producción y consumo de bienes y servicios. Entre 1940 y 2013 la población pasó de 8.5 millones a 47.7 millones de habitantes, mientras el sector urbano creció en un

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

500%, el rural creció solamente un 35%. El Producto Interno Bruto se incrementó en 5.1% en el periodo 2010-2013 y el consumo per cápita en 82% en la década del 2010 (Banrep, 2013; CEPAL, 2012).

Estas características del país han sido determinantes para que en el territorio Colombiano se generen en promedio 27.000 toneladas/día de RSU para 2013, con un crecimiento anual observado del 8%, de estos RSU, el 41% se generan en las cuatro grandes ciudades capitales: Bogotá (la capital del país), Medellín, Cali y Barranquilla y el 59% en las 1114 ciudades restantes (SSPD, 2011, SSPD, 2013).

La creciente urbanización del país, la migración de campesinos a las ciudades y el aumento del poder adquisitivo, generaron problemas como el aumento de RSU y una creciente demanda de sitios y/o sistemas para la disposición final. La producción Per Cápita de RSU es de 0,57 Kg/día, variando entre 0,3 a 0,9 Kg/día según las condiciones socioeconómicas de la población (SSPD, 2013).

Las características de los RSU son determinantes en la evaluación de los impactos ambientales y en la escogencia del sistema de manejo para prevenirlos. En Colombia a diferencia de otros países, denominados desarrollados, predominan los residuos orgánicos (Tabla 1), los cuales sin un tratamiento adecuado se constituyen en un peligro para el ambiente, debido a que su descomposición puede generar cantidades considerables de materia orgánica potencialmente contaminante de aguas superficiales y subterráneas cuando es lixiviada por la lluvia u otra fuente (Radenkova-Yaneva et al, 1995, Renou et al., 2008) (RSU (Tabla 1).

La producción de RSU per cápita es de menos de la mitad del promedio de la OCDE, pero la mayoría de los residuos se eliminan en vertederos controlados (Fig. 1). Al respecto, la política sobre residuos se debería reorientar, pasando de un criterio de control de la contaminación a uno de carácter preventivo (OECD/ECLAC, 2014).

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

Tabla 1. Composición (%) de los RSU de Colombia y otros países

TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	COLOMBIA	USA	OECD ²	ALC ³	MUNDIAL
Orgánicos (Madera, restos de comida, restos de poda)	63	20.8	27	54	46
Papel y Cartón	5	27.4	32	16	17
Plásticos	14	12.7	11	12	10
Vidrio	4	4.6	7	4	5
Metales	1	8.9	6	2	4
Otros*	13	25.6	17	12	18

* Incluye residuos sólidos patógenos, peligrosos y textiles.

Fuente: EPA, 2014; Hoornweg and Bhada-Tata, 2012; MAVDT, 2008.

Los principales impactos ambientales de la inadecuada gestión de los residuos sólidos son conocidos mundialmente y se pueden clasificar de la siguiente forma (Ayomoh et al., 2008; El-Fadel et al., 1997; Jha et al., 2011; PAHO, IDB, AIDI, 2010):

- i. **Atmosféricos:** la degradación de la materia orgánica presente en los residuos produce una mezcla de gases conocida como biogás, compuesta fundamentalmente por Metano y Dióxido de Carbono (CH₄ y CO₂), los cuales son reconocidos gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al proceso de cambio climático. Asimismo, la emisión de dioxinas y furanos, producto de la quema no controlada de residuos, es la principal fuente de emisiones de estos compuestos orgánicos persistentes en América Latina y el Caribe.
- ii. **Suelos y geomorfología:** la presencia de aceites, grasas, metales pesados y ácidos, entre otros residuos contaminantes, altera las propiedades físicas, químicas y de fertilidad de los suelos.
- iii. **Aguas superficiales y subterráneas:** alteración de las características hidráulicas y calidad físico-química del agua.
- iv. **Bióticos:** Alteración de la flora y la fauna. La falta de recolección y tratamiento de los líquidos lixiviados en los sitios de disposición final es un ejemplo.

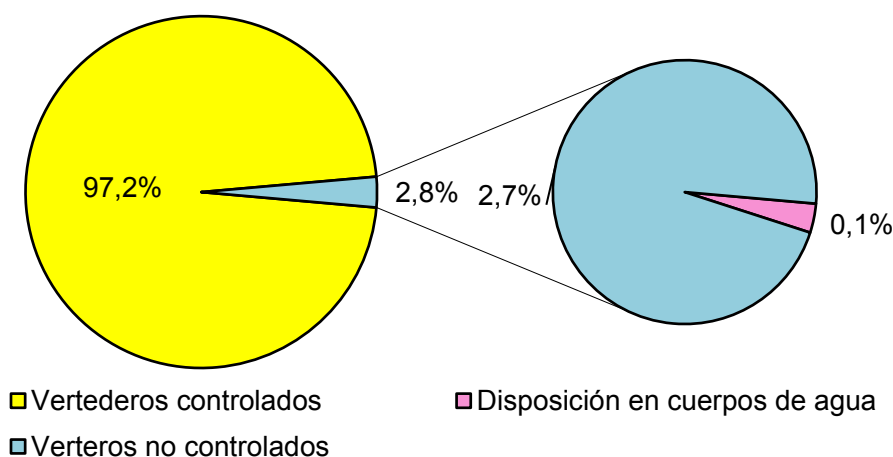
² Son 34 países miembros de la OCDE, abarcan todo el mundo, desde América del Norte y del Sur de Europa y la región Asia-Pacífico. No solo incluyen gran parte de los países más desarrollados del mundo, también los países emergentes como México, Chile y Turquía.

³ América Latina y El Caribe

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

- v. **Salud Humana:** Los olores provenientes de la descomposición de los residuos sólidos impiden la respiración e irrita las vías aéreas, los patógenos de forma directa o a través de vectores puede producir enfermedades entéricas, las comunidades afectadas se vuelven susceptibles a enfermedades de todo tipo, induce la irritación del cuerpo, cataliza la hipertensión, promueve un aumento de la mortalidad por enfermedades debido a la exposición persistente a los agentes patógenos y otras dolencias.

Respecto a la disposición final de los residuos sólidos en Colombia, el 97,2 % de los residuos son dispuestos en vertederos y el 2,8 % en sistemas inadecuados como los vertederos no controlados y la disposición en cuerpos de agua como ríos, lagos y el mar (Fig. 1) (SSPD, 2013).



Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2013.

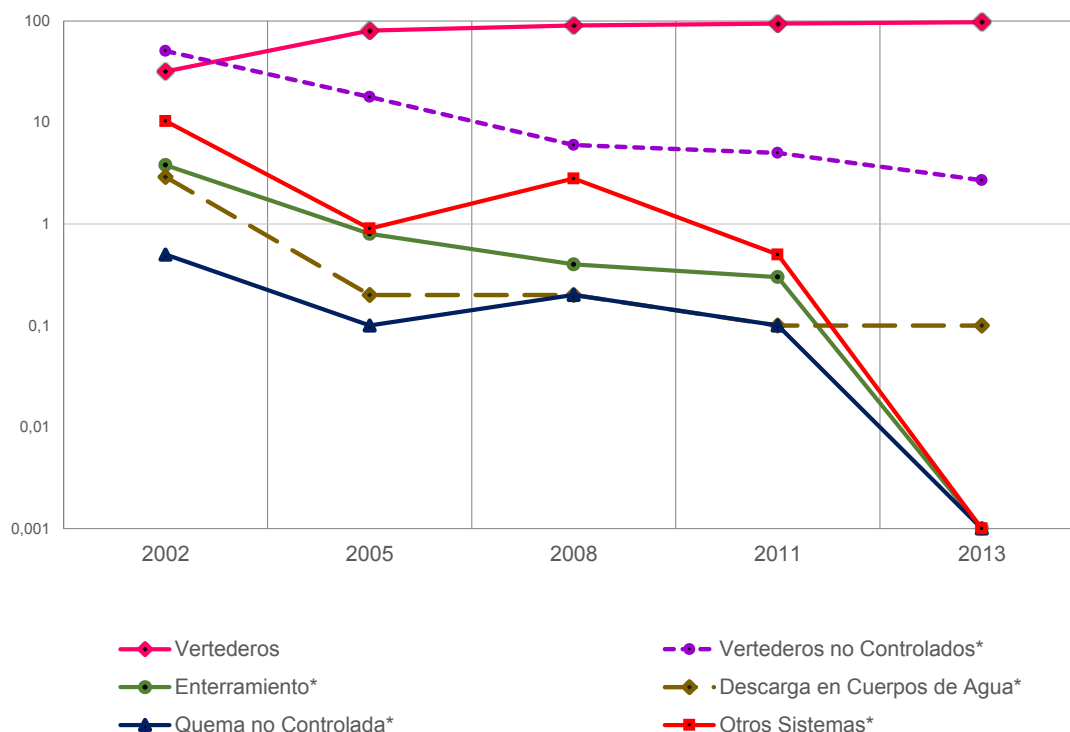
Figura 1. Sistemas de Disposición final de RSU en Colombia

En la década del 2010 se observa un crecimiento significativo del uso de vertederos teniendo en cuenta la variación entre los años 2002-2013 (Figura 2), atribuible a la entrada en vigor de un sistema jurídico⁴ que obligó a todos los sistemas de gestión de RSU en el país a realizar la disposición final en vertederos y clausurar

⁴ Este sistema Jurídico lo constituyen los Decretos 1713 de 2002, derogado por el Decreto 2981 de 2013 y las Resoluciones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 1045 de 2003 y 1390 de 2005 (Diario Oficial del Gobierno de Colombia 2002; 2003; 2005; 2013).

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES

otros sistemas no adecuados (Fig. 1). Si bien, a partir de esta legislación, la capacidad de eliminación de residuos ha aumentado en tanto que el número de vertederos incontrolados ha disminuido, los estándares ambientales no se cumplen en el 30% de los vertederos y en varias grandes ciudades estos han llegado al límite de su capacidad (OECD/ECLAC, 2014).



* Sistemas considerados ilegales para el año 2014

Fuente: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2010, 2011, 2013)

Figura 2. Variación (%) de los Sistemas de disposición final de RSU en Colombia

El cambio significativo del sistema de disposición final, dio como resultado la existencia de un grupo numeroso de vertederos legales y sitios clausurados (vertederos incontrolados, quema o incineración no controlada, enterramiento y otros), que requieren de estrategias oficiales de control con el fin de prevenir y corregir los impactos ambientales que potencialmente se pueden generar (Fig. 3) (CGR, 2006).

1. RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.ANTECEDENTES



Fuente: Elaboración propia con información de Encarnación 2009

Figura 3. Impactos Ambientales generados por vertederos

**EL PROCESO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO
AMBIENTAL DE VERTEDEROS EN COLOMBIA**

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es un proceso de análisis y evaluación de los impactos que proyectos, obras o actividades pueden generar en el ambiente, con el fin de garantizar la conservación de los ecosistemas y el bienestar humano e informar de manera previa a la comunidad de modo que pueda participar en la toma de decisiones relacionadas. La EIA, por lo tanto, puede considerarse como una estrategia preventiva de la gestión ambiental (Toro et al., 2010; Wathern, 1994, Wood, 1993).

La EIA incorpora como herramienta técnica el Declaración de Impacto Ambiental donde se identifican y valoran los impactos ambientales y se diseñan los Planes de Manejo Ambiental (PMA) o planes de actividades correctivas, que determinaran en el corto, mediano y largo plazo la prevención y mitigación de los impactos ambientales.

La EIA se ha convertido a nivel mundial en una de las principales herramientas para tomar decisiones sobre proyectos, obras o actividades (POA) con potencial para generar impactos ambientales significativos (Canter y Sadler, 1997; Sadler, 1996, Wood, 2003) y podría constituirse, en el caso de los vertederos, en el proceso que garantice la prevención del deterioro ambiental y el mejoramiento continuo de las estructuras y el funcionamiento del sistema, porque el mayor objetivo de utilizar la EIA es la prevención de perdidas evitables de recursos y valores ambientales (Modak and Biswas, 1999).

A pesar del papel fundamental que ocupa la EIA en el mundo, es igualmente considerado como uno de los procesos más difíciles y menos comprendidos, presentando limitaciones significativas, especialmente en la etapa previa a la construcción y/o operación de los proyectos, porque la decisiones se deben tomar en un contexto de incertidumbres, donde coexisten las predicciones de los efectos ambientales basadas en juicios subjetivos de los evaluadores y el diseño de infraestructuras y acciones correctivas de impactos que aún no se han generado (Duinker and Beanlands, 1986; Lawrence, 2007; Sadler, 1996, Toro 2009) y a que las opiniones de los evaluadores o proponentes difieren de conformidad con sus valores y actitudes personales y pueden facilitar la manipulación de resultados (Tennøy et al, 2006; Toro et al., 2012).

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

A este respecto existe un consenso sobre la necesidad de un seguimiento adecuado, para prevenir la perpetuación de esta situación y disminuir el riesgo permanente de sobre-estimar o sub-estimar los impactos, conduciendo a una baja asignación de recursos o aumentar los daños ambientales (Hollick, 1986; IAIA and EA-UK, 1999; Leu et al., 1996; Ortolano et al., 1987; Sadler, 1996).

En relación con la construcción y operación de vertederos, en Colombia estos proyectos o actividades están obligados al proceso de EIA y por lo tanto a presentar Declaración de Impacto Ambiental, la eficiencia del proceso ha sido evaluada, identificándose debilidades significativas como carencia de metodologías oficiales para la identificación de impactos ambientales, inexistencia de pólizas que garanticen la corrección de impactos, participación no vinculante y discriminada y falta de instrumentos técnicos oficiales para el seguimiento y control (Toro, et al., 2010).

A este respecto la Contraloría General de la República⁵ y el IDEAM⁶, han llamado la atención sobre los problemas ambientales que están generando los vertederos del país y la baja eficacia del proceso de EIA para controlarlos (CGR, 2006; IDEAM et al., 2011).

2.1 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN COLOMBIA

En Colombia la Licencia Ambiental (LA) es la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la construcción, operación y desmantelamiento de POA que pueden generar deterioro al ambiente. El concepto de licencia ambiental aparece por primera vez en el Gobierno del Presidente Simón Bolívar con el Decreto 3107 de 1829 que recitaba: "...ninguna persona pueda sacar de los bosques baldíos, o del Estado, maderas preciosas y de construcción de buques para el comercio sin que preceda licencia por escrito del gobernador de la provincia respectiva" (Ramírez, 2009). Posteriormente, con la entrada en vigencia del Decreto 2811 de 1974 (Decreto

⁵ CGR: Es el más alto organismo de control fiscal en Colombia. Como tal, supervisa y controla el uso de los recursos (incluidos los recursos naturales) y los bienes públicos. Su objetivo es también contribuir a la modernización del país a través de acciones que promuevan la mejora continua de los organismos públicos.

⁶ IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales es una agencia gubernamental responsable de la generación de conocimiento y asegurar el acceso a la información sobre el estado de los recursos naturales y las condiciones hidrometeorológicas en todo el país para la toma de decisiones de la población, autoridades, los sectores económicos y sociales de Colombia.

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

2811 de 1974), se exige licencia a un grupo de actividades, pero la falta de reglamentación del proceso impidió que este instrumento cumpliera plenamente sus objetivos de prevención y control. Con la aprobación de la Ley 99 de 1993 (Ley 99, 1993), el proceso de licenciamiento ambiental adquiere mayor relevancia y los Estudios de Impacto Ambiental (EslA) se convierten en el instrumento básico para tomar decisiones sobre POA que afecten significativamente el ambiente (Ver Figura 4) (Toro et al., 2014).

Paradójicamente a partir de 1994 el licenciamiento ambiental en Colombia se ha reglamentado en sucesivas ocasiones en detrimento del ambiente, debido a la exclusión de actividades obligadas a tramitar licencia ambiental, la limitada participación comunitaria, la carencia de metodologías oficiales para la valoración de impactos ambientales, la inexistencia de seguros que garanticen la implementación de los planes de manejo y el incumplimiento parcial de tratados internacionales, entre otros (Toro, 2009; Toro, Requena & Zamorano, 2010; CGR, 2006), (Tabla 2).

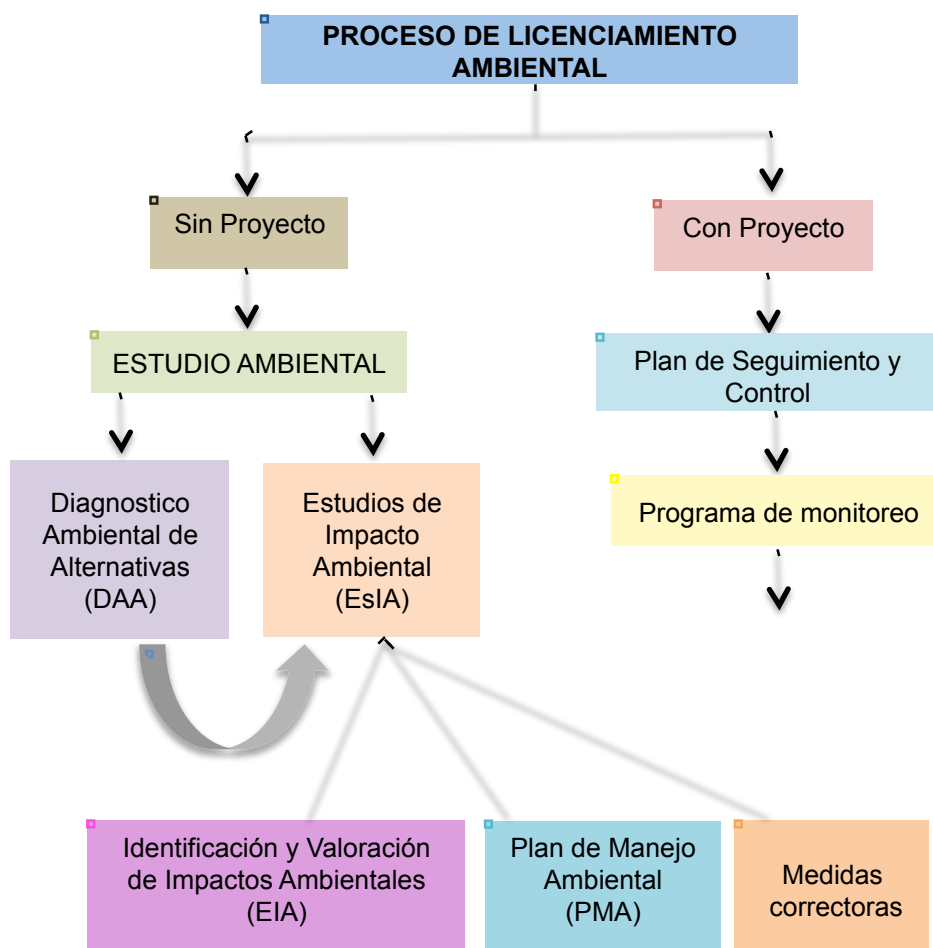
Las actividades que requieren Licencia Ambiental se encuentran en una lista taxativa en el Decreto 2041 de 2014, excluyendo el procedimiento de “screening” que permite a las autoridades ambientales decidir si un POA requiere LA basados en el análisis de las características del proyecto y de las áreas de influencia directa e indirecta (Modak & Biswas, 1999; Wood, 2003).

El contenido del EslA para cada POA que requiere EIA, está definido en instrucciones oficiales estandarizadas denominadas términos de referencia (TR), y la forma de presentación debe hacerse de acuerdo a la metodología general para la presentación de Estudios Ambientales, que entró en vigencia mediante la Resolución 1503 de 2010. El contenido general de los TR incluye: i. Caracterización del área de influencia, ii. Demanda de recursos naturales, iii. Identificación y evaluación de impactos ambientales, iv. Plan de manejo ambiental, v. Plan de contingencias para la construcción y operación del proyecto, vi. Plan de desmantelamiento y abandono, vii. Plan de inversión del 1% del total de la inversión del POA.

En resumen, desde la entrada en vigor del proceso de EIA en Colombia, la legislación se ha modificado de manera significativa, sin haber realizado una evaluación cualitativa y cuantitativa a profundidad de la aplicación de cada uno de los decretos derogados, sin mediar participación de la sociedad civil, la academia, las

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

organizaciones no gubernamentales y sin valorar los alcances en relación al desarrollo sostenible, la conservación del patrimonio natural y la protección de la salud humana (CGR, 2006; Toro, Requena & Zamorano, 2010).



Fuente: Elaboración propia con información del D. 2041 de 2014

Figura 4. Estructura del proceso de Licencia Ambiental

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

Tabla 2. Reglamentación del proceso de Licenciamiento Ambiental en Colombia

NORMA	CARACTERÍSTICAS		
	POA QUE REQUIEREN LA	PARTICIPACIÓN PÚBLICA	MÉTODOS EIA
Decreto 1753 de 1994	Se exige LA a cuarenta y dos (42) sectores o actividades.	No incluye la participación pública en el proceso de EIA.	No incluye instrucciones, oficiales para la valoración de impactos ambientales.
Decreto 1728 de 2002	Exime del trámite de LA, a 21 sectores/actividades obligadas en el Decreto 1753 de 1994.	Queda adscrita a informar al público sobre el POA y sus impactos, y aplicar consulta previa para comunidades indígenas y negritudes.	No incluye instrucciones, oficiales para la valoración de impactos. El proponente decide su escogencia.
Decreto 1180 de 2003	Excluye del registro en las guías ambientales los POA en áreas que tengan aprobados Planes de Ordenamiento Territorial.	La participación, queda adscrita a informar a la comunidad sobre el POA y sus impactos y aplicar consulta previa para comunidades indígenas y negritudes.	No incluye instrucciones, guías o métodos oficiales para la valoración de impactos ambientales. El proponente decide su escogencia.
Decreto 1220 de 2005	Se conserva el listado de POA que requieren LA en el Decreto 1180 de 2003	La participación, queda adscrita a informar a la comunidad sobre el POA y sus impactos y aplicar consulta previa para indígenas y negritudes.	No incluye instrucciones, guías o métodos oficiales para la valoración de impactos ambientales.
Decreto 2820 de 2010	Se conserva el listado de POA que requieren LA en el en el Decreto 1220 de 2005	La participación, queda adscrita a informar a la comunidad sobre el POA y sus impactos y aplicar consulta previa para comunidades indígenas y negritudes.	No incluyen instrucciones, o métodos oficiales para la valoración de impactos ambientales. El proponente decide su escogencia.
Ley 1450 de 2011	En el artículo 224 se reglamenta el tiempo para que las autoridades ambientales (AA) otorguen o nieguen la LA: “ En caso de que el procedimiento [...] Se demore más de los 90 días hábiles, contados a partir del acto de trámite que reconozca que ha sido reunida toda la información [...] se convocará a un comité quien en un plazo menor a 10 días hábiles establecerá un plan de acción [...] para que en un plazo menor a 30 días hábiles la AA esté en posibilidad de decidir sobre la licencia ambiental”.		
Decreto 2041 de 2014	Deroga Decreto 2820 de 2010. Se mantienen los tiempos para solicitar licencia, se presentan modificaciones para el sector minero, energías renovables y yacimientos.		

Fuente: Elaboración propia con información de la legislación respectiva

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

Los principales cambios, se relacionan con la disminución del número de POA que requieren LA, falta de seguros complementarios que garanticen amparar los daños ambientales probables, participación pública no vinculante, falta de articulación entre las autoridades ambientales encargadas del proceso de licenciamiento ambiental y carencia de métodos oficiales para la valoración de impactos ambientales (CGR, 2006; Toro, 2009; Toro, Requena & Zamorano, 2010; Toro, Duarte, Requena & Zamorano, 2012).

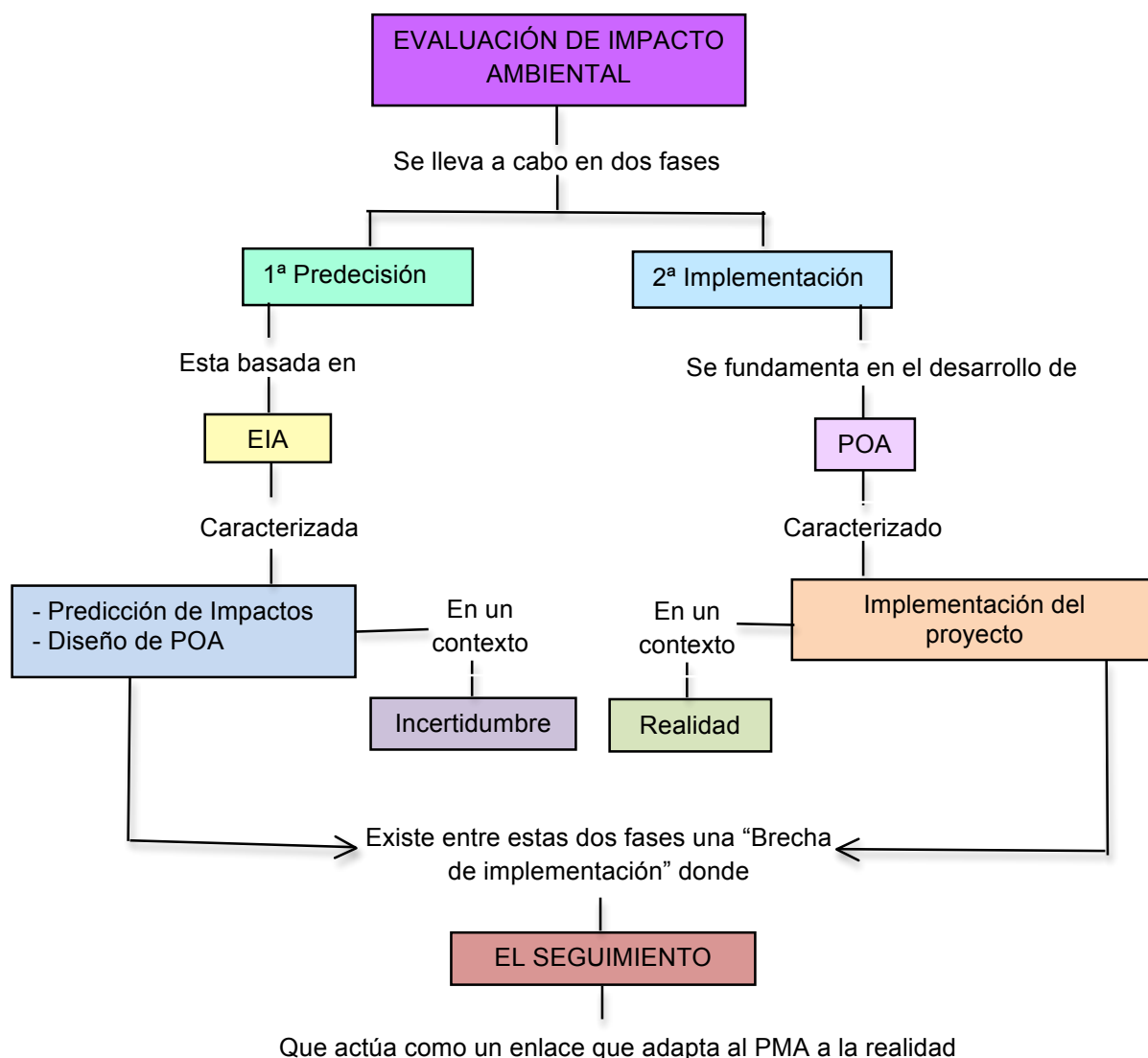
2.2 CONTROL Y SEGUIMIENTO EN LA EIA

En procesos donde se presentan incertidumbres, como es el caso de la EIA (Tennøy et al, 2006), es necesario implementar mecanismos que la disminuyan con el fin de valorar los impactos e implementar medidas de manejo más acordes con la realidad y prevenir el deterioro de los recursos naturales y el patrimonio ambiental.

El Seguimiento y control ha sido definido como un procedimiento para verificar la exactitud de la EIA y determinar la eficacia de los PMA en la prevención de los impactos adversos (Bird y Therivel, 1996; Fairweather, 1989; Kassim y Simoneit, 2005; Morrison-Sauders et al., 2001; Noble and Storey, 2005), teniendo una larga historia de interés y práctica profesional en la EIA (Morrison-Sauders et al., 2001). Al respecto McCallum (1987) afirma que no se puede esperar que la EIA perdure en la sociedad sin la introducción del seguimiento y control, manifestando además, que a pesar de ser componente imprescindible del proceso, su aplicación está siendo descuidada a nivel mundial.

En la EIA existe lo que se denomina una brecha de implementación (Implementation Gap), debido a que los impactos se identifican y valoran en la etapa previa a la implementación de las medidas de manejo, existiendo diferencias considerables entre la evaluación y los impactos reales generados por el POA (Barker and Wood, 1999; Dunsire, 1978; Tennøy et al., 2006), en ese sentido el Seguimiento da a los proponentes del proyecto y a la administración la oportunidad de ajustar las medidas del PMA que se planificaron en la etapa de predecisión, cuando las incertidumbres son mayores que en la etapa de implementación, de esta manera el Seguimiento puede conceptualizarse como el link entre la Declaración de Impacto Ambiental y la ejecución del proyecto (Arts et al., 2001; Dunsire, 1978), (Figura 5)

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Arts, et al., 2001.

Figura 5. Rol del Seguimiento en el proceso de EIA

Al respecto, el seguimiento y control es reconocido como una medida para asegurar la eficacia de la EIA y disminuir las incertidumbres propias de la subjetividad y el sesgo del evaluador y la complejidad del ambiente (Ahammed y Nixon, 2006; Gachechiladze-Bozhesku and Fischer, 2012; Modak and Biswas, 1999; Munro, 1987; Sadler, 1996; Ortolano, 1987; Tomlinson y Atkinson, 1987; Toro et al., 2012; Wilson, 1998; Wood, 2003), por lo tanto, puede desempeñar un papel importante, y de hecho, sin su aplicación la EIA puede disminuir su credibilidad, porque los recursos económicos, el tiempo y esfuerzo invertidos en la línea base y la valoración de impactos son efectivamente inútiles, a menos que se puedan probar estas

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

predicciones y determinar si las acciones correctivas han cumplido su función (Ahammed y Nixon, 2006).

La necesidad de implementar procesos de Seguimiento en la EIA está suficientemente justificada y existe evidencia científica sobre temas de seguimiento relacionados (Bailey et al, 2001; Hollick, 1986; Leu et al., 1996; Noble and Storey, 2005; Storey and Jones, 2003; Sadler, 1996; Tomlinson and Atkinson, 1987).

No obstante la importancia del Seguimiento en la EIA, sigue siendo la etapa más débil en la mayoría de las jurisdicciones donde se práctica (O'Faircheallaigh, 2007), entre otras razones por las pocas técnicas desarrolladas (Morrison- Sauders et al., 2003).

En relación con proceso de EIA de vertederos en Colombia, el Seguimiento ha sido identificado por la CGR, como la actividad de mayor debilidad y la que menos efectividad ha tenido en el país (CGR, 2006; Toro et al, 2010), entre otras razones, por la carencia de lineamientos técnicos y/o metodologías oficiales objetivas.

Al respecto, la metodología EVIAVE que ha sido utilizada para el diagnóstico ambiental de veraderos, puede convertirse en la herramienta para el Seguimiento de los PMA aprobados en las licencias ambientales para la construcción y funcionamiento de estos sitios de disposición final de residuos sólidos en Colombia y de otros países, porque es una metodología que se adapta para ser usada en cualquier ambiente, legislación y tipo de RSU.

2.2.1 Proceso de Seguimiento y Control a la Licencia Ambiental en Colombia

Con el otorgamiento de la LA finaliza la primera fase administrativa del proceso, y se puede dar inicio a la construcción y funcionamiento del vertedero. La fase siguiente es la implementación del plan de seguimiento y monitoreo del proyecto en cada una de sus etapas, este proceso se realiza con el fin de verificar el cumplimiento de los compromisos y obligaciones ambientales, adquiridos con la LA, relacionados específicamente con el plan de manejo ambiental, y comprobar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos en las normas vigentes. Así mismo, busca evaluar mediante indicadores el desempeño ambiental previsto del proyecto, la eficiencia y

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

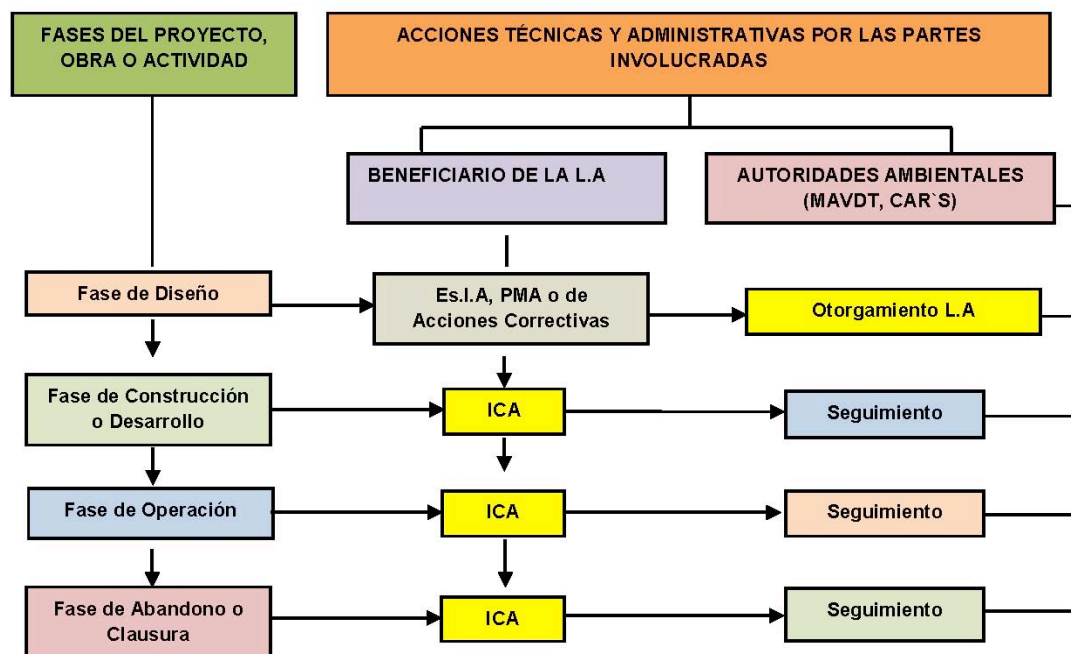
eficacia de las medidas de manejo ambiental adoptadas y la pertinencia de las medidas correctivas necesarias y aplicables a cada caso en particular.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de Colombia, es el organismo rector de la gestión del ambiente y los recursos naturales renovables del país; hace parte del Sistema Nacional Ambiental (SINA), que es el conjunto de orientaciones, normas, actividades, recursos, programas e instituciones que permiten la materialización de los principios ambientales. En el SINA se establece una jerarquía descendente encabezada por el MADS con jurisdicción nacional, seguida por las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción regional dentro del ámbito territorial que se les ha confiado conforme a las normas de carácter superior y criterios y directrices trazadas por el Ministerio. Seguidos en orden descendente por los departamentos, distritos y municipios (MAVDT, 2008).

El MADS tiene como labor, a través de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), otorgar las L.A para la ejecución de POA de gran envergadura, siempre y cuando estas cumplan con los requisitos exigidos en los términos de referencia para cada actividad como los criterios de evaluación, seguimiento y manejo ambiental. Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las encargadas de realizar el seguimiento de dichas L.A una vez aprobadas y otorgar L.A a proyectos de mediana y pequeña importancia.

El MADS y las CAR, interactúan con los proyectos a lo largo de su ciclo de vida, iniciando dicha interacción en la fase de diseño, en la que el beneficiario presenta el EsIA y el plan de manejo ambiental, y a partir de allí la autoridad ambiental otorga la L.A, generándose obligaciones para el beneficiario de la licencia. A partir de este acto administrativo se genera una relación permanente entre el proyecto y la autoridad ambiental, en las fases de construcción, operación o abandono y restauración, mediante la presentación periódica de Informes de cumplimiento Ambiental (ICA) y el seguimiento periódico por parte de la autoridad ambiental (Ver Figura 6) (MAVDT, 2008)

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información del MAVDT, 2008

Figura 6. Compromisos administrativos y técnicos de las diferentes partes en los procesos de Licenciamiento Ambiental

Las Autoridades Ambientales en Colombia han desarrollado una estructura conceptual constituida por cinco procesos para el seguimiento y control de proyectos, incluidos los PMA aprobados en la L.A.; este esquema de seguimiento fue diseñado teniendo como referencia los grupos de procesos establecidos por el “Project Management Institute” (2004) para la gerencia de proyectos (MAVDT, 2008). Los cinco procesos del seguimiento ambiental de proyectos establecidos para Colombia son:

- i. **El Proceso de Inicio:** define y autoriza el inicio del seguimiento ambiental de los proyectos.
- ii. **El Proceso de Planeación:** define y refina los objetivos y planifica el seguimiento ambiental para lograr los objetivos y el alcance. En esta fase se proponen las metodologías a utilizar.
- iii. **Proceso de Ejecución:** Integra a personas y otros recursos para llevar a cabo el seguimiento ambiental de los proyectos.

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

- iv. **Proceso de control y seguimiento:** mide y supervisa regularmente el avance del cumplimiento ambiental de los proyectos, con la finalidad de identificar desviaciones en el manejo ambiental, de tal forma que se puedan tomar las medidas preventivas o correctivas cuando sea necesario para lograr los objetivos ambientales establecidos para cada proyecto. En esta fase se implementa la metodología escogida.
- v. **Proceso de cierre:** formaliza el cierre de un expediente, mediante la aceptación del cumplimiento ambiental del beneficiario, por parte de la autoridad ambiental, terminando ordenadamente el proyecto.

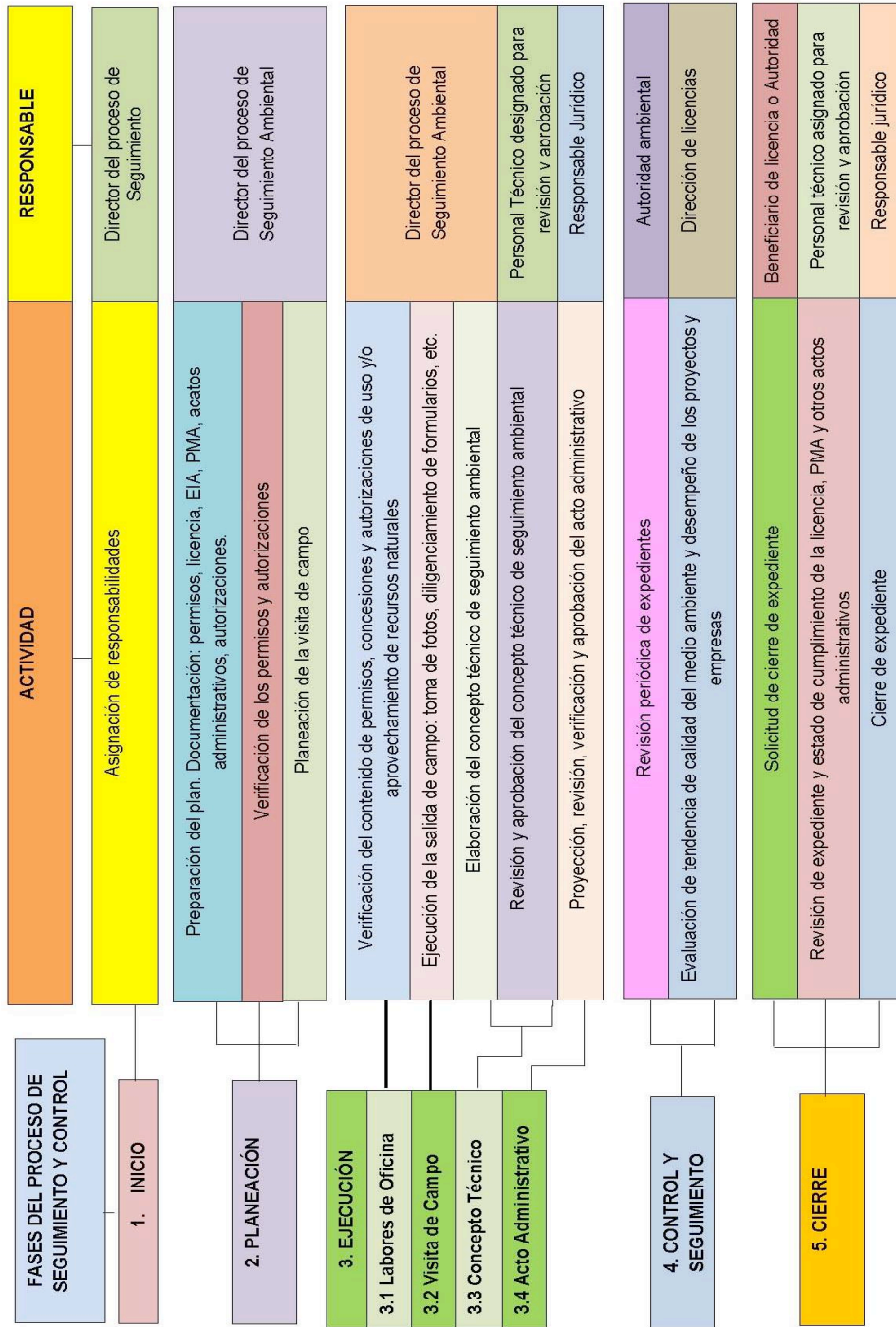
En la Figura 7 se presenta la estructura completa del proceso propuesto para el desarrollo de los planes de seguimiento y control de proyectos en Colombia.

En la fase 4 del proceso de seguimiento, se solicita como actividad la evaluación de la tendencia de la calidad del ambiente a partir de los resultados históricos de monitoreo que realizan los diferentes sectores productivos en las áreas de influencia de sus proyectos. Cada proyecto tiene definido factores ambientales a los cuales hacerle seguimiento de acuerdo a la interacción de sus actividades con cada uno de estos, estableciendo un indicador para cada caso, que permita analizar la evolución de las variables a medir y evidenciar la tendencia en la calidad. Sin embargo uno de los inconvenientes para evaluar una tendencia, es la variedad de indicadores propuestos por los diferentes sectores productivos, y la ausencia de estos en otros casos.

Debido a esto, las autoridades ambientales del país por medio del manual de seguimiento ambiental de proyectos ha diseñado un listado mínimo de factores y casos a evaluar, de manera tal, que sin importar el sector productivo, se obtenga la información que se requiere para la generación de dichos indicadores. En la tabla 3 se presentan los recursos/factores ambientales mínimos a los que se les deben realizar monitoreo para establecer la tendencia en la calidad del ambiente.

Por otra parte, la Autoridad o administración Ambiental propone una serie de indicadores para iniciar el proceso de recopilación de información estandarizada para la evaluación de las tendencias de la calidad del medio. En la tabla 4 se presentan los indicadores.

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA



008

Figura 7. Estructura completa del proceso propuesto para el desarrollo de los planes de Seguimiento y Control de POA en Colombia.

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

Tabla 3. Factores ambientales/Recursos a considerar en la evaluación y/o seguimiento de la tendencia de la calidad del ambiente

RECURSO OBJETO DE SEGUIMIENTO	INTERACCIÓN CON PROYECTOS
Fuentes Hídricas	Por Captación
	Por Vertimientos
	Por Ocupación de Cauces
Suelos	Receptor de Vertimiento
	Afectado por Actividad o Manejo Residuos
Fauna Terrestre	Anfibios
	Reptiles
	Aves
	Mamíferos
Fauna Marina	Corales
	Bentos
	Zooplancton
	Peces
Flora terrestre	Sin definición
Flora Marina	Sin definición
Ecosistemas Terrestres	Sin definición
Ecosistemas Acuáticos Continentales	Sin definición
Ecosistemas Marinos	Arrecifes Coralinos
	Manglar
	Fondos lodosos y arenosos
Calidad del Aire	Sin definición

Fuente: Tomado de MAVDT, 2008

2. EL PROCESO DE EIA DE VERTEDEROS EN COLOMBIA

RECURSO	TIPO DE INDICADOR	VARIABLE A CONSIDERAR	FORMULA DEL INDICADOR	RANGOS DE DESEMPEÑO
Fuentes hídricas	Cumplimiento	Cumplimiento legal de la calidad del aire	Promedio de la \sum (Nº de los parámetros medidos reglamentados)*100 de fuentes hídricas monitoreadas	100% - Buen Desempeño <100% - Deficiente Desempeño
Suelos	Desempeño	Cumplimiento de normas de referencia y deterioro características	Promedio((Nº de parámetros con deterioro/Nº de parámetros medidos)+(Nº de parámetros valores por debajo de norma de referencia/Nº de parámetros medidos))*100	100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
Flora	Efectividad	Especies con categoría especial	Promedio de la \sum (Nº de especies con categoría especial monitoreadas/Nº de especies con categoría especial en EIA o PMA)*100	100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
Fauna	Efectividad	Especies con categoría especial	Promedio de la \sum (Nº de especies con categoría especial monitoreadas/Nº de especies con categoría especial en EIA o PMA)*100	100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
Ecosistema	Efectividad Continental	Diversidad y Productividad	Promedio ((Productividad ecosistema acuatico monitoreo/Productividad EIA o seguimiento anterior)+(Diversidad ecosistema monitoreo/Diversidad EIA o seguimiento anterior))*100	>100% - Muy buen Desempeño 100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
	Efectividad Marina	Productividad manglares, cobertura corales, densidad fondos lodosos o arenosos y productividad pastos marinos	Promedio ((Productividad del manglar en monitoreo/Productividad en EIA o anterior)+(Cobertura corales monitoreo/Cobertura en EIA o anterior)+(Densidad en bentos en monitoreo/Densidad anterior)+(Productividad pastos marinos monitoreo/Productividad en EIA))*100	>100% - Muy buen Desempeño 100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
Calidad del aire	Cumplimiento	Intensidad monitoreos, niveles ruidos y cumplimiento de normas de referencia	Promedio ((Días con monitoreo/120)+(Nº de mediciones con niveles de ruido dentro de norma/Nº total de mediciones)+(Nº de parámetros dentro de la norma/Nº de parámetros reglamentados))*100	100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño
Social	Cumplimiento	Atención a peticiones, quejas y reclamos. Talleres de información y capacitación. Reasentamientos	Promedio ((Nº PQR presentadas/Nº PQR atendidas y resueltas)+(Nº de reasentamientos realizados/reasentamientos a realizar)+(talleres de información realizados/Nº talleres programados)+(talleres de capacitación ejecutados/Nº talleres programados))*100	100% - Buen Desempeño 70-99% - Regular desempeño <70% Deficiente Desempeño

Fuente: MAVDT, 2006

Tabla 4. Propuesta de indicadores para evaluar las tendencias de calidad del medio ambiente.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

La metodología EVIAVE tiene como referente el análisis causa efecto con ponderación de los factores ambientales, cuyos fundamentos se generaron en los años setenta con los métodos de evaluación de impacto ambiental de Leopold (Leopold et al., 1971) y Battelle-Columbus (Dee y Baker, 1973). Esta metodología busca la caracterización y diagnóstico de vertederos de residuos sólidos urbanos utilizando **Índices Ambientales** que puedan generar la posibilidad de valorar cuantitativamente el estado ambiental de una determinada zona de vertido. Igualmente esta metodología busca en su implementación recuperar lugares impactados e ir obteniendo estados ambientalmente compatibles con la expansión del núcleo urbano, cumplir con las normas vigentes Españolas en cuanto a vertidos de residuos sólidos urbanos, relacionar las variables que influyen en los procesos del punto de vertido con la afección ambiental y elaborar un sistema de diagnóstico ambiental aplicable a diferentes áreas de estudio (Calvo et al, 2004; Garrido, 2008).

- Aplicación de la Metodología EVIAVE en diferentes países

La metodología de Diagnostico Ambiental de Vertederos propuesta por Calvo 2003, ha tenido una serie de adaptaciones para ser aplicable en otros contextos jurídicos y ecosistémicos. A pesar que esta metodología fue creada como herramienta para dar cumplimiento al Real Decreto 1481/2001, se presentaron resultados apropiados para otros países. En el año 2007 se publico los primeros cambios propuestos a la metodología, cuando se realizo la aplicación a diferentes vertederos de Andalucía (España) y se modificaron algunos elementos del medio (Garrido 2008).

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

La siguiente aplicación de la metodología se realizó en Venezuela, donde fue necesario adaptar la valoración de las variables del vertedero a las exigencias establecidas en dicho país (Paolini, 2007). Ahora la metodología fue aplicada en Colombia generando modificaciones teóricas y estructurales a la metodología, con resultados eficaces.

En la Figura 8 se recogen los principales componentes de esta metodología y su jerarquización. Se puede observar que esta metodología se compone de cuatro niveles de trabajo que permiten la caracterización cuantitativa de los efectos ambientales ocasionados por un vertedero. El primer nivel representa los criterios utilizados para considerar los atributos del vertedero desde el punto de vista de las características del medio físico y su grado de explotación, y está representado en las **variables de vertedero** y los **descriptores ambientales**. En el segundo nivel, para cada uno de los elementos del medio y a partir de la cuantificación de las variables en la fase anterior, se determinan las **Probabilidades de Contaminación** para cada uno de los elementos del medio (**Pbc_i**); así mismo con la valoración de los descriptores ambientales se obtiene el **Valor Ambiental (V_{ai})** para cada elemento del medio. El tercer nivel representa el **Índice de Riesgo Ambiental** para cada elemento del medio (**IRA_i**) y finalmente la determinación del **Índice de Interacción Medio – Vertedero (IMV)** representa el último nivel de la metodología (Zamorano et al. 2006).

En los siguientes subapartados se hace una breve descripción de los elementos y niveles de la metodología EVIAVE.

3.1 ELEMENTOS DEL MEDIO

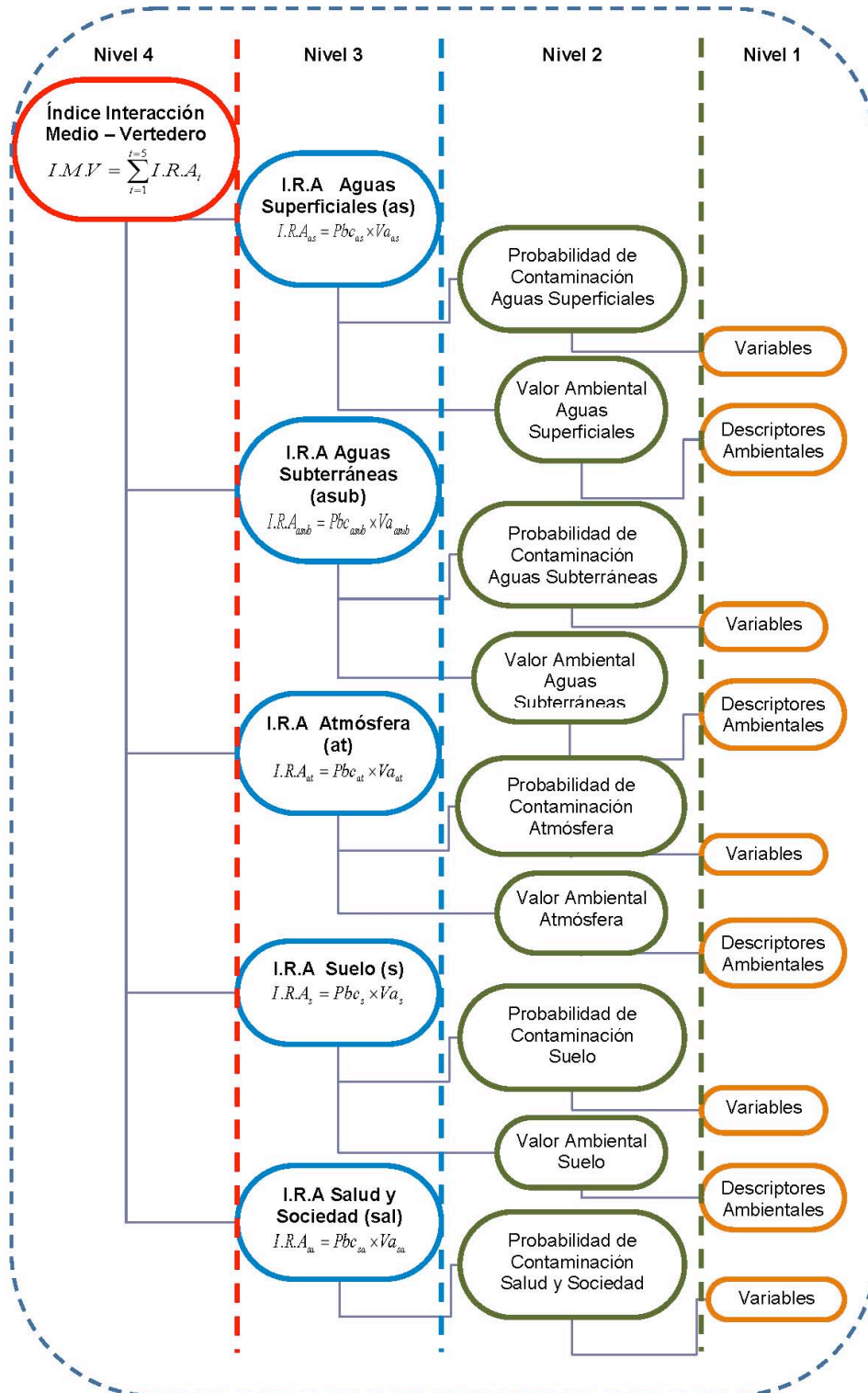
Son los potenciales receptores de los impactos producidos por el vertido de residuos. Los elementos del medio considerados en este trabajo fueron:

- i. Agua Superficial.
- ii. Agua Subterránea.
- iii. Suelo.
- iv. Atmósfera.
- v. Salud.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

La metodología EVIAVE considera al vertedero como una instalación dinámica y generadora de emisiones, que dependerán de su relación con los elementos del medio ubicados en el lugar donde se encuentra el punto de vertido. Por tanto, para analizar estos elementos, es necesario realizar una descripción del entorno inmediato al punto de vertido e identificar cuáles son los factores que cada elemento posee en la interacción medioambiental con la dinámica del vertido. La descripción de las características del entorno permitirá una valoración de los elementos del medio, valoración que es necesaria para definir cuantitativamente los índices de la metodología. En este proceso deben ser analizados todos los factores del medio que influyen en el mantenimiento seguro de los sistemas de contención de los residuos. Estas características se dividen en dos grupos de factores: i) ambientales y ii) socio-políticos.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES



Tomado de Zamorano et al. 2006

Figura 8. Estructura jerárquica de la metodología EVIAVE

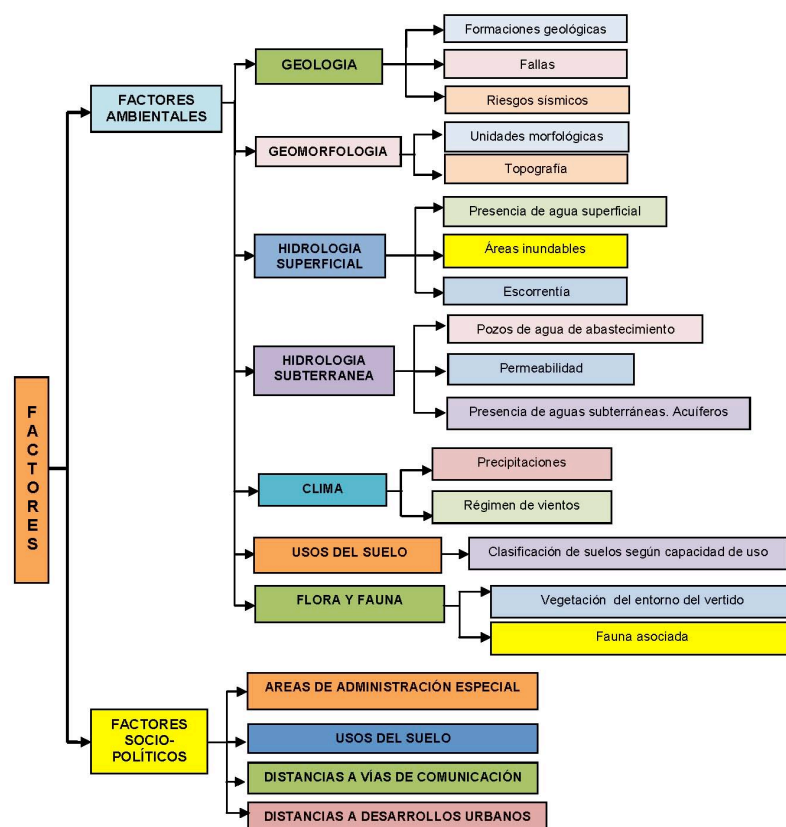
3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

3.1.1 Factores Ambientales

Son los componentes físicos y bióticos que reciben las alteraciones o donde se generan los impactos que el vertedero puede producir sobre el medio. El análisis de los factores, permite identificar las condiciones ambientales para que los impactos potenciales del vertedero sean más o menos admisibles. La Figura 9 muestra los factores ambientales que fueron considerados en esta metodología.

3.1.2 Factores Socio-políticos

Son aquellos aspectos que son influenciados desde un punto de vista social y político por la existencia de un vertedero. Todos estos factores están relacionados con el interés que la comunidad les otorga como factores de bienestar social. La Figura 9 recoge los factores considerados en esta metodología.



Fuente: Elaboración propia con información de Zamorano et al., 2006

Figura 9. Factores considerados en la EVIAVE

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

A continuación se describen cada uno de los niveles y los criterios que componen la metodología.

3.2 NIVEL 1. DEFINICIÓN DE VARIABLES DE VERTEDERO Y DESCRIPTORES AMBIENTALES

3.2.1 Variables de vertedero

Son los aspectos o características del vertedero que, seleccionados por su sensibilidad en los procesos bioquímicos y físicos del mismo, influyen directa o indirectamente sobre la afección ambiental a los diferentes elementos del medio considerados. Las variables de vertedero pretenden describir, la dinámica del vertedero. En la Figura 10 se ilustran las 26 variables de vertedero que fueron consideradas en los diferentes elementos del medio.

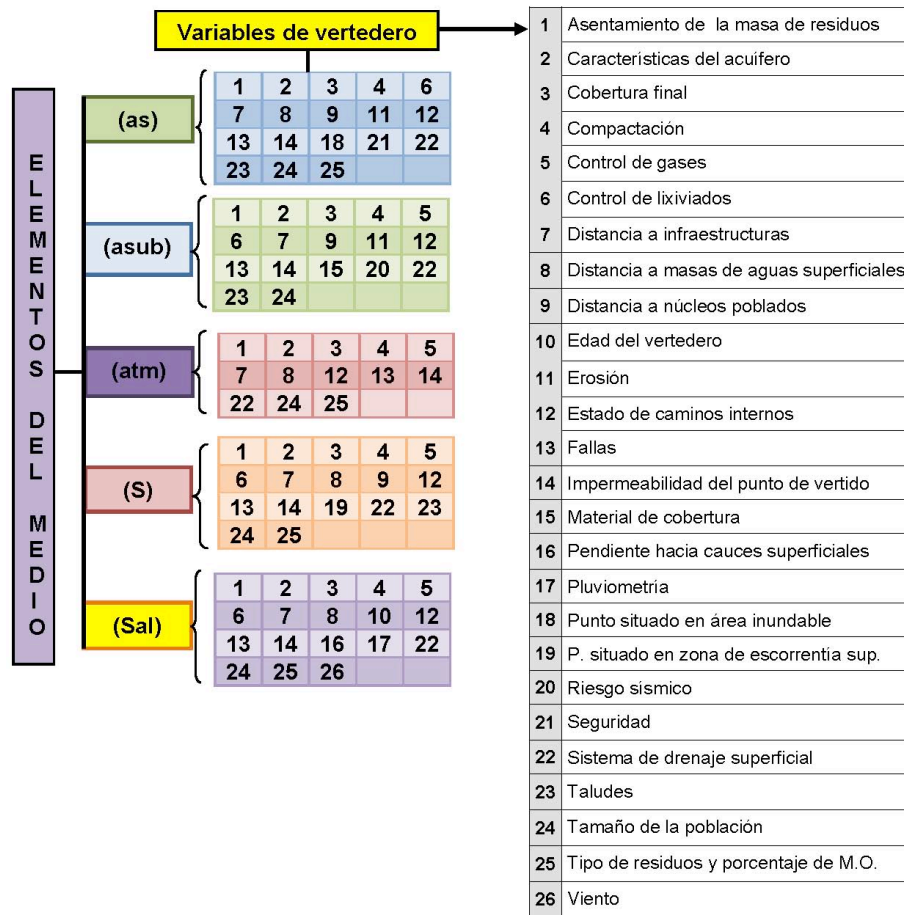
La evaluación de cada variable (**j**) se obtiene a partir del **Índice de Riesgo de Contaminación (IRC_j)** el cual se recoge en la ecuación 1, donde, **C_j**, es la **clasificación de la variable** que dependerá del estado o condición de ésta en el punto de vertido; **P_j**, es la importancia o **ponderación**.

$$IRC_j = C_j \times P_j \quad (1)$$

La ponderación de cada variable dependerá del concepto de elemento estructural del punto de vertido, que intervienen directamente en la afección de los parámetros. Tendrá valor unitario cuando la variable no está relacionada con ningún elemento estructural, ni afecta directamente al elemento del medio evaluado; en estos casos la clasificación de la variable puede adquirir los valores recogidos en la Tabla 5.

Todas las variables utilizadas para la medición de la probabilidad de afección que estén directamente relacionadas con los elementos estructurales tendrán una ponderación máxima igual a dos; así mismo tendrán una ponderación máxima aquellas variables que aun no estando directamente relacionadas con los elementos estructurales sean causa directa de riesgo de afección sobre el parámetro considerado. En estos casos la clasificación de la variable puede adquirir los valores indicados en la Tabla 6. Los elementos estructurales definidos son los siguientes:

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES



Fuente: Elaboración propia con información de Zamorano et al, 2006

Figura 10. Variables de vertedero consideradas en la metodología EVIAVE para cada elemento del medio

- **Existencia de materia orgánica.** La presencia de materia orgánica en el punto de vertido incide en la producción de gases y afecta directamente en los elementos del medio: *aguas superficiales y subterráneas, atmósfera y salud y sociedad*) y en la producción de lixiviados (afecta directamente en los elementos del medio: *aguas superficiales y subterráneas, suelo y salud y sociedad*).
- **Humedad de la masa de residuos.** La existencia de agua dentro del punto de vertido incide directamente en la producción de gases (Afecta directamente en los elementos del medio: *aguas superficiales y subterránea, atmósfera y salud y sociedad*) y en la producción de lixiviados (Afecta directamente en los

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

elementos del medio: *aguas superficiales y subterráneas, suelo y salud y sociedad*).

- **Densidad de los residuos.** La mayor o menor densidad de la masa de residuos, entendida como los residuos y el material de cobertura, incide directamente en la producción de gases (Afecta directamente en los elementos del medio: *aguas superficiales y subterráneas, atmósfera y salud y sociedad*) y en la producción de lixiviados (Afecta directamente en los elementos del medio: *aguas superficiales y subterráneas, suelo y salud y sociedad*).

Tabla 5. Ponderación cuando la variable no está relacionada con algún elemento estructural o no afecta directamente al medio evaluado

Clasificación	Valor de la clasificación	Ponderación
Muy Alta	5	1
Alta	4	
Media	3	
Baja	2	
Muy baja	1	

Fuente: Zamorano et al, 2006

Tabla 6. Ponderación cuando la variable está relacionada con algún elemento estructural o afecta directamente al medio evaluado

Clasificación	Valor de la clasificación	Ponderación
Muy alta	5	2
Alta	4	
Media	3	
Baja	2	
Muy baja	1	

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

La justificación de la ponderación y clasificación para las variables elegidas en la valoración de la probabilidad de contaminación de cada elemento del medio se hace con base en la legislación vigente, estudios e investigaciones relacionadas, así como bibliografía científica al respecto. En la tabla 7 se exponen los valores (C_j) y (P_j) para cada una de las variables de vertedero.

Tabla 7. Valores de Ponderación y Clasificación para cada variable de vertedero

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C_j)		Ponderación (P_j)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Asentamiento de la masa de residuos	Muy bajo	Muy bajo	1	1	1	1	2	1
	Bajo	bajo	2					
	Medio	Medio	3					
	Alto	Alto	4					
	Muy alto	Muy alto	5					
Características del acuífero	Muy baja	Muy bajo	1		2			
	Baja	Bajo	2					
	Media	Medio	3					
	Alta	Alto	4					
	Muy alta	Muy alto	5					
Cobertura final	Muy adecuada	Muy baja	1	2	2	2	2	2
	Adecuada	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Deficiente	Alta	4					
	Muy deficiente	Muy alta	5					

Continua en la siguiente pagina

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _i)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Compactación	Muy alta	Muy baja	1	2	2	2	2	2
	Alta	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Baja	Alta	4					
	Nula	Muy alta	5					
Control de gases	Muy adecuado	Muy baja	1			2	1	1
	Adecuado	Baja	2					
	Medio	Media	3					
	Bajo	Alta	4					
	Nulo	Muy alta	5					
Control de lixiviados	Muy adecuado	Muy baja	1	2	2		2	2
	Adecuado	Baja	2					
	Medio	Media	3					
	Bajo	Alta	4					
	Nulo	Muy alta	5					
Distancias a Infraestructuras	Muy alta	Muy Bajo	1					2
	Alta	Bajo	2					
	Media	Medio	3					
	Baja	Alto	4					
	Muy baja	Muy alto	5					
Distancia a masas de aguas superficiales	Muy alta	Muy baja	1	2				
	Alta	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Cercana	Alta	4					
	Contacto directo	Muy alta	5					

Continua en la siguiente pagina

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _i)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Distancia a núcleos de población	Muy alta	Muy bajo	1					2
	Alta	Bajo	2					
	Media	Medio	3					
	Baja	Alto	4					
	Muy baja	Muy alto	5					
Edad del vertedero	Viejo	Muy bajo	1	1	1	1	1	1
	Maduro	Bajo	2					
	Edad media	Medio	3					
	Joven	Alto	4					
	Muy joven	Muy Alto	5					
Erosión	Muy baja	Muy baja	1				2	
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Marcada	Alta	4					
	Avanzada	Muy alta	5					
Estado de los caminos internos	Muy adecuado o inoperativo	Muy baja	1			1		
	Adecuado	Baja	2					
	Regular	Media	3					
	Deficiente	Alta	4					
	Inadecuado	Muy alta	5					
Fallas	<i>Muy lejanas</i>	<i>Muy baja</i>	<i>1</i>		1			
	<i>Lejanas e inactivas</i>	<i>Baja</i>	<i>2</i>					
	<i>Lejanas y activas</i>	<i>Media</i>	<i>3</i>					
	<i>En el vaso e inactivas</i>	<i>Alta</i>	<i>4</i>					
	<i>En el vaso y activas</i>	<i>Muy alta</i>	<i>5</i>					

Continúa en la siguiente página

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _j)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Impermeabilización del punto de vertido	Muy alta	Muy baja	1	2	2		1	
	Alta	Baja	2					
	Regular	Media	3					
	Baja	Alta	4					
	Muy baja	Muy alta	5					
Material de cobertura	Muy satisfactorio	Muy bajo	1	2	2	2	2	2
	Satisfactorio	Bajo	2					
	Regular	Medio	3					
	Deficiente	Alto	4					
	Inadecuado	Muy alto	5					
Pendiente hacia cauces superficiales	Muy baja	Muy baja	1	2				
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy Alta	5					
Pluviometría	Muy baja	Muy baja	1	2	2	2		
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy alta	5					

Continúa en la siguiente pagina

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _j)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Punto situado en zona inundable	Riesgo inundación muy bajo	Muy baja	1	2	2		2	
	Riesgo inundación bajo	Baja	2					
	Riesgo inundación medio	Media	3					
	Riesgo de inundación alto	Alta	4					
	Riesgo de inundación muy alto	Muy alta	5					
Punto situado en zona de escorrentía superficial	Potencial muy bajo	Muy baja	1	2	1			
	Potencial bajo	Baja	2					
	Potencial medio	Media	3					
	Potencial alto	Alta	4					
	Potencial muy alto	Muy alta	5					
Riesgo sísmico	Muy baja	Muy baja	1	1	1	1	1	1
	Baja	Baja	2					
	Media	Media	3					
	Alta	Alta	4					
	Muy alta	Muy alta	5					

Continua en la siguiente pagina

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _j)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Seguridad	Muy alta	Muy baja	1					2
	Alta	Baja	2					
	Regular	Media	3					
	Baja	Alta	4					
	Muy baja	Muy alta	5					
Sistema de drenaje superficial	Muy adecuado	Muy baja	1	2	2			
	Adecuado	Baja	2					
	Regular	Media	3					
	Deficiente	Alta	4					
	Muy deficiente	Muy alta	5					
Taludes	Pendiente muy adecuada	Muy baja	1	1	1	1	2	1
	Pendiente adecuada	Baja	2					
	Pendiente media	Media	3					
	Pendiente baja	Alta	4					
	Pendiente no adecuada	Muy alta	5					
Tamaño de la población	Muy baja	Muy bajo	1	1	1	1	1	1
	Baja	Bajo	2					
	Media	Medio	3					
	Alta	Alto	4					
	Muy Alta	Muy alto	5					

Continua en la siguiente pagina

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Continuación

VARIABLE	CONDICIÓN	Clasificación (C _j)		Ponderación (P _j)				
				As	A Sub	Atm	Suelo	Salud
Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	Poder contaminante muy bajo	Muy bajo	1	2	2	2	2	2
	Poder contaminante bajo	Bajo	2					
	Poder contaminante medio	Medio	3					
	Poder contaminante alto	Alto	4					
	Poder contaminante muy alto	Muy alto	5					
Viento	Muy favorable	Muy baja	1			2		2
	Favorable	Baja	2					
	Medio	Media	3					
	Desfavorable	Alta	4					
	Muy desfavorable	Muy alta	5					

Fuente: Zamorano et al., 2007

3.2.2 Descriptores Ambientales

Estos se definen como aspectos medioambientales que pueden afectarse por el proyecto de un vertedero y se utilizan para la posterior cuantificación de los Valores Ambientales (Zamorano et al., 2005). Se han seleccionado teniendo en cuenta la experiencia de profesionales e investigadores en materia de evaluación de impacto en vertederos (Zamorano et al., 2006). En las Tablas 8, 9, 10, 11 se recogen los descriptores seleccionados para cada elemento del medio así como sus valores que, en la metodología propuesta, oscilan entre 1 y 5. El elemento salud y sociedad siempre poseerá una valoración máxima.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Tabla 8. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de las Aguas Superficiales

CARACTERÍSTICAS	CUANTIFICACIÓN	
	CONDICIÓN	VALOR
Usos del agua (A ₁) ¹	Sin uso para el hombre	1
	Uso hidroeléctrico, navegación y otros	2
	Industria	3
	Agricultura	4
	Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5
Tipo de curso de agua superficial (A ₂)	Curso de agua artificiales: canales, acequias y estantes	1
	Ríos de 3 ^{er} orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2
	Masas de aguas estacionales: lagunas y embalses	3
	Aguas marinas y ríos de 1 ^{er} y 2 ^o orden	4
	Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas declaradas vulnerables y sensibles.	5
Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas (A ₃)	Aguas de calidad deficiente o mala	1
	Aguas en estado aceptable	2
	Aguas en buen estado	3
	Aguas en muy buen estado sin especies (flora y/o fauna) protegidas	4
	Aguas en muy buen estado con especies (flora y/o fauna) protegidas	5

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Tabla 9. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de las Aguas Subterráneas

CARACTERÍSTICAS	CUANTIFICACIÓN	
	CONDICIÓN	VALOR
Usos del agua (B ₁) ¹	Sin uso para el hombre	1
	Otros no contemplados posteriormente	2
	Industria	3
	Agricultura	4
	Uso para abastecimiento humano	5
Calidad de las aguas subterráneas (B ₂)	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1
	Aguas deficientes o malas (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25 – 250 mg/l y Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l	2
	Aguas en estado aceptable (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l; Cloruros > 250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l y Cloruros < 25 mg/l y Nitratos > 50 mg/l	3
	Aguas en buen estado (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros < 25 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l y Cloruros 25-250 mg/l y Nitratos < 25 mg/l	4
	Aguas en muy buen estado: Cloruros < 25 mg/l y Nitratos < 25 mg/l	5

¹ Si el recurso tiene más de un uso, se tomará el de mayor valor ambiental.

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Tabla 10. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de la Atmósfera

Características	Cuantificación	
	Condición	Valor
Calidad del aire (C ₁)	Calidad del aire muy mala: Índice de Calidad del Aire (ICA): 201-300. Olor cuya intensidad en el aire lo hace absolutamente desapropiados respirar. En estos valores y superiores se dispara la alerta y pueden producirse graves efectos de salud en la población.	1
	Calidad del aire mala: ICA: 151-200. Olor que llama la atención y que lo hace muy desagradable. Se observan efectos nocivos. Miembros de los grupos sensibles pueden sufrir serios efectos en la salud.	2
	Calidad del aire regular: ICA: 101-150. Olor tan débil que una persona normal podría detectarlo si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta. Se ven afectados con alto riesgo aquellos enfermos de pulmón por las concentraciones de ozono, y enfermos coronarios por exposición a partículas respiratorias. La población general no se ve afectada.	3
Calidad del aire (C ₁)	Calidad del aire buena: ICA: 50-100. Olor que ordinariamente podría no percibirse por una persona normal, pero si serían detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible. Se pueden ver afectados algunos habitantes con síntomas de afección respiratoria por sensibilidad al ozono.	4
	Calidad del aire muy buena: ICA: 50-0. Olor no detectable. Calidad del aire satisfactoria. No existe riesgo de contaminación.	5

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Tabla 11. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales del Suelo

Características	Cuantificación	
	Condición	Valor
Usos del suelo (D ₁) ¹	No urbanizable	1
	Urbanizable industrial	2
	Urbanizable residencial	3
	Urbano industrial y urbanizable turístico	4
	Urbano residencial y urbano turístico	5
Tipo de vegetación (D ₂)	Espacios abiertos con escasa cobertura vegetal o erial	1
	Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivos de secano	2
	Formación herbácea con arbolado, cultivos de regadío o secano con árboles aislados	3
	Formación de matorral con arbolado, montes de repoblación joven	4
	Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5
Cobertura Vegetal (D ₃)	< 5 %	1
	6-25 %	2
	26-50 %	3
	51-75 %	4
	> 75 %	5

¹ En el caso que la ubicación del vertedero esté dentro de zonas con diferentes usos, se tomara la de mayor valor.

Fuente: Zamorano et al, 2006

3.3 NIVEL 2. DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN (PBC_i) Y EL VALOR AMBIENTAL (VA_i):

Probabilidad De Contaminación (Pbc_i)

La **Probabilidad de Contaminación (Pbc_i)** de los elementos del medio dependerá de las características de los residuos dispuestos en el vertedero, las características de desplazamiento que poseen las emisiones del punto de vertido al entrar en contacto con el entorno y el estado de explotación del punto de vertido en el momento de la visita (Zamorano et al., 2005). Para cuantificar la probabilidad de contaminación de los diferentes elementos del medio se toman en cuenta el **Índice**

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

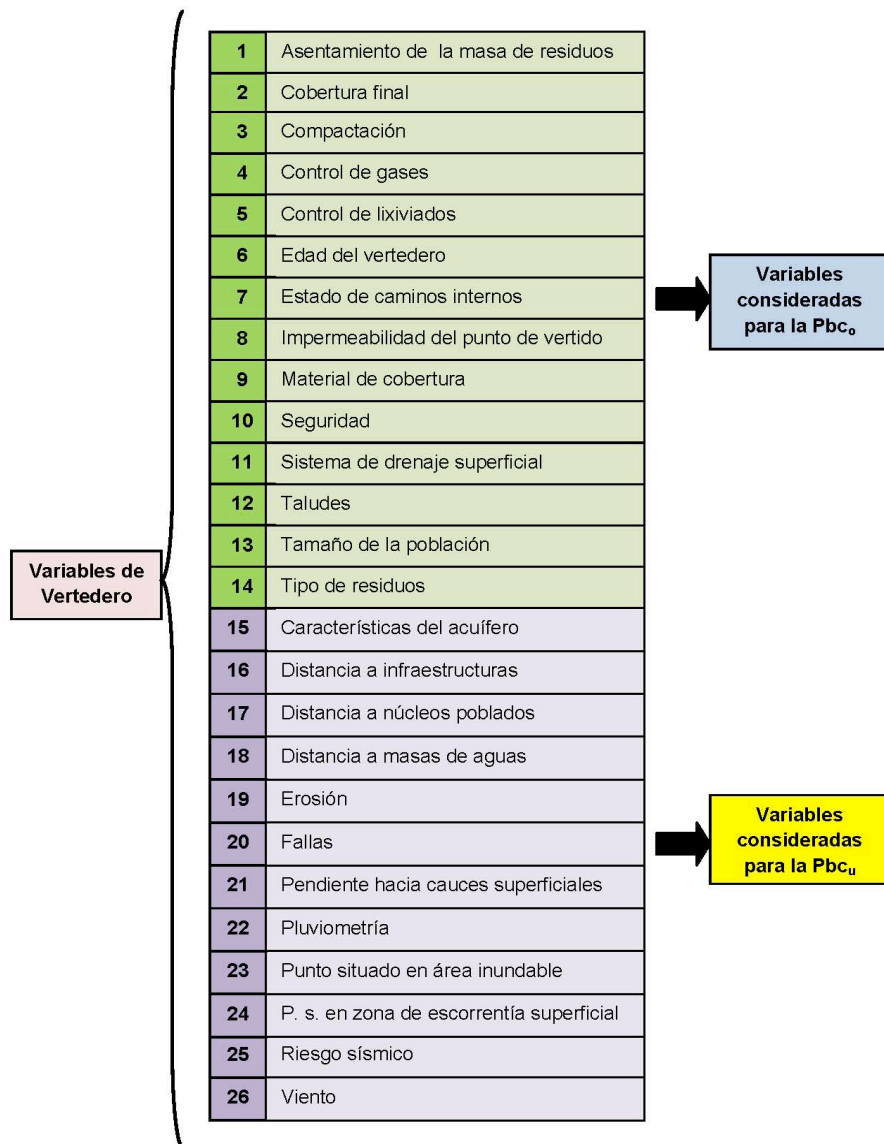
de **Riesgo de Contaminación (IRC_j)** de cada *variables de vertedero* de cada uno de los elementos del medio, definidas anteriormente, y mediante la Ecuación 1.

La probabilidad de Contaminación viene dada por la ecuación 2, donde, **n**, es el número de variables que afectan a cada elemento del medio. **j**, hace referencia a cada variable analizada. **IRC_j**, es el **Índice de Riesgo de Contaminación** para cada variable. **IRC_{min}** e **IRC_{max}** son los valores mínimos y máximos obtenidos para el Índice de Riesgo de Contaminación para cada variable.

$$Pbc_i = \frac{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_j - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\min}}{\sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\max} - \sum_{j=1}^{j=n} IRC_{j\min}} \quad (2)$$

Con la finalidad de analizar si el problema ambiental de un punto de vertido es debido a su explotación y/o ubicación, se define la **Probabilidad de Contaminación relacionada con la explotación u operación del punto de vertido (Pbc_o)** y la **Probabilidad de Contaminación relacionada con la ubicación (Pbc_u)**. Para determinar cada una de estas Probabilidades de Contaminación se utiliza la ecuación 2, pero solo se tienen en cuenta las variables relacionados con la explotación y diseño de la instalación para el cálculo del **Pbc_o** y las variables relacionadas con la ubicación para el cálculo del **Pbc_u**. En la Figura 11 se indica la relación de cada una de las variables con la ubicación del punto de vertido o su grado de explotación.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES



Fuente: Elaboración propia con información de Zamorano et al, 2006

Figura 11. Relación de las diferentes variables con la explotación y diseño o bien ubicación de los puntos de vertido

Valor Ambiental (Va_i)

El Valor Ambiental pretende identificar y cuantificar, desde la relación existente entre las características del elemento (ambientales y/o socio políticas) y las emisiones del vertedero, la consideración ambiental de cada uno de estos elementos en el entorno del vertido. Por tanto, para determinar el valor ambiental que adquieren los elementos del medio se consideran únicamente las características que

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

puedan verse afectadas por la presencia del vertedero en el entorno inmediato. La valoración de un elemento del medio únicamente tiene sentido en el complejo vector que relaciona la dinámica del punto de vertido y su entorno. Se calcula como media aritmética de los Descriptores Ambientales para cada elemento del medio (Zamorano et al., 2005), tal y como se indica a continuación.

– **Aguas superficiales:** Para identificar el valor ambiental que en el momento de estudio poseen las aguas superficiales cercanas al punto de vertido, es necesario cuantificar los descriptores ambientales del estado hídrico que se encuentren relacionadas con los procesos de vertedero utilizando la ecuación 3, donde: **A1**, Usos del agua. **A2**, Tipo de curso de agua superficial. **A3**, Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas

$$Va_{ag.sup erf} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \quad (3)$$

Si la masa de agua superficial más cercana se encuentra en un radio superior a 1000 metros, desde el borde de la masa de residuos, directamente se tomará Valor Ambiental igual a 1 sin proceder a aplicar la expresión anterior. Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento aguas superficiales será máximo, siempre que no se cumpla la condición anterior

– **Aguas subterráneas:** Cuando se pretende identificar el valor ambiental que en el momento de estudio poseen las aguas subterráneas cercanas al punto de vertido, es necesario cuantificar los descriptores ambientales que describen las aguas subterráneas y que se encuentren relacionadas con los procesos de vertedero utilizando la ecuación 4, donde: **B1**, Usos del agua. **B2**, Calidad de las aguas.

$$Va_{ag.subt} = \frac{B_1 + B_2}{2} \quad (4)$$

Si la masa de agua subterránea se encuentra en un radio superior a 1000 metros, desde el borde de la masa de residuos, directamente se tomará Valor Ambiental igual a 1 sin proceder a aplicar la expresión anterior. Si el punto de vertido

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento agua subterránea será máximo, siempre que no se cumpla la condición anterior.

– **Atmósfera:** Para valorar este elemento del medio se ha considerado solo el descriptor ambiental “Calidad del aire” (Ecuación 5), donde: V_a : Valor Ambiental, $C1$: calidad del aire. Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento atmósfera obtendrá el valor máximo.

$$V_a \text{ atmósfera} = C1 \quad (5)$$

– **Suelo:** La valoración ambiental del suelo donde se encuentra ubicado el vertedero, se basa en la interpretación de los descriptores ambientales que confieren aptitud o vulnerabilidad al punto de vertido frente a las actividades humanas a la hora de ser reinsertado al medio. De acuerdo al uso que tenga el entorno, se puede identificar el uso posible del vertedero, posterior a su clausura, así como identificar el Valor Ambiental del suelo mediante la ecuación 6, donde, $D1$ representa los usos del suelo, $D2$, el tipo de vegetación y $D3$, la cobertura vegetal

$$Va_s = \frac{D_1 + D_2 + D_3}{3} \quad (6)$$

Si el punto de vertido se ubica dentro de una zona protegida, el valor ambiental del elemento del suelo será máximo.

– **Salud y sociedad:** Las poblaciones en general se ven afectadas a través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterránea, por el estado de la atmósfera, por la capacidad del sustrato edáfico; mientras que los trabajadores formales e informales que manipulan los residuos en el propio punto de vertido son expuestos directamente a las enfermedades o insalubridad. **Esta doble interconexión** permite considerar cuantitativamente el elemento del medio salud y sociedad como primario y por lo tanto darle máxima importancia; es por ello que el elemento que hace referencia a la salud posee la máxima cuantificación del valor Ambiental y se mantiene constante para todos los vertederos que forman parte del diagnóstico ambiental, debido a que es una situación existentes en todos los lugares de vertido.

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

3.4 ÍNDICE DE RIESGO DE AFECCIÓN AMBIENTAL

El **Índice de Riesgo de Afección Ambiental (I.R.A_i)** pretende conocer cual es el potencial de afección ambiental que se produce para cada uno de los elementos del medio, considerando el valor ambiental del mismo (Zamorano et al., 2005). Este factor refleja si existe o no interacción entre los procesos en el punto de vertido y las características de cada uno de los elementos del medio del entorno. Matemáticamente viene dado por la ecuación 7, donde *i*, representa los elementos del medio aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad; **Pbc_i**, es la Probabilidad de Contaminación para cada elemento del medio (i) y se refiere al estado ambiental del punto de vertido; **Va_i**, es el Valor Ambiental de los distintos elementos del medio (i), referidos a las características de éstos frente a la dinámica del vertedero.

$$I.R.A_i = Pbc_i \times Va_i \quad (7)$$

3.5 ÍNDICE DE INTERACCIÓN MEDIO - VERTEDERO

Este índice pretende valorar la interacción ambiental existente entre el estado ambiental del punto de vertido y los elementos del medio, evaluando de forma conjunta las diferentes afecciones a cada elemento del medio (Zamorano et al., 2005). Su expresión está dada en la ecuación 8 donde *i*, hace referencia a cada uno de los elementos del medio: aguas superficiales, aguas subterráneas, atmósfera, suelo, salud y sociedad; **I.R.A_i**, es el Índice de Riesgo de Afección Ambiental para cada uno de los elementos del medio.

$$I.M.V = \sum_{i=1}^{i=5} I.R.A_i \quad (8)$$

3.6 ESCALA DE AFECCIÓN EN VERTEDEROS

Los índices obtenidos alcanzan valores que han permitido llevar a cabo una clasificación de los mismos que se va a indicar a continuación. Cuando un elemento del medio obtiene un valor nulo para alguno de dicho índices no significa que dicho

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

elemento no forme parte del ecosistema, sino que no existe interacción entre los procesos que se producen en el punto de vertido y el elemento del medio considerado.

Los valores de la probabilidad de afección de cada variable, la probabilidad de cada elemento La probabilidad de afección de cada elemento del medio, así como la probabilidad de contaminación en función de la explotación o bien la ubicación del punto de vertido, alcanzan valores entre 0 y 1, lo que permite clasificarlos tal y como se recoge en la Tabla 12.

Tabla 12. Clasificación de las Probabilidades de Contaminación para cada uno de los elementos del medio

VALOR DE LAS PROBABILIDADES DE CONTAMINACIÓN (P_{bc_i} , P_{bc-u_i} , P_{bc-o_i})	CLASIFICACIÓN
$0 \leq P_{bc_i} < 0,2$	Muy baja
$0 \leq P_{bc-u_i} < 0,2$	
$0 \leq P_{bc-o_i} < 0,2$	
$0,2 \leq P_{bc_i} < 0,4$	Baja
$0,2 \leq P_{bc-u_i} < 0,4$	
$0,2 \leq P_{bc-o_i} < 0,4$	
$0,4 \leq P_{bc_i} < 0,6$	Media
$0,4 \leq P_{bc-u_i} < 0,6$	
$0,4 \leq P_{bc-o_i} < 0,6$	
$0,6 \leq P_{bc_i} < 0,8$	Alta
$0,6 \leq P_{bc-u_i} < 0,8$	
$0,6 \leq P_{bc-o_i} < 0,8$	
$0,8 \leq P_{bc_i} \leq 1$	Muy Alta
$0,8 \leq P_{bc-u_i} \leq 1$	
$0,8 \leq P_{bc-o_i} \leq 1$	

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

Los diferentes Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio, pueden alcanzar valores comprendidos entre 1 y 5. La clasificación de los Valores Ambiental obtenidos se presenta en la Tabla 13.

El Índice de Riesgo Ambiental alcanza valores comprendidos entre 0 y 5, para cada uno de los elementos del medio, permitiendo la clasificación que se recoge en la Tabla 14.

Tabla 13. Clasificación de los Valores Ambientales para cada uno de los elementos del medio

VALOR AMBIENTAL (Va_i)	CLASIFICACIÓN
$1 \leq Va_i < 1,8$	Muy bajo
$1,8 \leq Va_i < 2,6$	Bajo
$2,6 \leq Va_i < 3,4$	Medio
$3,4 \leq Va_i < 4,2$	Alto
$4,2 \leq Va_i \leq 5$	Muy alto

Fuente: Zamorano et al, 2006

Tabla 14. Clasificación de los Índices de Riesgo Ambiental para cada uno de los elementos del medio

Valor del Índice de Riesgo Ambiental (IRA_i)	Clasificación
$0 \leq IRA_i < 1$	Muy bajo
$1 \leq IRA_i < 2$	Bajo
$2 \leq IRA_i < 3$	Medio
$3 \leq IRA_i < 4$	Alto
$4 \leq IRA_i \leq 5$	Muy alto

Fuente: Zamorano et al, 2006

Finalmente, el Índice de Interacción Medio Vertedero, puede alcanzar valores comprendidos entre 0 y 25. En función de los valores que se obtienen, se presenta en la Tabla 15 la clasificación para estos Índices. Si un determinado vertedero alcanza un

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

valor nulo en su Índice de Interacción Medio Vertedero se trataría de la situación ideal en la que se ubicada conforme a todas las directrices existentes y, además, está explotado o gestionado correctamente.

Tabla 15. Clasificación del Índice de Interacción Medio Vertedero

Valor del Índice de Interacción Medio Vertedero (IMV)	Clasificación
$0 \leq \text{IMV} < 5$	Muy bajo
$5 \leq \text{IMV} < 10$	Bajo
$10 \leq \text{IMV} < 15$	Medio
$15 \leq \text{IMV} < 20$	Alto
$20 \leq \text{IMV} \leq 25$	Muy alto

Fuente: Zamorano et al, 2006

3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE Y SUS APLICACIONES

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

La metodología EVIAVE fue creada para el diagnóstico ambiental de una actividad específica (los vertederos), y esta característica le ha dado gran eficiencia en su aplicación, no obstante se requieren una serie de modificaciones que permitan adaptarla a su aplicación como herramienta en el proceso de EIA de Colombia, así como para el control y seguimiento en el caso de los vertederos. A continuación se describen las oportunidades de mejoramiento o puntos débiles de la metodología y a partir de las cuales se realizan las propuestas de modificación.

- **Variables de vertedero**

En relación con la valoración del comportamiento del vertedero en su construcción y operatividad, expresada en la calificación de las variables del vertedero, se considera necesario realizar una serie de ajustes a los rangos de valoración, debido a que los límites permisibles para cada variable de vertedero son diferentes para Colombia, como lo estipula la normativa del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (RAS) (RAS, 2000).

- **Nuevo campo de acción de la metodología EVIAVE**

Existen diferentes metodologías para la identificación y evaluación de impactos ambientales generados por Vertederos (Canter y Sadler, 1997; Warner y Bromley, 1974); pero hasta el momento no se ha publicado en Colombia una propuesta metodológica cuantitativa fundamentada en indicadores, para el seguimiento y control

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

ambiental oficial o privado; a este respecto, la Contraloría General de la República de Colombia⁷ (CGR) afirma que en los procesos de control ambiental de proyectos, el seguimiento y monitoreo son las fases “que presentan mayor debilidad y, las que menos efectividad han tenido...” (CGR, 2006). Esta debilidad ha contribuido en parte al deterioro de los recursos naturales y la pérdida de bienestar humano por el impacto negativo de las actividades (Toro, 2009), es por esta razón que se considera urgente e importante direccionar la utilización de la metodología EVIAVE como una herramienta para el seguimiento y control ambiental de proyectos.

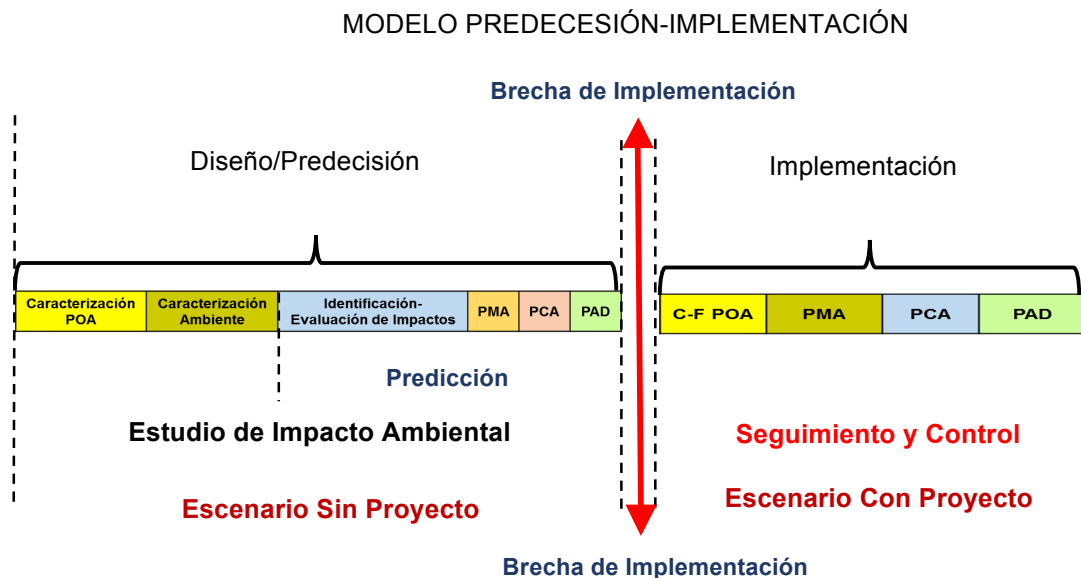
En Colombia los procesos de seguimiento y control ambiental se crearon a partir del principio de precaución establecido inicialmente en el código de recursos naturales del año 1974 (Decreto 2811 de 1974, Artículo 27), quedando formalizado por la ley 99 de 1993 (Ley 99 de 1993, Artículo 1º, Numeral 6º), y declarado exequible en el año 2002 (Corte Constitucional de Colombia, Sentencia C-293/2002). De esta manera, el principio de precaución se constituye en el eje transversal de la política ambiental nacional. Teniendo en cuenta lo anterior, las autoridades ambientales y los particulares, están en la obligación de adoptar medidas eficaces para prevenir la degradación del ambiente. Una estrategia recomendada a nivel internacional es el seguimiento y control periódico a los proyectos, obras y actividades de los diferentes sectores productivos (Hollick, 1986; Leu et al, 1996; Sadler, 1996; Wood, 2003a, 2003b), que en Colombia son autorizados mediante licencias ambientales, con el fin de verificar el cumplimiento y desempeño ambiental (MAVDT, 2008).

En la EIA son igualmente importantes los procesos anteriores a la autorización de los proyectos o actividades, como los procesos posteriores, especialmente el seguimiento y control (Ahammed y Nixon, 2006; Glasson et al., 1994; Wood, 1995). La importancia y los beneficios del seguimiento y control en el proceso de EIA, ha sido manifestada repetidamente en una amplia gama de referencias (Ahammed y Nixon, 2006; Arts, 1998; Arts y Nootboom, 1999; Arts et al., 2001; Bisset y Tomlinson, 1988; Canter, 1993; Glasson, 2005b; Glasson et al., 1999; Holling, 1978; Morgan, 1998; Morrison-Saunders y Arts, 2004; Morrison-Saunders et al., 2001; Munro, 1987; Sadler, 1988, 1996; Tomlinson y Atkinson, 1987a; Wilson, 1998; Wood, 1995, 2003, 1999a,b), pudiendo cerrar esa brecha que existe entre la etapa de planificación y la de

⁷ La Contraloría General de la República es el máximo órgano de control fiscal del Estado. Como tal, tiene la misión de procurar el buen uso de los recursos y bienes públicos y contribuir a la modernización del Estado, mediante acciones de mejoramiento continuo en las distintas entidades públicas (www.cgr.gov.co)

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

implementación que se llevan a cabo en dos escenarios de distinto grado de incertidumbre: escenario sin proyecto, donde imperan las metodologías predictivas y escenario con proyecto donde deberían utilizarse métodos no predictivos, como la EVIAVE (Figura 12).



Fuente: Toro, 2015

Figura 12. Papel del seguimiento y control en la disminución de la brecha de implementación en la Evaluación de Impacto Ambiental

Al respecto Bird y Therivel (1996) concluyen que el seguimiento y control es parte esencial de la gestión del proceso de EIA. Para Fairweather, (1989), son las acciones que más podrían mejorar el proceso de EIA y McCallum (1987) afirma que no se puede esperar que la EIA perdure en la sociedad sin la introducción del seguimiento y control, además pone de manifiesto que siendo componentes importantes del proceso de EIA, su aplicación está siendo descuidada a nivel mundial.

Debido a que el objetivo de la EIA es asegurar que las consecuencias de cualquier acción a lo largo de su ciclo de vida se entiendan y se acepten, debería tener algún mecanismo de control para el diseño, implementación, operación y desmantelamiento del proyecto, en este sentido el seguimiento y la auditoría serían los únicos mecanismos disponibles para establecer controles sobre las últimas etapas del

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

ciclo del proyecto. Por lo tanto, pueden desempeñar un papel importante y, de hecho, sin su aplicación la EIA puede disminuir su credibilidad, porque los recursos económicos, el tiempo y esfuerzo invertidos en la línea base y la valoración de impactos son efectivamente inútiles a menos que se puedan probar estas predicciones y determinar si las acciones correctivas han cumplido su función (Ahammed y Nixon, 2006).

En el contexto de Colombia el seguimiento y monitoreo, tiene como objetivo verificar la eficiencia y eficacia de las medidas de manejo implementadas para prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales generados por el proyecto, obra o actividad e , identificar los impactos acumulativos (Decreto 2820 de 2010).

Teniendo en cuenta la necesidad de una metodología para el seguimiento y control en la EIA general y en particular aplicada a la construcción y funcionamiento de vertederos o rellenos sanitarios, la metodología EVIAVE, al ser un método de diagnóstico ambiental, posee todas las características necesarias para cumplir los requisitos y exigencias técnicas y legales establecidas en Colombia para desarrollar los procesos de seguimiento y control ambiental.

- Diversidad de Flora y Fauna.

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), firmado por 193 países incluyendo a España y Colombia, define la biodiversidad Como " la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie , entre las especies y de los ecosistemas " .(UN, 1992a), la biodiversidad es por lo tanto la variedad de vida en la tierra en todos los niveles, de genes a poblaciones mundiales que comparten desde una pequeña área de un hábitat hasta grandes ecosistemas globales (IAIA, 2005).

De acuerdo con el Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad (AvHI, 2014), Colombia se encuentra entre los primeros países con mayor biodiversidad mundial en flora y fauna por lo que debe ser considerado un país de alta prioridad ambiental. Esta diversidad tiene un alto riesgo de sufrir extinciones masivas, producidas principalmente por la destrucción de los hábitats debido a la pérdida de

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

cobertura boscosa, que en los últimos 100 años asciende al 50% (Márquez, 2005); por ello es necesario el desarrollo de programas de conservación, recuperación y manejo sostenible, que contrarreste los efectos nocivos de las actividades humanas sobre los ecosistemas y sus recursos biológicos.

La pérdida de biodiversidad ha sido reconocida como uno de los principales temas de la agenda de la sostenibilidad ambiental mundial (Vitousek et al., 1997); de hecho los 187 países firmantes de la CBD acordaron implementar herramientas para prevenir y/o mitigar impactos ambientales sobre la diversidad biológica de flora y fauna⁸ (Vitousek et al., 1997, United Nations, 1992b). Existe evidencia científica suficiente relacionada con los impactos negativos que generan los vertederos sobre la diversidad de individuos y poblaciones (Arthur et al., 1985; Butt et al., 2008; El-Fadel et al., 1997; Flower et al., 1981, 1977; Gilman et al., 1985, 1982; Leone and Flower, 1982; Leone et al., 1977). Por tanto se propone la inclusión de un nuevo elemento del medio que considere la biodiversidad en el proceso de evaluación de los vertederos.

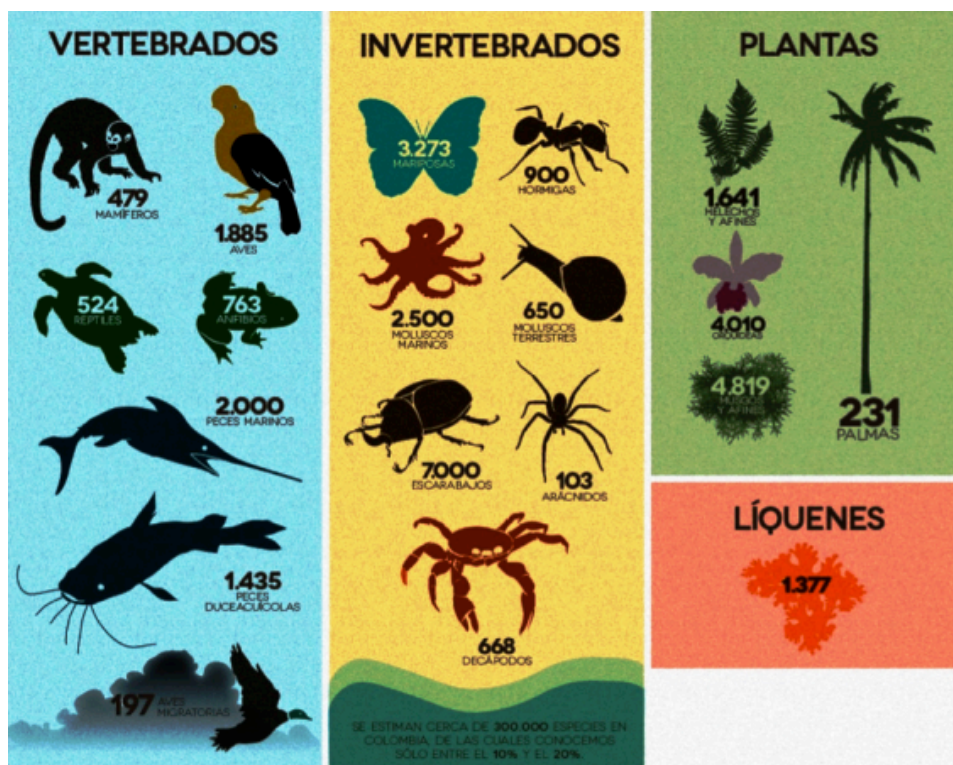
La conservación y uso sostenible de la fauna es una prioridad mundial, debido a las repercusiones que tiene su pérdida para la productividad y la capacidad de recuperación de los ecosistemas, así como para el sustento de millones de personas que dependen de los mismos (UICN, 2003).

Colombia con el 10% de las especies de flora y fauna, se constituye en el cuarto país de mayor biodiversidad mundial, siendo por grupo taxonómico, el primero en anfibios y aves, tercero en reptiles y quinto en mamíferos (IAvH, 2008, WWF, 2006), convirtiéndolo en un país mega diverso (Figura 12). Su extensión es de 114'174.800 km² de los cuales 53,2 millones de hectáreas están cubiertas por bosques naturales; 21,6 millones por otros tipos de vegetación en áreas de sabanas, zonas áridas y humedales; 1,10 millones por aguas continentales, picos de nieve y asentamientos urbanos y por lo menos 38,4 millones de hectáreas se encuentran en uso agrícola y procesos de colonización. Estas categorías generales de cobertura

⁸ “CBD, Artículo 14. Cada Parte Contratante: a) Establecerá procedimientos apropiados por los que se exija la EIA de sus proyectos propuestos que puedan tener efectos adversos importantes para la diversidad biológica con miras a evitar o reducir al mínimo esos efectos...” (United Nations, 1992b).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

albergan una gran diversidad ecosistémica que es característica de Colombia (Rincón, S et al, 2009).



Fuente: www.siac.gov.co

Figura 12. Biodiversidad estimada por grupos biológicos para Colombia

Los principales biomas colombianos, son los bosques húmedos tropicales (378.000 km), las sabanas llaneras (105.000 km), y los bosques aluviales o vegas (95.000 km). Otros biomas que ocupan extensiones considerables son el bosque andino (45.000 km) y los bosques bajos y cantingales amazónicos (36.000 km). Las áreas actuales de biomas representan, en la mayor parte de las ocasiones, una porción de las áreas originales y en algunos casos particulares se han extendido. Estos fenómenos se deben principalmente a actividades antrópicas. Por ejemplo, la superficie original de 550.000 km de bosques tropicales, ubicados por debajo de los 1.000 msnm se ha reducido en un 33%. Lo opuesto ha sucedido con los páramos, cuya superficie ha aumentado debido a la expansión de los páramos de origen antrópico. (Rincón, S. et al, 2009).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

La flora es de gran importancia para Colombia, y posee alrededor de 41.000 especies de plantas (Rangel 2002, en: Cháves y Santamaría 2006). Se destacan las orquídeas, representadas en cerca de 500 especies, es decir, 15% del total de especies de orquídeas del mundo (MMA, DNP, IAvH; Chaves y Arango 1998). Aunque no existen inventarios biológicos detallados y completos para todo el país, sí se conoce que a nivel de especies Colombia es considerada como la cuarta nación en biodiversidad mundial, por grupo taxonómico es el segundo en biodiversidad a nivel de plantas, primera en anfibios y aves, tercero en reptiles y quinto en mamíferos. Esta biodiversidad ha sido utilizada por comunidades tradicionales y es base directa e indirecta de numerosas actividades productivas, por lo cual juega un papel estratégico en el desarrollo nacional, y en las oportunidades futuras de desarrollo sostenible (MMA, DNP, IAvH, Rincón, S. et al, 2009).

Sin embargo, la diversidad de Colombia, tiene un alto riesgo de sufrir extinciones masivas, producidas principalmente por la destrucción de hábitats debido a la pérdida de cobertura boscosa, que en los últimos 100 años ha representado el 50% (Márquez, 2008).

La lista de plantas amenazadas de Colombia incluyen cerca de 1.000 especies siendo las orquídeas uno de los grupos más amenazados. En relación a la fauna, se encuentran en gran peligro 42 especies de mamíferos, 151 de aves, 29 de reptiles, 55 de anfibios, 43 de peces de agua dulce y 38 de peces marinos (Figura 13) (Castaño-Mora 2002, Mejía y Acero 2002, Mojica 2002, Renjifo 2002 y Rueda Almonacid 2004, en: Cháves y Santamaría 2006 y Romero 2008). Todo esto, sin tener en cuenta un gran número de especies, tanto vegetales como animales, que se encuentran al borde de la extinción, y que aún no han sido reportadas a la ciencia (Chaves y Arango 1998).

De acuerdo con lo anterior, Colombia debe ser considerada un país con una alta prioridad ambiental, en donde deben desarrollarse programas de conservación, recuperación y manejo sostenible, que contrarresten los efectos nocivos de las actividades humanas sobre los ecosistemas y sus recursos biológicos (Chaves y Arango 1998).

De acuerdo con el Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad (Chaves y Arango 1998), las causas de pérdida de biodiversidad pueden ser de dos tipos: las directas y las subyacentes, raíz o indirectas (Fandiño y Palacios 2006). Las

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

causas directas hacen alusión a aquellas actividades o prácticas que tienen una expresión próxima, visible o tangible sobre la biodiversidad en sus distintas expresiones. En este sentido, comprenden una serie de factores antrópicos que se relacionan con la transformación de hábitats y ecosistemas naturales, asociada al cambio de las coberturas y el uso del suelo; la sobreexplotación de los recursos biológicos; la introducción de especies; la contaminación; y el cambio climático. A su vez, el desconocimiento del potencial estratégico de la biodiversidad; la expansión de la frontera agropecuaria y de la colonización; la débil capacidad institucional para reducir el impacto de las actividades negativas sobre la biodiversidad; los cultivos ilícitos, el orden público y los conflictos armados, conforman el grupo de las indirectas, las cuales se asocian a aquellos fenómenos o circunstancias que sin evidencia explícita o de manera intangible generan un impacto sobre la biodiversidad, pero no por su acción dirigida sobre ésta, sino por constituirse en la causa detrás de la causa, subyacente o causa raíz (Ortiz 1998 en: Fandiño y Palacios 2006).

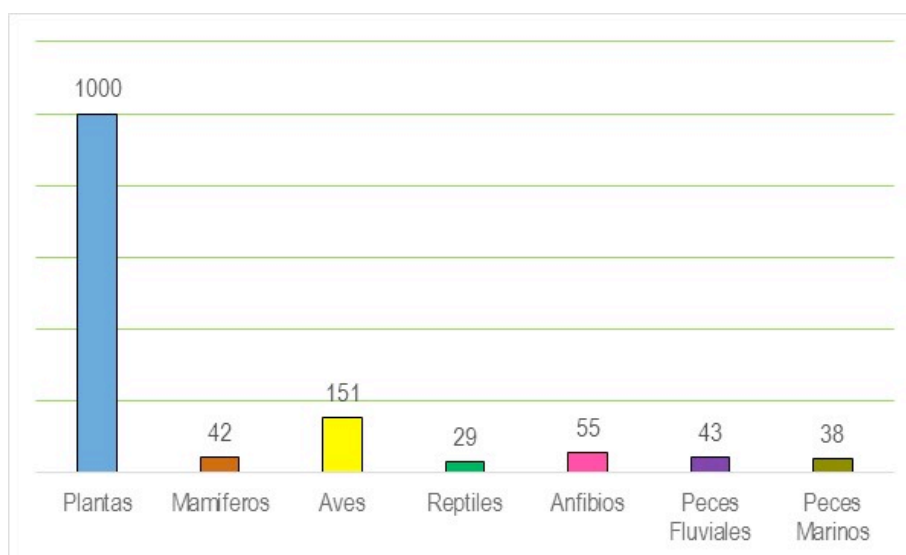


Figura 13. Especies amenazadas en Colombia

De la distancia de su incidencia sobre la biodiversidad en el espacio o el tiempo, se desprende el reto de su identificación para la búsqueda de soluciones (WWF s.f en: Fandiño y Palacios 2006). Otros autores (Geist y Lambin 2001, en: Fandiño y Palacios 2001) han propuesto un tercer grupo de causas de pérdida de biodiversidad relacionado con factores ambientales, tales como las características de la tierra, las condiciones biofísicas del ambiente, los factores naturales (por ejemplo

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

incendios naturales, huracanes, terremotos) y los eventos sociales detonantes de cambios en el comportamiento (por ejemplo desplazamientos, conflictos sociales, cambios abruptos de política).

-Vulnerabilidad Ambiental.

El riesgo ambiental es una condición ampliamente estudiada en gran parte de los campos del conocimiento (Aqlan and Mustafa 2014; Beyer et al, 2014; Giubilato et al.; 2014, Hill et al., 2014; Martorell et al, 2014; Nasirzadeh et al., 2014; Thomas et al.; 2004; Zhang and Fan, 2014) y puede ser definido como la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores genéricos que componen el análisis del riesgo lo constituyen la amenaza y la vulnerabilidad (Eq. 9).

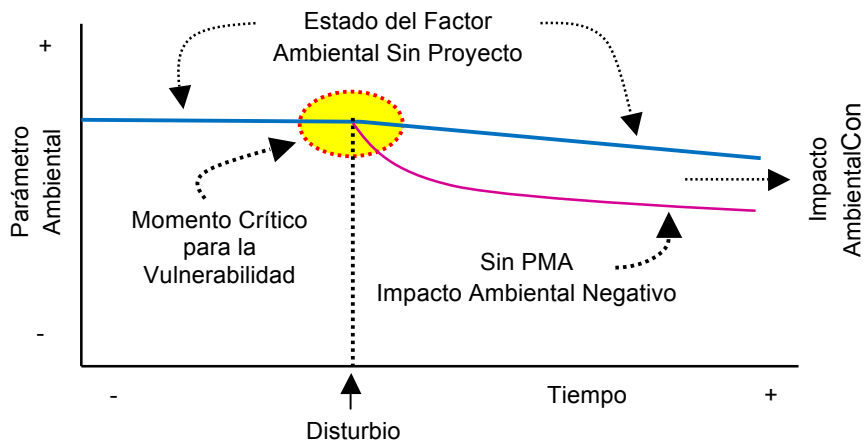
$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \quad (9)$$

La amenaza está representada por un fenómeno, sustancia, actividad antropogénica o condición, que puede generar impactos ambientales, incluyendo la salud humana y la propiedad, en la EVIAVE estaría determinada por las características del punto de vertido, especialmente las actividades de manejo del vertedero y las características de los residuos sólidos.

A su vez, la Vulnerabilidad se define como como la susceptibilidad al daño debido a las características inherentes o adquiridas de un sistema, personas o lugares a impactos, tensiones o disturbios; igualmente se aplica al estado del sistema relativo al umbral de daño y la habilidad para adaptarse a condiciones de cambio, también es considerada como una posibilidad de cambio o transformación del sistema cuando se enfrenta a un disturbio o perturbación, (Adger, 1999, 2006; Füssel, 2007; Gallopín, 2006; Kelly and Neil, 2000; Luers et al., 2003; Smith y Pilifosova, 2002), (Fig. 14).

La vulnerabilidad hace parte de una nueva generación de herramientas destinadas a avanzar en la sostenibilidad (Turner II et al., 2003), diseñadas específicamente para las evaluaciones ambientales, porque aumenta la objetividad en la toma de decisiones y proporciona perfiles ambientales que se pueden utilizar para el establecimiento de prioridades y la identificación de áreas de actuación urgente (SOPAC-UNEP, 2005; Strickland-Munro, Allison y Moore, 2010).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE



Fuente: Toro, 2015

Fig. 14. Esquema del concepto de vulnerabilidad.

4.1 PROPUESTA DE MODIFICACIÓN

A continuación se presentan cada una de las modificaciones propuestas, con su justificación y adaptación a la metodología EVIAVE.

4.1.1 Modificación de las variables del vertedero

Los términos de referencia para la construcción y funcionamiento de vertederos, entraron en vigor en Colombia mediante la Resolución 1274 del 2006. Los términos de referencia describen los componentes mínimos que debe incluir el EsIA., entre los que se encuentra el plan de manejo ambiental o plan de actividades correctivas, no obstante carece de instrucciones oficiales para el seguimiento y control del mismo. En relación a los criterios técnicos de construcción y mantenimiento del vertedero, los términos de referencia se acogen a lo establecido en el Reglamento Técnico de agua potable y Saneamiento básico de Colombia –RAS-. Este reglamento fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces (Resolución 1096 de 2000).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Debido a que el RAS es el documento oficial que obligatoriamente deben acoger las empresas públicas o privadas para cumplir la normativa correspondiente a los requisitos técnicos en la construcción, explotación y sellado de vertederos; en este trabajo de tesis se analizó y comparó este manual con la información de la metodología EVIAVE con la finalidad de considerar los criterios que le darán a la metodología una mejor adaptación a las características, físicas, bióticas y socioeconómicas de Colombia. Como resultado se encontraron similitudes entre la información del RAS y la metodología EVIAVE y se complementaron o remplazaron los criterios con el fin de dar al cumplimiento a la normativa Colombiana. En la Tabla 16 se presentan las variables de vertedero de la metodología EVIAVE que serán ajustadas según la información del RAS, describiéndose la propuesta de valoración de cada una de ellas.

1. Tamaño de la población:

Se inicia con el tamaño de la población teniendo en cuenta que de esta variable dependen otras del listado presentado en la Tabla 16.

El ser humano utiliza su territorio para el desarrollo de actividades económicas, sociales y culturales. En el contexto social se involucra la demanda de bienes y servicios derivados de los recursos naturales que transforman espacios a e introducen especies exóticas para el mejoramiento de la dieta alimentaria, igualmente la expansión de la infraestructura como sinónimo de desarrollo económico, social y humano y la extracción y manejo de recursos con fines alimenticios (IAvH, 2008).

Colombia tiene un área total de 2'070.408 Km² y cuenta con una población de 42'888.592 habitantes (Último censo oficial fue en 2006). El patrón de distribución poblacional ha estado influenciado fundamentalmente por la dinámica socioeconómica del país, donde la tendencia general ha sido la concentración de la población en las zonas urbanas. Las ciudades son un polo de atracción poblacional, por ese motivo gran parte de los habitantes rurales han percibido las oportunidades económicas disponibles en las urbes, oferta de empleo, mejor acceso a los servicios y condiciones de vida. Aproximadamente el 77% de la población total del país se ubican en la región andina del país donde se encuentran las principales ciudades (IGAC, 2008).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 16. Variables de vertedero de la metodología EVIAVE modificadas

VARIABLES DE VERTEDERO	ESTRATEGIA DE MODIFICACIÓN
1. Asentamiento de la masa de residuo	Se toma la información del RAS de Colombia y las categorías de la EVIAVE para proponer una nueva clasificación.
2. Cobertura final	Se toma la información del RAS de Colombia y las categorías de la EVIAVE para proponer una nueva clasificación.
3. Compactación	Se acoge la información técnica del RAS de Colombia.
4. Control de gases	Se toma la información del RAS de Colombia y las categorías de la EVIAVE para proponer una nueva clasificación.
5. Distancia Infraestructuras ^a	Se toma la información del RAS de Colombia y las categorías de la EVIAVE para proponer una nueva clasificación.
6. Distancia a masas de agua superficiales	Se acoge la información del RAS de Colombia.
7. Erosión	Se acoge la información de ubicación de procesos erosivos clasificados para Colombia.
8. Estado de caminos internos	Se toma la información del RAS de Colombia y las categorías de la EVIAVE para proponer una nueva clasificación.
9. Pluviometría	Se acogen los rangos pluviométricos de Colombia.
10. Punto situado en área inundable	Se acoge la clasificación descrita en la metodología EVIAVE, con guía del mapa de zonas de riesgo de inundación de Colombia.
11. Riesgo sísmico	Se acogen los criterios establecidos en la metodología EVIAVE con el acompañamiento del mapa de zonas de riesgo sísmico de Colombia.
12. Sistema de drenaje superficial	Se acoge los criterios establecidos por el RAS de Colombia.
13. Tamaño de población	Se acoge la información del RAS de Colombia.

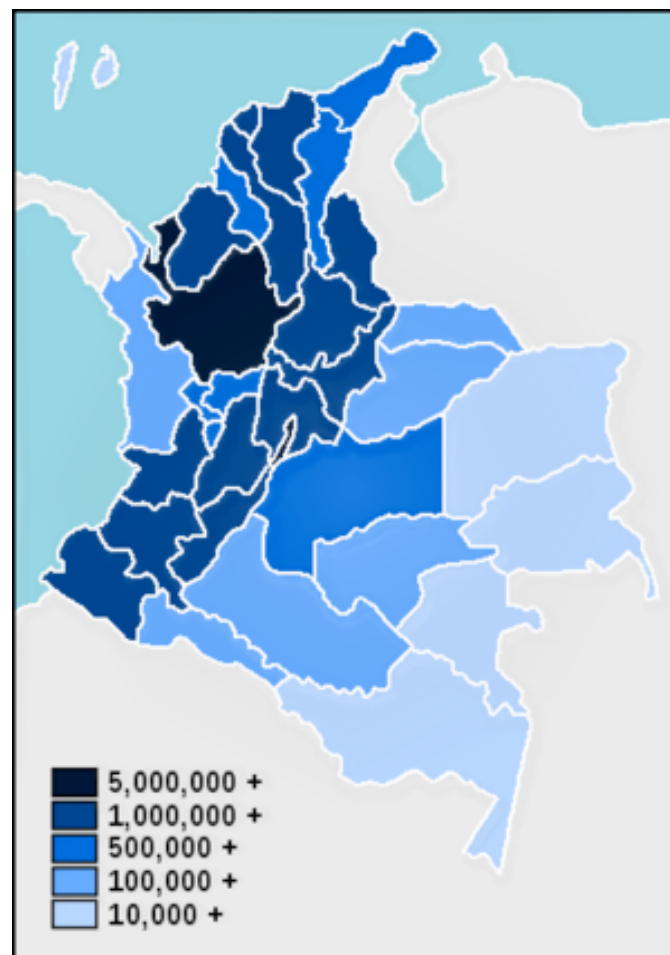
Fuente: Elaboración propia

El crecimiento poblacional en los Andes colombianos ha sido alto, principalmente en las ciudades de Bogotá, Cali y Medellín, dentro del periodo comprendido entre 1985 a 2005 (Figura 15). Este crecimiento tiene relación con el

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

desplazamiento de los habitantes de otras regiones del país a los cascos urbanos principales y en áreas donde la influencia económica es alta buscando permanentemente elevar su bienestar y su calidad de vida. Igualmente, en las áreas de los municipios del oriente del Departamento de Cundinamarca y el Departamento de Santander son las que presentan un decrecimiento en la tasa poblacional en el periodo analizado (IAvH, 2008).

El crecimiento de la población ha generado en Colombia un incremento de la contaminación o disposición inadecuada de los residuos líquidos y/o sólidos a los cuerpos de agua, suelo y aire afectando la capacidad de asimilación natural de tales desechos (Rudas, 2003).



Fuente: www.dane.gov.co

Figura 15. Distribución de la población en Colombia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

A este respecto el RAS (2000), toma en cuenta el tamaño de la población para proponer una clasificación llamada niveles de complejidad del sistema, ubicando los proyectos de vertederos en estas categorías según el número de habitantes beneficiados.

Para la variable población, la metodología EVIAVE establece igualmente los valores de acuerdo al número de habitantes beneficiados, pero con rangos diferentes a los propuestos por el RAS de Colombia; por esta razón los valores deben ser modificados y adaptados al contexto Colombiano, como se presenta en la Tabla 17.

Tabla 17. Valoración del tamaño de la población

CATEGORÍA	EVIAVE*	EVIAVE MODIFICADA
Muy Baja	< 999 Habitantes	Esta categoría no es considerada en el RAS de Colombia
Baja	1000 – 4999 Habitantes	< 2500 Habitantes
Media	5000 – 9999 Habitantes	2501 – 12500 Habitantes
Media alta/Alta*	10000 – 24999 Habitantes	12501 – 60000 Habitantes
Alta/Muy Alta*	> 25000 Habitantes	> 60000 Habitantes

Fuente: Elaboración propia

2. Asentamiento de la masa de residuo:

El RAS (2000), establece dos condiciones para la compactación de los residuos, estas condiciones son:

i. Niveles medio y bajo de complejidad del sistema.

Los residuos sólidos deben ser descargados en el frente de trabajo y ser esparcidos sobre el talud de las celdas ya terminadas, en capas sucesivas empleando herramientas menores. La superficie superior debe nivelarse y compactarse con rodillo. Las superficies laterales deben compactarse con pisones o compactadores manuales.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

ii. Niveles alto y medio alto de complejidad del sistema.

La compactación debe efectuarse en capas de máximo 30 cm de espesor y con un número mínimo de 3 a 4 pasadas por capa. La pendiente debe ser 3:1 (H: V) para máquina de cadenas y 4:1 (H: V) para equipo compactador.

Debido a que las condiciones establecidas para Colombia no mencionan algunos criterios del asentamiento de la masa de residuo que se incluyen en la metodología EVIAVE, se considera que se debe modificar esta variable dejando los criterios establecidos en la metodología EVIAVE y complementarlos con las exigencias del RAS (2000). La nueva valoración de esta variable incluye las siguientes condiciones (Tabla 18).

Tabla 18. Condiciones del asentamiento de la masa de residuos incluidas en el RAS

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Reducción del espacio disponible y compresión de materiales sueltos desde el propio residuo o de su cobertura.
b	Movimientos ocasionales de pequeñas partículas en grandes cantidades resultando el colapso de la gran masa, vibración, pendiente abruptas en las masas de agua, etc.
c	Volumen de cambio de descomposición biológica y reacciones químicas.
d	Disolución en aguas percoladas.
e	Asentamiento de suelos con baja compresión bajo las líneas de vertedero.
f	La compactación se realiza con capas mayores a 30 cm de espesor
g	Las pendientes son mayores a 3:1 (H: V) para máquina de cadena y 4:1 (H: V) para equipo compactador.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Las modificaciones propuestas para esta variable se presentan en la tabla 19.

Tabla 19. Valoración modificada del asentamiento de la masa de residuos

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy alta	Si no presenta ninguna de las situaciones indicadas en la lista anterior
Alta	Si se observa la situación (e) y alguna de las otras (a,b,c,d,f o g)
Media	Si se observa la situación e) y tres de las otras situaciones (a,b,c,d,f o g)
Baja	Si se observa la situación (e) y cinco de las otras situaciones (a,b,c,d,f o g)
Muy baja	Si se observan las siete situaciones

Fuente: Elaboración propia

3. Cobertura final:

El RAS (2000) presenta los parámetros que se deben tener en cuenta para esta variable, por lo que se considera apropiado acoger estos criterios, sin embargo algunos de los requisitos presentan menor exigencia que los establecidos en la metodología EVIAVE. El RAS describe que el **nivel medio alto**, debe conformar la cobertura con las capa de control de infiltración y de erosión. Para el **nivel alto de complejidad**, el perfil de cobertura debe contener la capa de control de infiltración, la capa de control de erosión, sistema de recolección de gas y una capa de drenaje. La definición y características de estas capas son las siguientes (Tabla 20).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 20. Condiciones de la cobertura final de los residuos incluidas en el RAS

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Capa o barrera de control de infiltración. Si la impermeabilización del relleno sanitario está constituida por el suelo natural (in situ), la capa de control de infiltración debe consistir de un estrato de suelo compactado de un espesor mínimo de 0.45 m y una permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/s. Si en el diseño de la impermeabilización del relleno sanitario se utiliza un sistema de estrato compuesto, debe instalarse una geomembrana sobre el estrato de suelo compactado. Se puede aprobar la utilización de un sistema alternativo con infiltración equivalente o menor que el sistema descrito. El material de la geomembrana usado para la cobertura final debe ser de larga duración y debe tolerar deformaciones inducidas por la subsidencia.
b	Capa de control de erosión. El espesor mínimo requerido de la capa de erosión es de 0.15 m. El espesor de esta capa debe ser evaluado usando un análisis de balance hídrico y debe proporcionar la humedad disponible para las plantas durante periodos prolongados de sequía. Las pendientes requeridas serán menores que 4:1 (H: V). La erosión hídrica puede ser controlada también por endurecimiento de la superficie de la cubierta mediante riprap.
c	Capa de drenaje. Debe localizarse en algunas partes del sistema de cubierta con pendientes mayores que la relación 5:1 (H: V). Esta capa debe retener la humedad que se infiltra de la capa de control de erosión y que se acumula sobre la capa de infiltración, evitando el deslizamiento de la capa de control de erosión por presiones excesivas de poros.
d	Sistema de recolección de gas. En el sistema de ventilación del gas pueden utilizarse pozos verticales de gravas, colchones recolectores, drenes de grava en trinchera para recolectar los gases del relleno. Los gases deben ser dirigidos a la cubierta a través de tubos de ventilación. Esta capa debe localizarse directamente bajo el estrato impermeable y sobre el residuo compactado.

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la nueva valoración de la variable cobertura final se presenta en la Tabla 21.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 21. Condiciones modificadas del asentamiento de la masa de residuos

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Capa de asentamiento u homogeneización de espesor mínimo 0.45 m y una permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/s.
b	Sistema de recolección de gas. En el sistema de venteo de gas pueden utilizarse pozos verticales de gravas, colchones recolectores, drenes de grava en trinchera para recolectar los gases del relleno. Los gases deben ser dirigidos a la cubierta a través de tubos de venteo. Esta capa debe localizarse directamente bajo el estrato impermeable y sobre el residuo compactado.
c	Capa mineral impermeable (capa de arcillosa $K < 10^{-9}$ m/s) y con espesor mínimo de 0.90 m.
d	Nivel drenante continuo protegido por un geotextil filtrante o por una capa de material granular, de un grosor mínimo de 0.30 m con gravas $K \geq 10^{-3}$ m/s)
e	Capa de tierra de 0.50 m de grosor para soportar la vegetación.
f	Capa vegetal de 0.15 m convenientemente abonado.
g	Pendiente final de la capa de sellado del 2% hacia el exterior del vertedero.

Fuente: Elaboración propia

Las modificaciones propuestas para esta variable se presentan en la tabla 22.

Tabla 22. Valoración modificada de la Cobertura final

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA (*Requisitos de la Tabla 21)
Muy adecuado	Cuando se cumplan todos los requisitos establecidos en el RAS (a, b, c, d, e, f, g)*.
Adecuado	Cuando se cumplan todos, excepto la exigencia la del sistema de recolección de gases (a, c, d, e, f, g)*.
Media	Si se cumple obligatoriamente la característica de capa mineral impermeable y con espesor mínimo de 0.90 m (c), pero dos de los requisitos establecidos no se cumple (a, b, d, e, f, g)*.
Deficiente	Si se cumple obligatoriamente la característica de capa mineral impermeable (c) pero no se cumplen tres de los requisitos (a, b, d, e, f, g)*.
Muy deficiente	Cuando no se cumplen cuatro o más de los requisitos establecidos a, b, c, d, e, f, g)*.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

4. Compactación:

Se acogen los criterios establecidos en el RAS de Colombia. Para los niveles medio y bajo de complejidad, los residuos sólidos deben ser descargados en el frente de trabajo y esparcidos por los operarios sobre el talud de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0.20 m a 0.30 m y nunca mayor a 0.60 m. Empleando herramientas menores, se nivela la superficie superior y se compacta con el rodillo; las superficies laterales son compactadas con herramientas manuales hasta darles uniformidad. El esparcimiento y compactación debe realizarse en capas inclinadas con una pendiente 1:3 (V:H), que proporciona mayor grado de compactación, mejor drenaje superficial, menor consumo de tierra y mejor estabilidad del relleno. La superficie final debe tener una pendiente comprendida entre el 2% y el 3%. En los niveles alto y medio alto de complejidad se debe utilizar equipo pesado para realizar las operaciones mencionadas y con un número mínimo de 3 a 4 pasadas por capa.

La valoración se propone en la Tabla 23:

Tabla 23. Condiciones de la compactación de los residuos establecidas en el RAS

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Residuos esparcidos en capas de 0.20m a 0.30 m y nunca mayor a 0.60 m sobre el talud de las celdas.
b	El esparcimiento y compactación debe realizarse en capas inclinadas con una pendiente 3:1 (H: V).
c	Superficie final debe tener una pendiente comprendida entre el 2% y el 3%.
d	Se debe utilizar equipo pesado y con un número mínimo de pasadas de 3 a 4 por capa.

Fuente: Elaboración propia

Las modificaciones propuestas para esta variable se presentan en la Tabla 24.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 24. Valoración modificada de la compactación

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy alta	Si se cumplen con todos los requisitos del RAS (a, b, c y d)
Alta	Si se cumplen con las situaciones (d) y (a) más uno más de los otros requisitos (b, c).
Media	Si se cumplen con las situaciones (d) y (a).
Baja	Si solo se cumple la situación (a).
Nula	Si no se cumple ninguno de los requisitos del RAS (a, b, c, d).

Fuente: Elaboración propia

5. Control de gases:

En Colombia a diferencia de España para el control de los gases del vertedero se tiene en cuenta el tamaño de la población generadora de los residuos, en ese sentido se toma información de la metodología EVIAVE y del RAS y se especifican los criterios para los diferentes niveles de complejidad, relacionados con el número de la población.

– Nivel medio y bajo de la población

Tomando en cuenta los criterios establecidos en el RAS, la propuesta de valoración para esta variable en proyectos con población media y baja se presenta en la Tabla 25:

Tabla 23. Condiciones del control de gases de los residuos sólidos para nivel medio y bajo de población establecidas en el RAS

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Chimeneas en concreto y revestidas en piedra, ubicadas verticalmente cada una de 50 m y con un diámetro entre 0.30 m y 0.50 m cada una.
b	Para la última celda deben colocarse dos tubos de concreto: el primero, perforado y revestido en piedra para facilitar la captación, salida de gases y evitar la obstrucción de los orificios ya sea por los residuos sólidos o por el material de cobertura. La segunda tubería no es perforada, a fin de coleccionar el gas y quemarlo, eliminando los olores producidos por otros gases.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Las modificaciones propuestas para esta variable se presentan en las Tabla 24.

Tabla 24. **Valoración modificada del control de gases de los residuos sólidos para nivel medio y bajo de población**

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Adecuado	Si se cumplen con las especificaciones (a) y (b).
Regular	Si se cumple al menos con una de las especificaciones (a, b).
Nulo	Si no se cumple ninguna de las especificaciones.

Fuente: Elaboración propia

– **Nivel alto y muy alto de población.**

Para la valoración de proyectos donde la población generadora tiene volúmenes mayores, se tomaron en cuenta los criterios del RAS y de la EVIAVE (Tabla 25).

Tabla 25. **Condiciones del control de gases de los residuos sólidos para nivel alto y muy alto de población establecidas en el RAS**

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Para rellenos tipo área, deben ubicarse mínimo 4 chimeneas por ha y no menos de una por modulo, instaladas en la cota mayor final del módulo relleno y cubierto.
b	Para vertederos tipo trinchera, las chimeneas se ubicarán cada 20 o 50 m.
c	Para evitar que el gas se difunda, deben instalarse barreras de venteo lateral entre la zona de relleno y las que deben protegerse, estableciendo un sector de mayor permeabilidad que el terreno por donde el gas pueda evacuarse hacia la atmósfera, mediante zanjas longitudinales de profundidad igual a la del vertedero, ubicadas perimetralmente. El ancho debe ser de 0.6 m; las zanjas son rellenas con grava, piedra o material similar y cubiertas con una capa de tierra de 0.30. Deben colocarse tuberías de 0.15 m con orificios laterales, que penetren 1.50 m en la masa de piedra y el manto de cobertura; se pondrán cada 20 m y sobresalir 2.0 m de la superficie del terreno llevando en su extremo una pieza en T de 0.15 m de diámetro. En la superficie lateral de la zanja opuesta a la zona del relleno, cuando el coeficiente de permeabilidad es mayor que 10 ⁻⁶ cm/s, se colocará una película de polietileno de 200-250 µ.
d	Los gases se tratarán y se aprovecharán para energía y si no pueden aprovecharse se quemarán antes de su salida al exterior.
e	La frecuencia de la medición y control será la siguiente: emisiones potenciales de gas y presión atmosférica de CH ₄ , CO ₂ , O ₂ , H ₂ S, H ₂ , etc. mensualmente.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Las modificaciones propuestas para esta variable se presentan en las Tabla 25.

Tabla 25. Valoración modificada del control de gases para nivel alto y muy alto de población

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES PROPUESTAS PARA COLOMBIA
Muy adecuado	Si se cumplen todos los requisitos de la lista anterior. (a, b, c, d y e).
Adecuado	Si se cumplen todas menos (d) y (e).
Regular	Si se cumplen todas las situaciones menos la (e) y las situaciones no se encuentran en buen estado ni mantenimiento.
Bajo	Si existen los sistemas de recolección y tratamiento pero no cumplen con las especificaciones establecidos en el RAS.
Nulo	No existe sistema de recolección y tratamiento de gases.

Fuente: Elaboración propia

6. Distancia a infraestructuras:

Se toma la información de la metodología EVIAVE y se introduce un valor adicional propuesto por el RAS correspondiente a la distancia entre el vertedero y fuentes de agua potable o acueductos* (Tabla 26).

Tabla 26. Distancias permitidas

INFRAESTRUCTURA	DISTANCIA AL PUNTO DE VERTIDO
Aeropuertos	> 3000 m
Aeródromos	>1500 m
Estaciones eléctricas	>1000 m
Redes de alta tensión	>100 m
Redes de abastecimiento de aguas	>100 m
Oleoductos	>100 m
Gaseoductos	>100 m
Red nacional de carreteras	>1000 m
Red provincial de carreteras	>1000 m
Red comarcal de carreteras	>500 m
Red ferroviaria	>500 m
Fuentes de agua Potable (Acueductos)*	>500 m

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

La propuesta de modificación de esta variable se presenta en la tabla 27:

Tabla 27. Valoración modificada de distancia a infraestructuras

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy alta	Cuando se encuentre suficientemente alejada de acuerdo a las distancias de la tabla 26.
Alta	Cuando se cumplen al menos 11 condiciones de la Tabla 26.
Media	Cuando se cumplen al menos 10 condiciones de la Tabla 26.
Baja	Cuando se cumplen al menos 9 condiciones de la Tabla 26.
Muy baja	Cuando no se cumplen cuatro o más de las condiciones de la tabla 26.

Fuente: Elaboración propia

7. Distancias a masas de aguas superficiales:

Se acogen los criterios establecidos en el RAS de Colombia, que establecen como distancia mínima a cuerpos de agua 500 metros.

La propuesta de modificación de esta variable se presenta en la tabla 28

Tabla 28. Valoración de distancias a masas de aguas superficiales

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Cercana	< 500 m
Media	500 – 700 m
Alta	700 - 900 m
Muy alta	>1.000 m

Fuente: Elaboración propia

8. Erosión:

Para esta variable se toman las mismas condiciones y la valoración establecidas en la metodología EVIAVE, y se propone como modificación la utilización de un mapa del territorio colombiano que ilustra el estado de la erosión de los suelos

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

del país (Figura 14, Anexo 3), elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi⁹ (IGAC).

La erosión del suelo es un fenómeno complejo de degradación, donde las capas superficiales del suelo son destrozadas o arrancadas, desplazando sus fragmentos hacia cotas inferiores. En Colombia el 48% de la superficie del continente es susceptible a la erosión (IDEAM, 2004), perdiéndose anualmente 426 millones de toneladas de sedimentos y el 35% del territorio nacional presenta algún grado de erosión hídrica en forma severa y muy severa. La degradación del territorio colombiano por erosión es el fenómeno más notorio y de amplias repercusiones económicas, sociales y ecológicas. Las causas son los factores naturales y antrópicos ligados a la historia geológica y morfoclimáticas, acentuada por la actividad social desordenada, que cada día se hace más crítica, debido al conflicto entre el uso que el hombre hace de su entorno ambiental y las potencialidades que éste le brinda (Pérez, 2001).

Sobre la erosión en Colombia, este fenómeno se manifiesta de formas distintas, debido esencialmente a que el territorio presenta una gran variedad de climas, formas de relieve, rocas y tipos de cobertura vegetal, los cuales dinamizan la acción de los agentes erosivos, potencializándolos en unas zonas y regulándolos en otras. Agrupando los procesos de erosión, teniendo en cuenta los agentes y los factores que los generan, se han identificado para Colombia los siguientes grupos (IGAC, 2008):

- **Saltación pluvial:** Consiste en la acción lenta de las gotas de lluvia que se presenta en zonas planas o ligeramente planas de los valles aluviales, las sabanas y las altiplanicies
- **Escurrimiento hídrico superficial bajo forma difusa:** En este tipo de erosión el agente principal es el agua que actúa sobre superficies onduladas en diferentes condiciones climáticas con densas coberturas vegetales. Cuando

⁹ El IGAC es una entidad oficial de Colombia que tiene como objetivo la elaboración y actualización del mapa oficial de la República; realizar el inventario de las características de los suelos; adelantar investigaciones geográficas como apoyo al desarrollo territorial, desarrollar las políticas y ejecutar los planes del Gobierno Nacional en materia de cartografía, agrología, catastro y geografía, mediante la producción, análisis y divulgación de información catastral y ambiental georeferenciada, con el fin de apoyar los procesos de planificación y ordenamiento territorial (www.IGAC.gov.co).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

esta cobertura no es lo suficientemente densa como para proteger el suelo, el escurrimiento difuso es intenso o laminar.

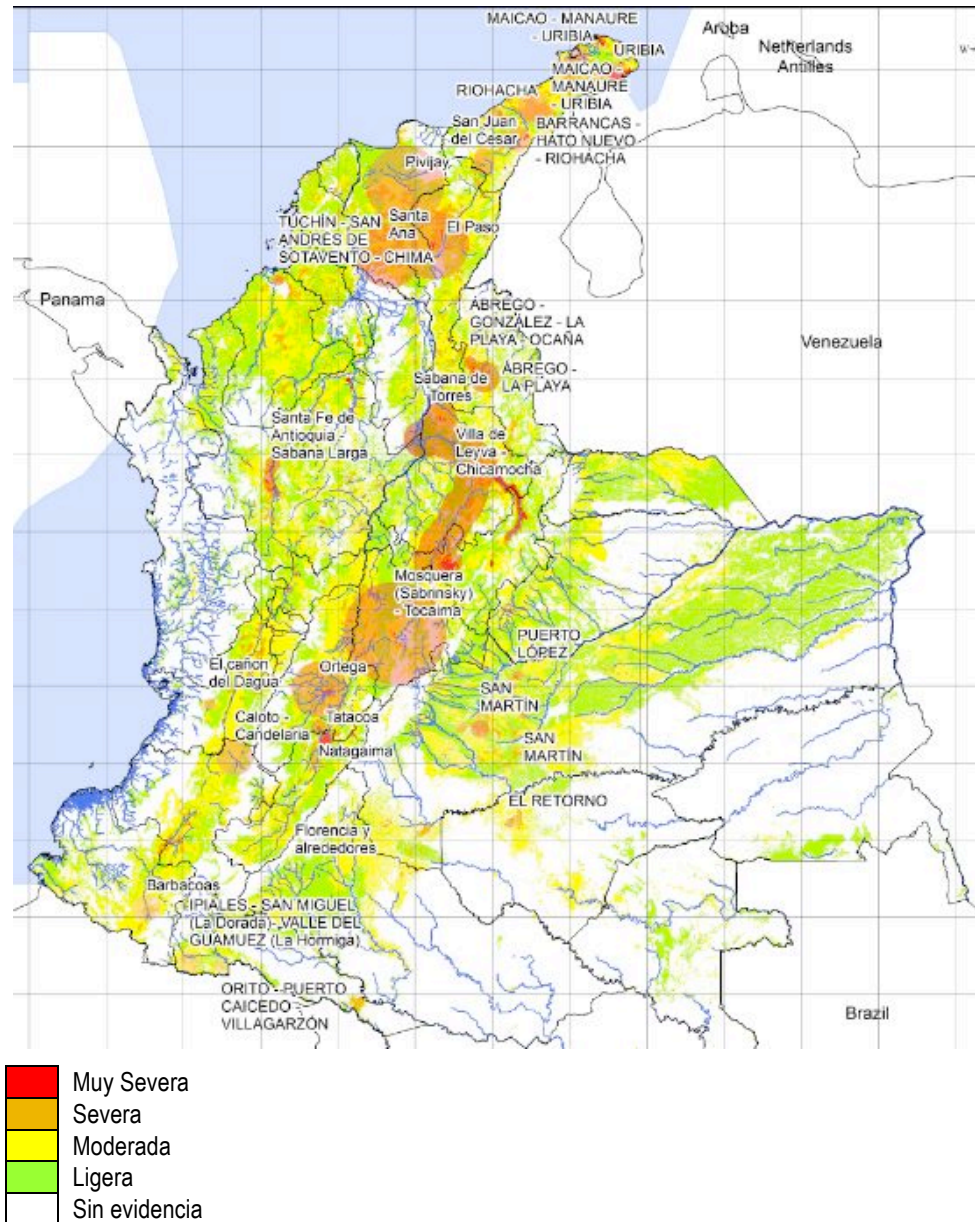


Figura 16. Mapa de Erosión en Colombia

- **Esgurrimento hídrico superficial bajo forma concentrada:** Es el tipo de erosión hídrica más intensa, debido a que crea surcos y cárcavas. Se presenta en zonas donde la cobertura vegetal es escasa. Las cárcavas se suceden en

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

relieves suaves a moderados, con climas secos y lluvias torrenciales. Por su parte, los surcos se presentan en relieves fuertes de climas variados.

- **Escurrimiento hipodérmico:** Es la disolución de la roca y su posterior infiltración en el subsuelo.
- **Gelifracción:** Es un proceso de alta montaña andina especialmente el superpáramo, donde la roca se fragmenta debido a la tensión que produce el agua al congelarse en sus fisuras y poros.
- **Remoción en masa:** Se genera por la acción conjunta de la gravedad y el agua en zonas montañosas, con climas húmedos o semihúmedos, bajo suelos mecánicamente inestables conformados por alteritas arcillo-arenosas.
- **Erosión eólica:** Se genera por el arrastre que ejerce el viento sobre las superficies del terreno.

La valoración del tipo de erosión aplicada a la metodología EVIAVE se presenta en la Tabla 29.

Tabla 29. Valoración de erosión

CLASIFICACIÓN	CONDICIONES PARA SU APLICACIÓN
Avanzada	Si se presenta el proceso de Escurrimiento hídrico superficial bajo forma concentrada.
Marcada	Si se presenta el proceso de erosión de remoción en masa.
Media	Si se presenta el proceso de escurrimiento hídrico superficial bajo forma difusa o el proceso de erosión de gelifracción.
Baja	Si se presenta el proceso de Escurrimiento hipodérmico
Muy baja	Se presenta el proceso de erosión eólica o el proceso de erosión de saltación pluvial.

Fuente: Elaboración propia.

9. Estado de caminos internos:

Se toma la información de la metodología EVIAVE y se complementa con el contenido del RAS de Colombia. Analizados los criterios, la propuesta de modificación de este indicador se presenta en la Tabla 30.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 30. Condiciones modificadas del estado de caminos internos

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Poseer drenaje para la evacuación de las aguas de lluvia o escorrentía.
b	Existir conservación de los caminos, limpieza de materiales ligeros acumulados en las cunetas, en el carril o en los alrededores.
c	Todo el camino estará hormigonado o alquitranado hasta la zona de depósito, o al menos hasta la caseta del guardabarrera. Las vías temporales estarán hechas con restos de construcción compactados que eviten la formación de baches y asentamientos. Las calles para los compactadores deben estar hechas con pavimento de piedra o gravilla debido a los dientes de acero que tienen en las ruedas.
d	En zonas habituales de viento existirán pantallas vegetales o pantallas móviles que minimicen el polvo.
e	Deben permitir la doble circulación de los vehículos recolectores o de transferencia hasta el frente de trabajo del relleno sanitario.
f	Deben ser temporales y no pueden presentar pendientes mayores de 5%.
g	Deben tener los radios de giro adecuados.
h	Deben tener instalaciones de energía eléctrica que satisfagan las necesidades de iluminación en las señalizaciones exteriores e interiores.

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de modificación del variable estado de caminos internos se presenta en la tabla 31.

Tabla 31. Valoración modificada de la variable estado de caminos internos

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy adecuados	Cuando se cumplen todas las situaciones citadas anteriormente.
Adecuados	Cuando se cumplen todas las situaciones citadas menos la c).
Regular	Existe conservación de los caminos internos, pero incumple con las situaciones (a) y (c)
Deficientes	Existe conservación de los caminos internos, pero incumple con más de tres situaciones (a,c,d,e,f,g y h)
Inadecuados	Cuando no se cumple con ninguna de las situaciones expuestas.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

10. Pluviometría:

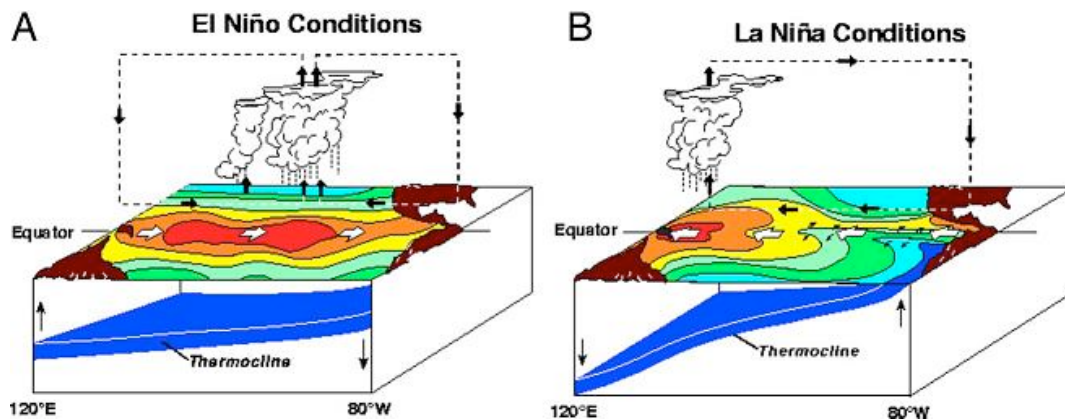
En general, las precipitaciones del planeta tierra han aumentado alrededor de un 2% desde principios del siglo XX (Jones y Hulme, 1996; Hulme et al., 1998). El aumento es estadísticamente significativo, aunque no temporal ni espacialmente uniforme (Karl and Knight, 1998 and Doherty et al., 1999). En América del Sur se puede argumentar con confianza que las fluctuaciones en las precipitaciones tienen un fuerte impacto socioeconómico en la región (Dore, 2005).

En Colombia la precipitación es el principal elemento climático que caracteriza el estado del tiempo y el clima; repercute y condiciona una parte de las de las actividades humanas, de su distribución depende en gran medida el desarrollo de actividades económicas y sociales. Colombia se caracteriza por una gran variedad de pluviosidad, por una parte se encuentran áreas donde llueve menos de 250 mm/año, como la península de la Guajira y áreas con lluvias mayores incluso de 9.000 mm/año en sectores del departamento del Choco, uno de los territorios más lluviosos del planeta. La posición geográfica de Colombia en la zona ecuatorial y el relieve del país son las características más importantes en la distribución de las precipitaciones (IGAC, 2008).

Es necesario tener en cuenta para el análisis de esta variable, que la pluviosidad de Colombia está fuertemente influenciada por dos fenómenos naturales que se presentan en promedio cada 3 a 7 años, llamados fenómenos del niño y de la niña. Estos fenómenos se presentan por una elevación (fenómeno del niño) y un descenso (fenómeno del niño) de la temperatura del océano pacífico (Figura 17), estas variaciones de la temperatura generan pluviosidad por encima y por debajo de los promedios históricos con implicaciones en el bienestar de la poblaciones como son sequias, escasas de alimentos, inundaciones y avalanchas.

Durante el fenómeno del niño se presentan déficits moderados de lluvias en la región Andina y déficits altos en la región Caribe; por el contrario la región Pacífica presenta excesos altos al igual que la Amazonia, mientras que la región de la Orinoquia presenta un exceso de lluvias ligero. Al contrario con el fenómeno de la niña se presentan aumentos de la pluviometría en todo el territorio nacional (IDEAM et al., 2002).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE



Fuente: <http://www.cfe.gob.mx/>

Figura 17. Esquema de los fenómenos climáticos del Océano pacífico del “niño” y la “niña”

Para el año 2010 el fenómeno de la niña ha generado la mayor pluviosidad registrada en los últimos 100 años, con consecuencias significativas sobre el mapa de inundaciones en Colombia, a este respecto el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres, SNPAD (Disponible en: <http://www.sigpad.gov.co/>) , registra que la ola invernal ha dejado hasta la fecha 1.170.480 personas afectadas en 549 municipios en 28 departamentos más el Distrito Capital de Bogotá (desde el 6 de abril al 10 de noviembre de 2010), lo que representa el 52% del total del país afectado. Además, se reportan 116 personas muertas, 191 heridas y 20 desaparecidas. Un total de 1.654 viviendas han sido destruidas y 196.662 viviendas averiadas.

Para esta variable se toman las mismas condiciones de la metodología EVIAVE, y se proponen modificaciones en la valoración, teniendo en cuenta las características pluviométricas de Colombia, y el uso del mapa de distribución de lluvias del país, elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia¹⁰ (IDEAM). La propuesta de modificación de la variable pluviometría se presenta en la tabla 32.

¹⁰ El IDEAM es una entidad oficial que tiene como objetivo generar información y conocimiento para asesorar la toma de decisiones sobre el uso sostenible de los recursos naturales, así como para hacer pronósticos y alertar sobre condiciones ambientales e hidrometeorológicas que puedan generar desastres.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 32. Valoración modificada de la pluviometría

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	VALORACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	VALORACIÓN PROPUESTA PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy Baja	< a 300 mm	< a 500 mm
Baja	300 – 600 mm	500 – 1.000 mm
Media	600 – 800 mm	1.000 – 2.000 mm
Alta	800 – 1000 mm	2.000 – 3.000 mm
Muy alta	> 1000 mm	> 7.000 mm

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 3 se presenta el mapa de distribución de la pluviosidad de Colombia para su uso en la metodología EVIAVE modificada.

11. Punto situado en área inundable:

Muchas regiones de Colombia están expuestas a desastres naturales originados o relacionados con el agua, existen grandes superficies que sufren de aguda falta de agua y otras no menos importantes que periódicamente se ven perjudicadas por el exceso de esta, bien sea en forma de inundaciones, o en la de tormentas tropicales. El problema que ha llegado a revestir características preocupantes a escala nacional es el caso de las inundaciones, tanto por el efecto de avenidas sin control como las producidas directamente por la alta pluviosidad, principalmente en aquellas zonas agrícolas con drenaje deficiente. Estimándose en Colombia un área aproximadamente de cinco millones de hectáreas inundables periódicamente (Sistema de Información Ambiental de Colombia. Disponible en: <http://www.siac.gov.co/portal/default.aspx>).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Las inundaciones se relacionan de manera directa con la pluviosidad y de esa manera estarán influenciadas por los fenómenos del niño y de la niña, analizados anteriormente, de esa manera cada 3 a 7 años, se presentaran niveles de inundación y áreas inundables por fuera del promedio, que deben necesariamente tenerse en cuenta para el análisis de la variable en la modificación de la metodología EVIAVE para Colombia.

Como referente, las inundaciones ocurridas en Colombia durante el año 2010, generaron desde Abril a Noviembre 33 muertos, 32 heridos y 1.103.527 personas afectadas, además 235.344 viviendas destruidas o deterioradas. De acuerdo con los registros históricos del IDEAM (Disponibles en: www.ideam.gov.co), la temporada de lluvias del año 2010 fue la más fuerte de los últimos 60 años, con niveles inusuales de lluvias. Solo en la Región Caribe (una de las regiones más afectadas), el promedio de lluvias aumentó hasta en un 300% durante los primeros días de diciembre de 2010. Las continuas lluvias han causado desbordamientos en los principales ríos, inundando vastas zonas del país. De los 1.102 municipios en Colombia, 681 presentan algún nivel de afectación lo que equivale a un 60% del territorio. Algunos municipios del Departamento de Córdoba llevan entre dos y cuatro meses inundados, situación que ha generado la suspensión en actividades educativas, pérdida de cultivos, de animales, deterioro de viviendas, escuelas, puestos de salud y colapso de las vías (OCHA-Colombia, disponible en: <http://www.colombiassh.org/site/spip.php?article647>).

Respecto a esta variable se propone acoger la clasificación descrita en la metodología EVIAVE y utilizar como guía el mapa de zonas de riesgo de inundación de Colombia, elaborado por el IDEAM, teniendo en cuenta que este mapa describe la tendencia de las inundaciones y que en periodos de influencia de los fenómenos del niño y de la niña deben utilizarse mapas que relacionen estos fenómenos y las cifras para estos periodos.

En Colombia existen zonas de manera natural que son llamadas inundables, en su mayoría ubicadas en la región Orinoquia y Caribe (Figura 18). Estas zonas se inundan en las dos épocas de lluvia que se presentan al año. Sin embargo debido al fenómeno de la niña y el niño; en Colombia se presentan fenómenos de inundación en otras áreas vulnerables cada 3 a 7 años. Al no existir actualmente un mapa de dichas áreas, la estrategia es ubicar las zonas inundables de acuerdo a los mapas de

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

afectación de personas por inundación, lo que nos va a mostrar el rango de inundación.

Los mapas son dinámicos, por tanto si se quiere hacer un seguimiento se debe tomar en cuenta el mapa más actualizado dado por la Oficina de las Naciones Unidas, coordinadora de Asuntos Humanitarios o por el IDEAM.



Fuente: www.ideam.gov.co

Figura 18. Mapa de zonas susceptibles de inundaciones en Colombia

La propuesta de modificación de la variable punto situado en área inundable se presenta en la tabla 33.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 33. Valoración modificada de áreas inundables

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	VALORACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	PROPUESTA PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy Baja	< a 300 mm	< a 500 mm
Baja	300 – 600 mm	500 – 1.000 mm
Media	600 – 800 mm	1.000 – 2.000 mm
Alta	800 – 1000 mm	2.000 – 3.000 mm
Muy alta	> 1000 mm	> 7.000 mm

Fuente: Elaboración propia

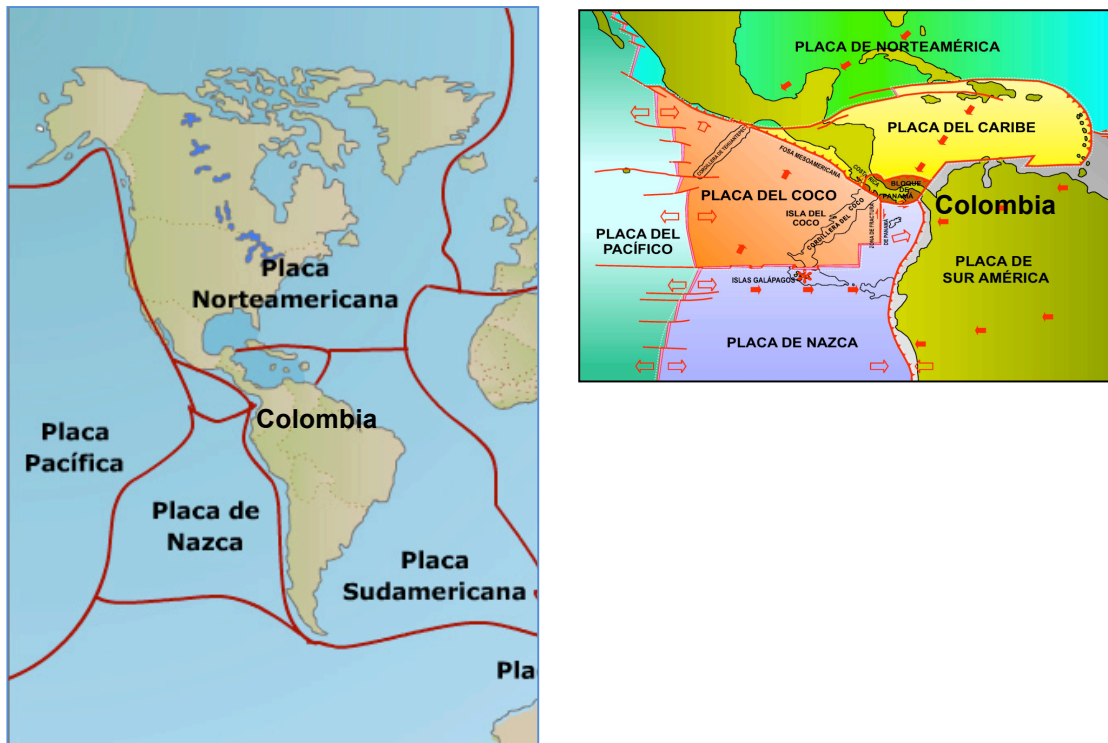
En el anexo 3, se presentan los mapas relacionados con las inundaciones en Colombia

12. Riesgo sísmico:

“Colombia se localiza geográficamente en la esquina noroccidental de Suramérica. Esta zona se caracteriza por presentar una estructura tectónica compleja, ya que en ella convergen tres placas litosféricas: la **Placa de Nazca** localizada en el Océano Pacífico, la **Placa Caribe** en el Mar Caribe y la **Placa Suramericana** en la zona continental (Figura 19). Esta junta triple ha estado presente durante los últimos 5 millones de años (m.a). Estas tres placas se desplazan con velocidades y sentidos diferentes; en el caso de Colombia, las Placas de Nazca y del Caribe se mueven bajo la Placa Suramericana en un proceso denominado subducción. Este proceso tiene características diferentes para cada uno de los casos: la Placa de Nazca se mueve hacia el este, mientras que la Placa Caribe se desplaza hacia el sureste, a una velocidad menor que la de la Placa de Nazca.

Además de la existencia de estas tres placas, dos bloques adicionales o microplacas se han sugerido para explicar la complejidad tectónica del área donde convergen las placas principales: el **Bloque de Panamá** y el **Bloque Andino**. Este último se extiende desde la costa Pacífica hasta el borde Oriental de la Cordillera Oriental, donde está limitado por el Sistema de Fallas del Borde Llanero. Este bloque se mueve hacia el noreste con respecto a la Placa Suramericana

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE



Fuente: www.defensacivilmaimon.wordpress.com; http://noeliapdiver4.blogspot.com/2014_12_01_archive.html

Figura 19. Ubicación y movimiento de las placas litoféricas dentro del territorio colombiano

Este proceso tectónico, generó la configuración del actual relieve colombiano, de acuerdo con el cual pueden distinguirse las siguientes zonas:

- **Zona de los Llanos Orientales y Amazonía:** localizada al oriente y suroriente del país. De naturaleza siálica, (se considera como autóctono original) y está constituida por una masa de rocas estable, denominada Escudo Guayanés que no ha sufrido cambios considerables desde su formación en la era Precámbrica (hace 4500-650 m.a.). La sismicidad en esta zona es muy baja. Su límite occidental corresponde a la Falla del Borde Llanero.
- **Zona de elevaciones montañosas y valles intermontanos:** se ubica al occidente de los Llanos Orientales y Amazonía, y comprende gran parte de la región Andina. Igualmente de composición siálica, se concentran en esta zona la mayor parte de las fallas geológicas activas, lo cual está en directa relación con la presencia de la mayor cantidad de epicentros de sismos en Colombia.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

En esta región se presenta lo que se conoce como **Nido Sísmico de Bucaramanga**, un fragmento de corteza en movimiento el cual como producto del choque de placas, causa una sismicidad profunda ubicada entre los 120 a 170 Km. y que es bastante notable en el presente mapa en el departamento de Santander. Su límite oeste es la Falla o Paleosutura de Romeral.

- **Zona occidental:** constituida por material simático (silicio y magnesio), el cual fue acrecionado o adicionado al borde occidental de la actual Cordillera Central como resultado de un proceso de subducción a finales del Jurásico (hace 200 m.a.). A partir de la Paleosutura de Romeral, la cual corresponde a su límite este, se encuentran cinturones de este material cada vez más jóvenes hacia el occidente. La sismicidad es superficial en su parte occidental, y se va profundizando hacia el oriente, lo cual se ve muy bien en la zona del Eje Cafetero, donde los hipocentros pueden alcanzar profundidades mayores a 160 Km.
- **Archipiélago de San Andrés y Providencia:** Localizado en el Mar Caribe, a unos 700 Km. al noroeste de la costa Caribe Colombiana. Su origen se asocia con el fracturamiento de la Placa Caribe y posterior separación de las Placas de América Central y del Caribe. Aunque la actividad sísmica en esta zona ha sido escasa, particularmente la Isla de San Andrés, parece ubicarse dentro de una zona sísmicamente activa, donde pueden generarse sismos con magnitudes apreciables.
- **Islas de Gorgona y Malpelo:** el origen de la primera estaría asociado con una dorsal oceánica, mientras que la segunda representaría una porción de corteza oceánica gruesa. En esta zona la actividad sísmica es principalmente superficial y se produce por efectos de la corteza oceánica en colisión con el continente” (INGEOMINAS, 2000).

-
En consecuencia, Colombia es uno de los países más afectados por los fenómenos sísmicos. De acuerdo con INGEOMINAS¹¹ a partir de y hasta el 2006 se han registrado 1.381 sismos de magnitud mayor o igual a 3.5 - 5.4 en la escala de Richter. El último evento sísmico de importancia en Colombia fue en mayo de 2008 en el departamento de Cundinamarca con una magnitud de 5.7 en la escala de Richter (IGAC, 2008).

¹¹ INGEOMINAS: Instituto Colombiano de Geología y Minería, tiene como objeto “..., promover la exploración y explotación de los recursos mineros de la Nación y participar, por delegación, en las actividades relacionadas con la administración de dichos recursos.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

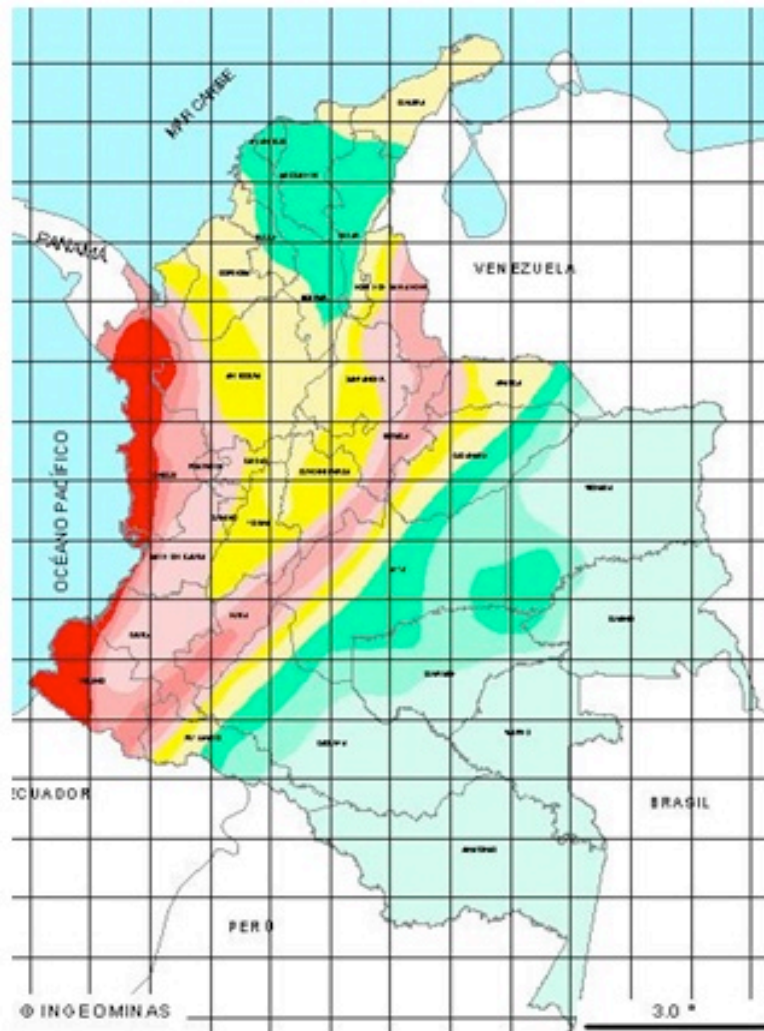
Al determinar los niveles de la amenaza sísmica en las diferentes regiones de Colombia, el 86% de los colombianos se encuentran bajo un nivel de amenaza sísmica apreciable: en zonas de amenaza alta aparecen cerca de 475 municipios con el 35% de los habitantes; en zonas de amenaza intermedia 435 municipios con el 51% de la población; y en zonas de amenaza baja 151 municipios con aproximadamente el 14% de los colombianos. Pero el riesgo no sólo depende del grado de amenaza sísmica, sino también del grado de vulnerabilidad que en general tienen las edificaciones en cada sitio (Duque-Escobar, 2007).

“La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que un parámetro como la aceleración, la velocidad o el desplazamiento del terreno producida por un sismo, supere o iguale un nivel de referencia”. De las cabeceras municipales, 475, correspondientes aproximadamente al 35% de la población colombiana, se encuentran en zonas de amenaza sísmica alta; 435, equivalente al 51% de la población, en zonas de amenaza sísmica intermedia; y 151, equivalente al 14% de la población, en zonas de amenaza sísmica baja (Figura 20).

- **Zona de Amenaza Sísmica Baja:** definida para aquellas regiones cuyo sismo de diseño no excede una aceleración pico efectiva (Aa) de 0.10 g. Aproximadamente el 55% del territorio Colombiano se encuentra incluido en esta zona de amenaza.
- **Zona de Amenaza Sísmica Intermedia:** definida para regiones donde existe la probabilidad de alcanzar valores de aceleración pico efectivas mayores de 0.10 g y menores o iguales de 0.20 g. Alrededor del 22% del territorio se encuentra incluido en ésta zona.
- **Zona de Amenaza Sísmica Alta:** definida para aquellas regiones donde se esperan temblores muy fuertes con valores de aceleración pico efectivo mayor de 0.20 g. Aproximadamente el 23% del territorio Colombiano queda incluido en la zona de amenaza sísmica alta” (INGEOMINAS, 2004).
- La propuesta de modificación de la variable riesgo sísmico tendrá en cuenta el riesgo sísmico por Departamento¹² del País y se calificara de acuerdo a la ubicación del vertedero en estos departamentos (Tabla 34).

¹² **Departamentos:** De conformidad con la Constitución Política, son entidades territoriales que tienen autonomía para la administración de los asuntos seccionales y la planificación y promoción del desarrollo económico y social dentro de su territorio en los términos establecidos por la Constitución, ejercen funciones administrativas, de coordinación, de complementariedad

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE



Valores del riesgo

0.05 (Baja)	0.25 - 0.3 (Alta)
0.05 - 0.075 (Baja)	0.3 - 0.35 (Alta)
0.075 - 0.1 (Baja)	0.35 - 0.4 (Alta)
0.1 - 0.15 (Intermedia)	0.2 - 0.25 (Alta)
0.2 - 0.25 (Alta)	

Fuente: Modificado de: www.ingeo-minas.gov.co

Figura 20. Mapa General de riesgo sísmico en Colombia

de la acción municipal, de intermediación entre la Nación y los municipios y de prestación de los servicios que determinen la Constitución y las leyes (www.igac.gov.co).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 34. Modificación de la variable riesgo sísmico para aplicación de la metodología EVIAVE en Colombia

DEPARTAMENTO	RIESGO SÍSMICO	CLASIFICACIÓN EVIAVE
AMAZONAS	Muy Bajo	1
ANTIOQUIA	Medio	3
ARAUCA	Medio	3
ATLÁNTICO	Bajo	2
BOLÍVAR	Bajo	2
BOYACÁ	Alta	4
CALDAS	Alta	4
CAQUETÁ	Baja	2
CASANARE	Media	3
CAUCA	Muy Alta	5
CESAR	Baja	2
CHOCO	Muy Alta	5
CORDOBA	Media	3
CUNDINAMARCA	Media	3
GUAINÍA	Muy Baja	1
GUAJIRA	Media	3
GUAVIARE	Muy Baja	1
HUILA	Alta	4
MAGDALENA	Baja	2
META	Baja	2
NARIÑO	Muy Alta	5
NORTE DE SANTANDER	Alta	4
PUTUMAYO	Media	3
QUINDÍO	Alta	4
RISARALDA	Alta	4
SANTANDER	Alta	4
SUCRE	Media	3
TOLIMA	Media	3
VALLE DEL CAUCA	Alta	3
VAUPES	Muy Baja	1
VICHADA	Muy Baja	1

Fuente: Elaboración propia con información de INGEOMINAS : www.ingeminas.gov.co

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

13. Sistema de drenaje superficial:

Este indicador será evaluado de acuerdo a los conceptos del RAS de Colombia, específicamente tendrá en cuenta:

El drenaje de aguas lluvias para los niveles medio y bajo de complejidad debe interceptarse y desviarse el escurrimiento del agua lluvia fuera del relleno sanitario mediante la construcción de canales en tierra o cemento de forma trapezoidal y debe ser dimensionado de acuerdo con las condiciones de precipitación local, área tributaria, características del suelo, vegetación y topografía. El canal debe ser trazado por la curva de nivel máximo al que llegará el relleno y debe garantizar una velocidad máxima media de 0.5 m/s. Drenaje de aguas lluvias para los niveles altos y medio alto de complejidad. El drenaje de aguas lluvias debe asegurar su permanente evacuación a los cauces naturales, manteniendo una dinámica acorde con las distintas etapas del relleno sanitario.

Las obras de drenaje pueden ser permanentes y temporales. Las de drenajes permanentes deben construirse en los límites del vertedero para captar el escurrimiento de aguas arriba; los canales deben revestirse con material apropiado. La velocidad del agua dentro de los canales no debe ser menor de 0.30 m/s. Los canales de las obras de drenaje temporal deben construirse con taludes 3:1 (H: V), rellenos de grava de 5 cm de tamaño máximo para evitar socavaciones.

Los canales permanentes y los temporales son dimensionados de acuerdo a la Tabla 35.

Tabla 35. Condiciones del sistema de drenaje superficial establecidas en el RAS

CONDICIÓN	DESCRIPCIÓN
a	Condiciones. Para las condiciones de precipitación local deben conocerse los valores máximos anuales de las lluvias para distintas duraciones, entre 5 minutos y 24 horas en una estación representativa de la zona.
b	Red de escurrimiento natural. Con base en el estudio topográfico y los planos publicados por organismos competentes que contengan las líneas de nivel suficientemente detalladas en relación al tamaño de la cuenca, deben establecerse los parámetros necesarios, como límites, área, forma, pendiente media de la cuenca y longitud del cauce principal.
c	Coefficiente de escorrentía. Deben estimarse el coeficiente de escorrentía considerando los siguientes factores: topografía, tipo de suelo, tamaño de la cuenca, pendientes y saturación del suelo.

Fuente: Elaboración propia

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

La propuesta de modificación de la variable sistema de drenaje superficial se presenta en la tabla 36.

Tabla 36. Valoración modificada del sistema de drenaje superficial

CLASIFICACIÓN SEGÚN LA EVIAVE	CONDICIONES PROPUESTAS PARA SU APLICACIÓN EN COLOMBIA
Muy adecuados	Cuando se cumplen todas las situaciones (a,b,c) de la Tabla 35.
Adecuados	Cuando se cumplen todas las situaciones de la Tabla 35 menos la (a).
Regular	Cuando se cumplen con las situaciones (a y b) de la Tabla 35.
Deficientes	Cuando se cumplen solo una de las situaciones (a,b,c) de la Tabla 35.
Inadecuados	Cuando no se cumple con ninguna de las situaciones expuestas en la Tabla 35.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Modificación de los elementos del medio

Como se presentó en el numeral anterior, la Fauna y la Flora presentes en el área de influencia pueden ser afectadas por los vertederos, por lo tanto se propone incluirlos como elementos del medio, asignándoles como descriptores ambientales, para el caso de la Fauna: i) Especies Amenazadas de Fauna (F_1); ii) Calidad del Hábitat de Fauna (F_2) y para la Flora: i) Especies Amenazadas de Flora (G_1).

–Definición de los descriptores ambientales para la fauna y la flora (especies amenazadas).

Se propone optar como indicador el número especies amenazadas, fundamentado en la propuesta de la IUCN de usar como indicador el Índice de la Lista Roja (ILR) (Butchart et al., 2004, 2006, 2007; IUCN, 2001, 2003). El ILR es considerado como el sistema más autorizado y objetivo para la clasificación de las especies por su riesgo de extinción y su inclusión en la EIA (Meynell PJ, 2005; Rodríguez et al., 2006) y ha sido respaldado por el CBD para evaluar el progreso en los Objetivos de Desarrollo del Milenio de las Naciones Unidas.

La definición de las características, las condiciones y los valores para los descriptores ambientales Especies Amenazadas de Fauna y Flora, se llevó a cabo de acuerdo a la

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

propuesta de Delgado et al, (2008), Márquez (2005) y Toro et al. (2013) que tienen en cuenta la vulnerabilidad del descriptor ambiental. En la Tabla 36 se recogen los descriptores propuestos para la fauna y la flora (especies amenazadas), así como sus valores, los cuales en la metodología EVIAVE oscilan entre 1 y 5.

Tabla 36. Características y cuantificación para determinar los descriptores ambientales especies amenazadas de fauna y flora

CARACTERÍSTICAS	CUANTIFICACIÓN	
	CONDICIÓN	VALOR
Especies Amenazadas de Fauna (F ₁)	Especies amenazadas Baja: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 1-5 Especies de fauna silvestre amenazadas.	1
	Especies amenazadas Media-Baja: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 6-10 Especies de fauna silvestre amenazadas.	2
	Especies amenazadas Media: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 11-22 Especies de fauna silvestre amenazadas.	3
	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas	4
	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de fauna silvestre amenazadas.	5
Especies Amenazadas de Flora (G ₁)	Especies amenazadas Baja: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 1-5 Especies de Flora silvestre amenazadas.	1
	Especies amenazadas Media-Baja: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 6-10 Especies de Flora silvestre amenazadas.	2
	Especies amenazadas Media: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 11-22 Especies de Flora silvestre amenazadas.	3
	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de Flora silvestre amenazadas.	4
	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de Flora silvestre amenazadas.	5

Fuente: Elaboración propia con información de: Márquez, 2005; Delgado et al., 2008, Toro, 2009

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Teniendo en cuenta que la metodología EVIAVE, para cada descriptor ambiental, determina un Valor Ambiental (eV_i) (Fig. 6), es necesario proponerlos para la fauna y la flora, las Eq. 10 y Eq. 11 presentan los (eV_i) para estos descriptores.

$$eV_{wl} = F_1 + F_2 / 2 \quad (10)$$

$$eV_{FL} = G_1 \quad (11)$$

– Definición de los descriptores ambientales para la Calidad del hábitat de fauna.

Para la definición de las características, las condiciones y los valores para el descriptor ambiental calidad del hábitat de Fauna (F_2), se adoptó el Índice de Vegetación Remanente (IVR), la vegetación hace parte del hábitat de la fauna al proveer alimentación, refugio y otros recursos necesarios para la vida y el desarrollo de un individuo, especie o población (Suchant et al., 2003), por ese motivo puede utilizarse como indicador del estado o calidad del mismo. El IVR es propuesto por Márquez (2005) y es una modificación del Habitat Index utilizado por Hannah *et al.* (1995) en su evaluación del estado de los ecosistemas en el mundo, expresando la cobertura de vegetación natural de un área como porcentaje del total de la misma (Ec. 12) donde IVR: es el Índice de Vegetación Remanente; AVR: Área de Vegetación Remanente y T_a es área total de la unidad medida en kilómetros cuadrados.

$$IVR = (RVA/T_a) \times 100 \quad (12)$$

Para la asignación de valores se consideran 5 categorías de transformación a partir de la modificación de la propuesta de Hannah *et al.* (1995) y Márquez (2005), sobre una base cuantitativa. Los resultados se relacionan, por comparación con valores de referencia, con su capacidad para sostener funciones ecológicas y servicios para la sociedad y se relacionan con la sostenibilidad (Márquez, 2005). En la Tabla 37 se recogen los descriptores propuestos para la fauna (hábitat), así como sus valores, los cuales en la metodología EVIAVE oscilan entre 1 y 5.

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 37. Características y cuantificación consideradas para determinar los descriptores ambientales de la Fauna

CARACTERÍSTICAS	CUANTIFICACIÓN	
	CONDICIÓN	VALOR
Calidad del Hábitat de Fauna (F ₂)	Hábitat con transformación Baja: $IVR > 70$	1
	Hábitat con transformación Media-Baja: $50\% \leq IVR < 70$	2
	Hábitat con transformación Media: $20\% \leq IVR < 50$	3
	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq IVR < 20$	4
	Hábitat completamente transformado: $IVR < 10\%$	5

Fuente: Elaboración propia con información de: Márquez, 2005; Delgado et al., 2008, Toro, 2009

- Cambios en la valoración de los descriptores ambientales desde el concepto de vulnerabilidad.

Originalmente la EVIAVE asigna valores de 1 a 5 (menor a mayor) a un grupo de descriptores ambientales acorde al concepto de vulnerabilidad, para el resto de descriptores (Tabla 38) se asignan los valores teniendo en cuenta el estado o calidad de los mismos, pero con un criterio que no concuerda con este concepto, por ejemplo, el agua en muy buen estado tiene asignado el valor máximo, a pesar que es menos vulnerable a la contaminación porque su capacidad de respuesta ante un disturbio es mayor, mientras que el agua de calidad deficiente tiene el valor mínimo, no obstante ser más vulnerable porque es más susceptible a los cambios (Tabla 38, Fila 2). En este sentido es necesario unificar los criterios de valoración de la metodología, ajustados al concepto de vulnerabilidad y del riesgo.

En relación con la cuantificación de la vulnerabilidad, se han generado diferentes iniciativas con alcances locales y globales, dentro de estas, es significativa la propuesta The South pacific Applied Geoscience Commision (SOPAC) and The United Nations Environmental Programme (UNEP), al plantear el uso del Índice de Vulnerabilidad Ambiental (Environmental Vulnerability Index (EVI)) con el fin de identificar las debilidades del sistema natural y tomar las medidas necesarias para que estos sean más resistentes a los disturbios naturales o antropogénicos, el (EVI) utiliza un total de 47 indicadores que analizan las características meteorológicas, geológicas,

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

biológicas, antropogénicas e intrínsecas del área de estudio, pero está diseñado para su aplicación en sistemas insulares (Pratt et al., 2004; SOPAC-UNEP, 2005).

En el caso concreto de la EIA, Toro et al (2012) desarrollaron una metodología para la evaluación y medición de la vulnerabilidad, incluyendo los descriptores ambientales que posee la EVIAVE, en esta propuesta se asignan valores máximos de vulnerabilidad a los descriptores que sean más susceptibles a los disturbios y mínimos a los de menor predisposición al cambio, como resultado se presenta una correlación inversa entre el estado del elemento del medio y su vulnerabilidad ambiental, esta metodología ha sido validada por Oppio et al., (2015) para el análisis de la vulnerabilidad territorial en Italia.

Teniendo en cuenta esta argumentación, se propone modificar los valores de los descriptores ambientales A_3 , B_2 , C_1 y D_3 como se presenta en la Tabla 38, Columna 5.

Para la salud se asume que las poblaciones en general se ven afectadas a través de la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterránea, por el estado de la atmósfera, por la capacidad del sustrato edáfico; mientras que los trabajadores formales e informales que manipulan los residuos en el propio punto de vertido son expuestos directamente a las enfermedades o insalubridad. Esta doble interconexión permite considerar cuantitativamente el elemento del salud y sociedad como primario y por lo tanto darle máxima importancia; es por ello que el elemento que hace referencia a la salud posee la máxima cuantificación del valor Ambiental (5) y se mantiene constante para todos los vertederos que forman parte del diagnóstico ambiental, debido a que es una situación existentes en todos los lugares de vertido (Calvo et al., 2005; Garrido, 2008; Zamorano et al., 2006; Zamorano et al., 2009).

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

Tabla 38. Propuesta de modificación de los valores de los descriptores ambientales

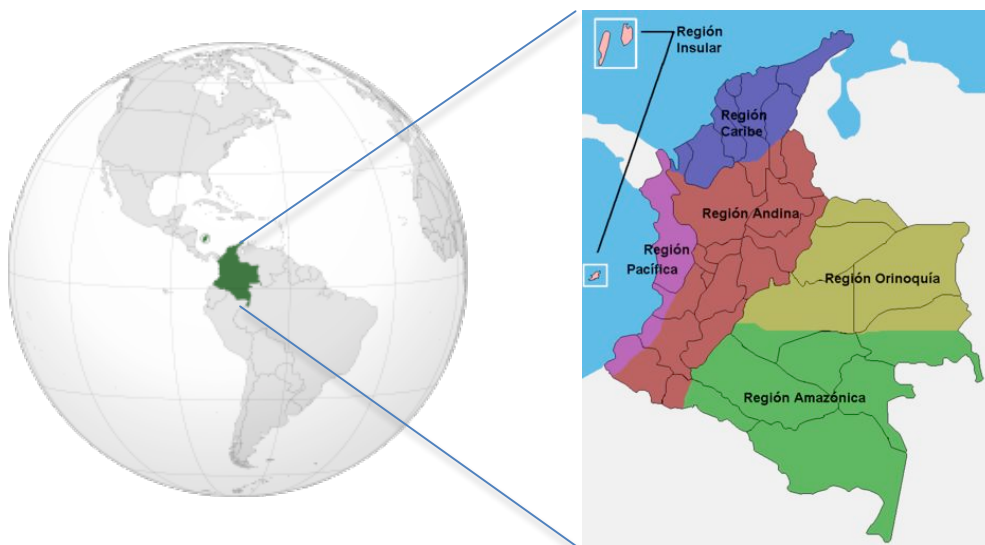
ELEMENTO DEL MEDIO	DESCRIPTOR AMBIENTAL	CONDICIÓN	VALOR	
			ORIGINAL	MODIFICADO
Aguas superficiales	Presencia de especies animales o vegetales asociadas: calidad de las aguas (A ₃)	Aguas Muy buen estado, con especies protegidas	5	1
		Muy buen estado, sin especies protegidas	4	2
		Buen estado	3	3
		Estado aceptable	2	4
		Calidad deficiente	1	5
Aguas Subterráneas	Calidad de las aguas subterráneas (B ₂)	Muy buen estado	5	1
		Buen estado	4	2
		Estado aceptable	3	3
		Deficientes o malas	2	4
		Muy deficientes	1	5
Atmósfera	Calidad del aire (C ₁)	Calidad del aire muy buena	5	1
		Buena	4	2
		Regular	3	3
		Mala	2	4
		Muy mala	1	5
Suelo	Cobertura Vegetal (D ₃)	> 75 %	5	1
		51-75 %	4	2
		26-50 %	3	3
		6-25 %	2	4
		< 5 %	1	5

4. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Con el objetivo de evaluar las modificaciones propuestas en el capítulo 4, se realizó una aplicación comparativa de la EVIAVE original versus la modificada en un grupo de los principales vertederos de Colombia, ubicados en regiones naturales que presentan condiciones físicas, bióticas, sociales y económicas diversas (Figura 21). La elección de estos puntos de vertido se llevó a cabo teniendo cuenta el tamaño de la población, los sistemas utilizados para la operación, el punto de ubicación y el grado de vulnerabilidad de la región.



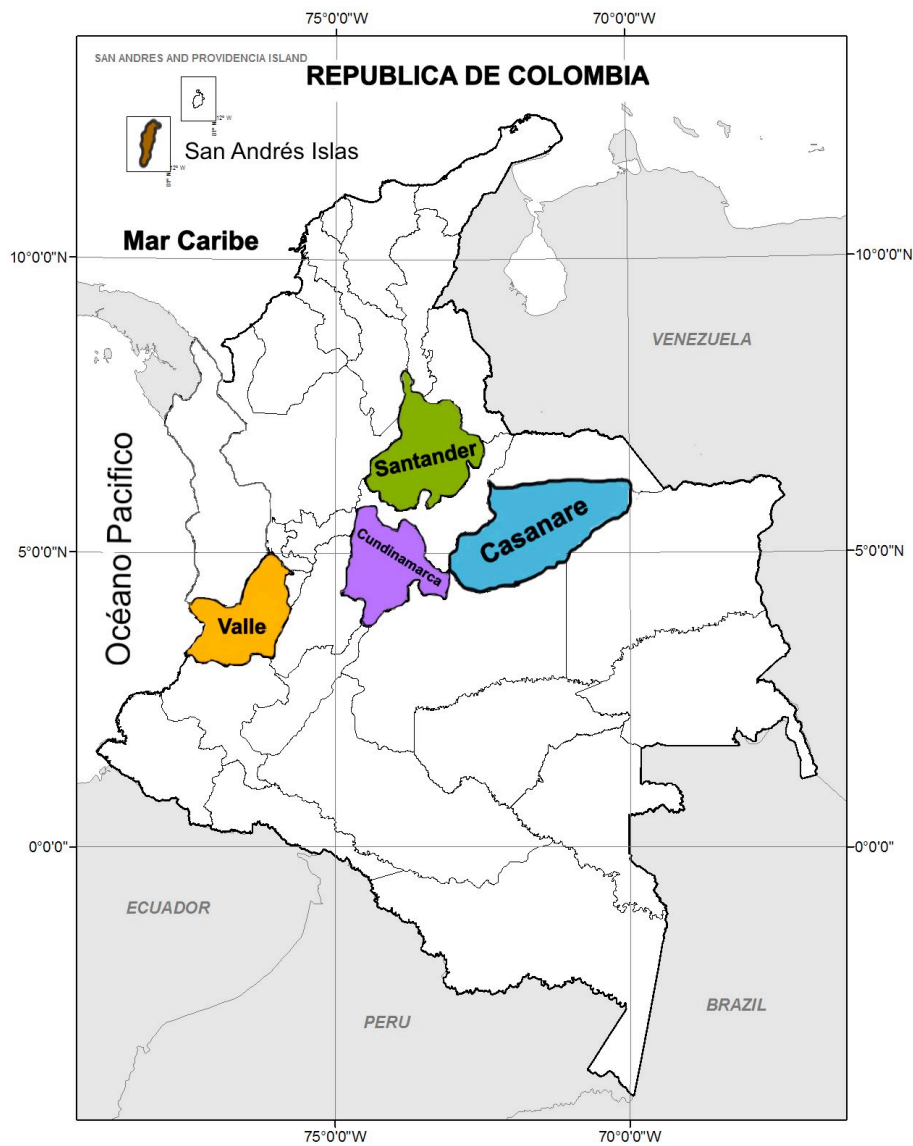
Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Colombia>

Figura 21. Ubicación geográfica de Colombia y sus regiones naturales

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Para la aplicación de la metodología EVIAVE modificada, se estudiaron 7 vertederos, 2 ubicados en el departamento del Valle del Cauca, región pacífico, 1 en la isla de San Andrés, región insular, 1 en el departamento de Santander, región andina, 2 en la capital del país, región andina y por ultimo 1 en el departamento de Casanare, región Orinoquia (Figura 22).



Fuente: Elaboración propia

Figura 22. Ubicación geográfica de los Vertederos estudiados

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

A continuación se describen las características más importantes de cada vertedero.

5.1.1 Vertederos Arroyohondo y Navarro

Como se enuncio anteriormente, 2 de los vertederos estudiados se encuentran en la región natural del Pacífico, esta región se encuentra ubicada al occidente de Colombia, lindante con el océano Pacífico (de donde toma su nombre). Hace parte del Chocó Biogeográfico¹³. Limitando al norte con Panamá, al sur con Ecuador, al oriente por la Cordillera Occidental de los Andes Colombianos y al occidente con el Océano Pacífico. Los vertederos ubicados en esta región son los denominados Arroyohondo y el Navarro ubicados en el Departamento del Valle del Cauca (Figura 23).

Las características de estos verteros se presentan a continuación:

– Vertedero Arroyohondo

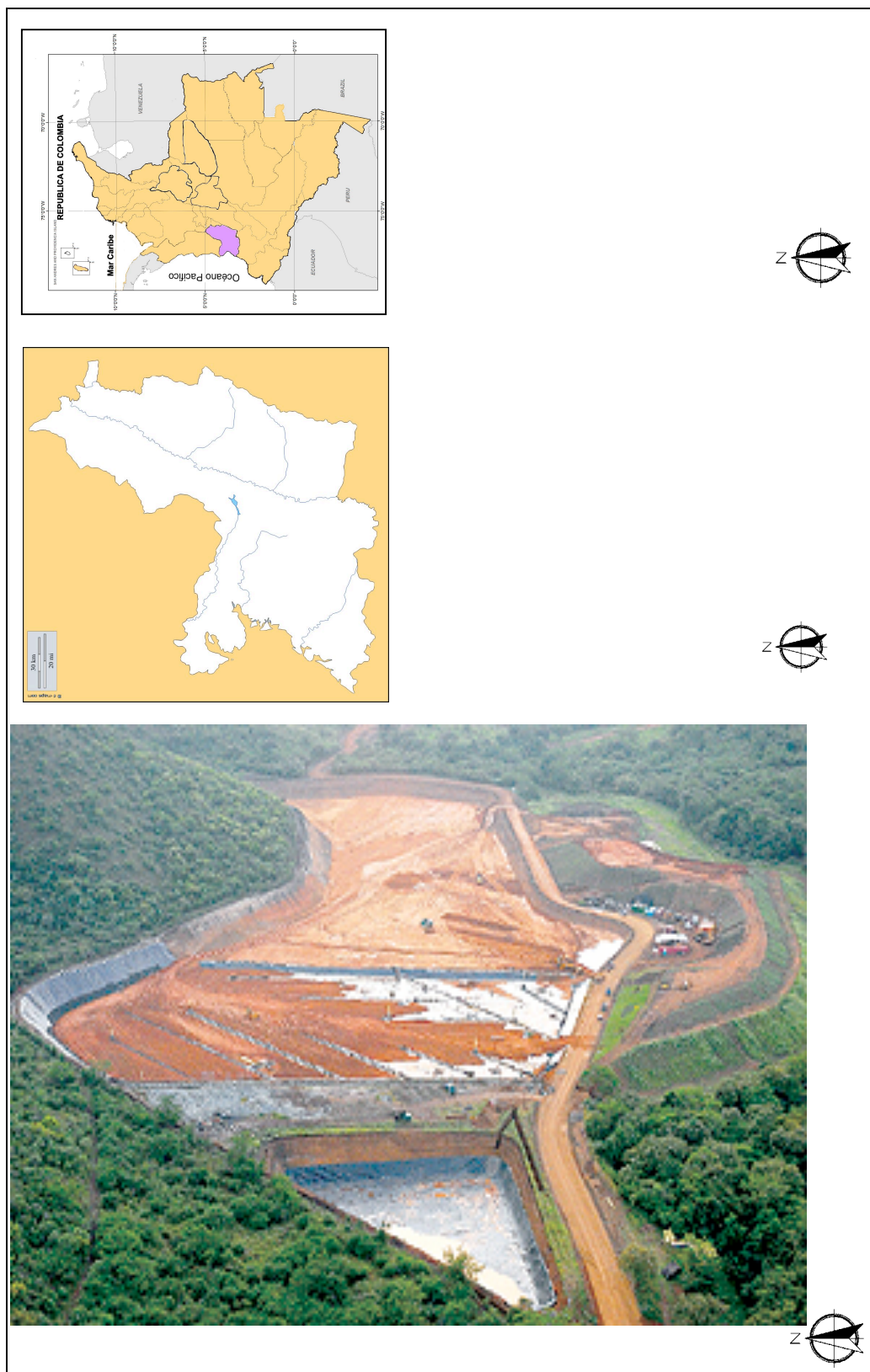
El vertedero Arroyohondo se encuentra ubicado en el Corregimiento¹⁴ de Arroyohondo, municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca. Con una población de 91.000 habitantes, cuenta con uno de los parques industriales más importantes de la nación y el primero de la región suroccidental, localizado en la parte sur del municipio en los límites con el municipio de Cali (www.tumbo.gov.co).

Respecto al vertedero, actualmente es uno de los mejores sitios de disposición final de residuos que posee el país, teniendo en cuenta que cumple con todos los controles de ubicación y explotación estipulados por la ley, se disponen en este vertedero los Residuos de 7 ciudades del Departamento del Valle del Cauca, cuya población asciende a 2.800.000 habitantes. Este sitio de disposición final se encuentra ubicado en la zona industrial más grande de la región. Tiene una extensión de 50 hectáreas y recibe en promedio 1.800 ton/día de residuos (Figura 23).

¹³ El Chocó biogeográfico es un área prioritaria de conservación. La alta pluviosidad, la condición tropical y su aislamiento han contribuido para hacer de esta región una de las más diversas del planeta: 9.000 especies de plantas vasculares, 200 de mamíferos, 600 de aves, 100 de reptiles 120 de anfibios. Hay un alto nivel de endemismo: aproximadamente el 25% de las especies de plantas y animales. (Ruiz S. Et al., 2007)

¹⁴ Corregimiento municipal: es una división del área rural del municipio, la cual incluye un núcleo de población, considerada en los Planes de Ordenamiento Territorial, P.O.T. El artículo 117 de la ley 136 de 1.994 faculta al concejo municipal para que mediante acuerdos establezca esta división, con el propósito de mejorar la prestación de los servicios y asegurar la participación de la ciudadanía en los asuntos públicos de carácter local (www.dane.gov.co).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Elpaís.com, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 23. Ubicación Vertedero Arrohocond

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Las características del área de ubicación del vertedero son las siguientes:

- **Geología Regional:** La geología regional en el área de influencia indirecta del proyecto está definida por las unidades litológicas que conforman el flanco oriental de la Cordillera Occidental en el Municipio de Yumbo, estas corresponden a las Rocas Cretácicas de la Formación Volcánica, las Sedimentarias Terciarias de la Formación Guachinte¹⁵ y por los diferentes Depósitos Cuaternarios, Aluviales, Conos Aluviales, Suelos Lateríticos y Flujo de Escombros.
- **Fallas:** El sistema de fallamiento N20°-30° es el rasgo tectónico principal del área de influencia del proyecto, representado por varias fallas, las cuales en su mayoría atraviesan toda la zona; la estructura de mayor relevancia asociada a este sistema es la falla Calí - Patía que se extiende casi paralelamente al río Cauca afectando las rocas de la Formación Volcánica y cubierta por los depósitos cuaternarios.
- **Geología Local:** Mediante el procedimiento de fotointerpretación se pudo determinar las características geológicas tanto litológicas como estructurales para el área de interés. Se determinó que la zona estaba dominada por una misma unidad geológica correspondiente a la Formación Volcánica, sin embargo, sus rasgos morfológicos permitieron definir dos unidades geomorfológicas que, aunque con una relación muy estrecha, presentan un relieve diferente, uno colindando hacia la parte baja de la cuenca de la quebrada La Sorpresa y otro netamente montañoso para la parte alta de la misma cuenca. En la parte baja de la cuenca se identificaron los depósitos de cono aluvial los cuales presentan una morfología ondulada de poca inclinación.

Parámetros Climatológicos:

- **Precipitación:** La precipitación es el componente más importante del clima en estas latitudes. La precipitación promedio anual es de 889.0 mm, que comparada con otros lugares de la región es ligeramente baja. Su distribución

¹⁵ secuencia de rocas sedimentarias de origen parálico, con importantes mantos de carbón, que afloran a lo largo del Río Guachinte, su localidad tipo, al sur del municipio de Jamundí.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

temporal anual está asociada con el movimiento elíptico de traslación de la tierra alrededor del sol y con los desplazamientos de la ZCIT (Zona de Confluencia Intertropical), presentando una distribución bimodal con dos estaciones lluviosas intercaladas con dos secas ó de verano (Tabla 39).

Tabla 39. Precipitaciones en la zona de estudio

Temporadas	Meses	Valores medios mensuales de Precipitaciones (mm)
Primeras Lluvias	Marzo	99.8
	Abril	124.9
	Mayo	96.2
Primer verano	Junio	52.1
	Julio	29.5
	Agosto	38.4
Mes de transición	Septiembre	73.9
Segundas lluvias	Octubre	108.5
	Noviembre	99.2
Segundo verano	Diciembre	62.6
	Enero	46.0
	Febrero	57.7

Fuente: CVC 2006

- **Evaporación:** Se refiere al agua transferida a la atmósfera a partir de las superficies libres de agua. Para el caso de la Estación Aeropuerto Alfonso Bonilla Aragón¹⁶, el promedio mensual multianual es de 141.4 mm. El período de mayor evaporación se inicia generalmente en marzo; luego, hay otra época que va desde julio hasta septiembre. El período de menor evaporación comprende los meses de abril hasta junio y el mes de noviembre. El mayor valor total promedio es de 164.8 mm anuales de evaporación, que se registra en el mes de agosto y el menor de 125.2 mm en el mes de noviembre. El promedio anual de evaporación es de 1697.4 milímetros.

¹⁶ Estación meteorológica de la zona donde se encuentra ubicado el proyecto.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

- **Temperatura:** La temperatura promedio es muy estable estacionalmente, con valores que oscilan entre 23.2°C y 24.1°C; las temperaturas extremas (máxima y mínimas) muestran poca dispersión, la máxima oscila entre 32.8 °C y 36.6 °C y las mínimas entre 13.4 °C y 16.0 °C.
- **Humedad Relativa:** El rango de variación de la humedad relativa media no es muy amplio; el promedio anual es del 73.5%, el máximo valor promedio es de 76 %, mientras que el mínimo de 70%. El comportamiento oscilatorio de la humedad relativa media, depende de la época del año, como de meses con lluvia, que son un poco más húmedos, con registros cercanos al 75%, mientras que los meses de verano presentan registros próximos al 72%. El máximo valor de humedad relativa registrado es de 82% mientras que el mínimo de 64%.
- **Radiación:** Los datos totales mensuales de radiación solar de la zona muestran que la estacionalidad de esta variable, en general, está relacionado con los ciclos de precipitación y temperatura, con valores bajos durante las temporadas de lluvias (abundante nubosidad) y valores altos durante las épocas de verano. Los valores máximos promedios mensuales de brillo solar se presentan en épocas de verano, en los meses de enero, julio y agosto, con 182.9, 185.1 y 183.5 horas respectivamente. Los valores mínimos se registran en las épocas de lluvia con 143.0 en abril, 143.9 en mayo y 151.7 en Noviembre.
- **Rosa de los Vientos:** En la información correspondiente a la caracterización de los vientos se puede apreciar que la dirección promedio del viento predominante Sur-Sudeste (SSE), con una frecuencia relativa de 28.8 %, seguida de la Nor-Noroeste (NNW) con el 13.5 %.
La dirección del viento está influenciada por las condiciones de circulación por el cañón del Río Yumbo por el cual, en las horas de la tarde, se presentan ráfagas procedentes del Pacífico. La velocidad del viento fluctúa entre 0.1 y 4.02 m/s, en la mañana se registran velocidades promedio de 0.31 a 1.0 m/s, en la tarde se incrementa la velocidad promedio hasta 1.98 m/s.

Parámetros Hídricos:

- **Aguas Superficiales. Hidrología Regional:** La red hidrográfica del municipio de Yumbo se encuentra integrada al Río Cauca. En general en el territorio se ha encontrado un alto potencial de recursos hídricos, resultado de las

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

características climáticas e hidrológicas del área. Entre sus principales afluentes se encuentran los ríos: Cali, Arroyohondo, Yumbo, San Marcos y las Quebradas Menga, Mulaló, Guabinas, Bermejál etc.

Es importante notar que estas áreas superan los límites municipales. El Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) de Yumbo divide hidrográficamente el territorio Municipal en 6 grupos claramente identificados por las divisorias de aguas que son:

- i. Río Arroyohondo
- ii. Quebrada Guabinas
- iii. Río Yumbo
- iv. Quebrada Bermejál
- v. Quebrada Mulaló
- vi. Quebrada San Marcos

Hidrográficamente, el área en la que se desarrollará el proyecto (Corregimiento Arroyohondo a 6 km de Yumbo) hace parte del sector Guabinas.

- **Descripción de la Cuenca:** La zona de estudio tiene una red con un patrón de tipo dedrítico configurado en su mayoría por drenajes naturales, que confluyen para formar la corriente principal que define la microcuenca y se denomina quebrada La Sorpresa. Las geformas del área de estudio se presentan en forma de cerros redondeados con pendientes suaves y un drenaje angular con corrientes de cauce profundo. Estos drenajes naturales no presentan flujos permanentes y los tributarios fluyen desde cualquier ángulo. En la parte baja del predio, donde se conforma un pequeño valle constituido por el cono aluvial de la quebrada, ésta presenta algunos represamientos mínimos dada su leve pendiente.

La unidad hidrológica de la quebrada La Sorpresa se extiende entre la cota 980 y 1.600 m.s.n.m y tiene una longitud de 3.8 Km. Presenta pocas corrientes secundarias como afluentes, la mayoría de ellas sobre la margen derecha de la quebrada. Sus aguas son entregadas al Río Cauca. Esta unidad hidrológica comprende un área superficial de 111.2 Ha, distribuidas así:

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

- i. Cuenca alta (curso superior) = 70.5 Ha
- ii. Cuenca media (curso medio) = 31.5 Ha
- iii. Cuenca baja (curso inferior) = 9.2 Ha
- iv. La corriente principal mide 2.06 Km categorizados así:
 - Curso superior = 560 ML.
 - Curso medio = 900 ML
 - Curso inferior = 600 ML

El área escogida para desarrollar el proyecto de relleno sanitario corresponde a la cuenca alta de la quebrada, cuyas aguas serán desviadas a través de canales perimetrales.

El área donde se encuentra ubicado el R.S.R Arroyohondo, es una zona hidrográfica pequeña con poca cubierta forestal, en condiciones de clima y suelos un tanto difícil (bajas precipitaciones, sobre uso del suelo y por tanto conflicto) que recibe anualmente menos de 1.000 milímetros/año y cuya escorrentía produce caudales de estiaje que se acercan a cero litros, es decir, tendencia de la corriente a pesar de flujo continuo a intermitente los caudales máximos. También a presentar picos rápidos con disminución del tiempo de concentración y por tanto alejándose de la distribución normal.

Aguas Subterráneas:

- **Tipos de acuíferos:** El componente de aguas subterráneas en regional es de suma importancia por cuanto hoy en día, tanto industrias como explotaciones agrícolas de tamaño importante como son las de Caña de Azúcar se proveen de líquido a través de pozos de extracción. Para el municipio de Yumbo, los acuíferos se encuentran en el borde de la cordillera Occidental, distribuidos longitudinalmente de sur a norte siguiendo el curso del río Cauca, a la izquierda de su margen y son de dos tipos: semiconfinados y confinados. Los primeros corresponden a transividades del orden de los 300 a 1000 m² día. Los caudales específicos de explotación varían entre 3 a 8 l/min. Los segundo, por su parte, tienen transividades en los 300 a 600 m² día, y los caudales se encuentran de 3-6 lps/m. En el área donde se ha diseñado el R.S.R. Arroyohondo no hay presencia identificada de acuífero.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Se reportan los siguientes niveles para acuíferos presentes en el departamento:

Niveles entre 0 - 2 m.: Que se distribuyen en general sobre el borde del Río Cauca paralelamente a éste.

Niveles entre 2 y 5 m.: Corresponde a franjas en tendencia sur norte. Específicamente en Arroyohondo parte baja, zona industrial, este del casco urbano, hasta el paso la torre, el promedio se estima en 3.5 m para estos sectores.

Niveles entre 5 y 10 m. Estos niveles se hallan en las partes más altas del valle especialmente en Yumbo, el promedio está en 8 m de profundidad. El área del proyecto R.S.R. Arroyohondo se encuentra en esta última categoría.

Parámetros Bióticos:

- **Fauna:** La fauna del área del proyecto no había sido estudiada con detenimiento, la intervención antrópica, en menor medida, y un voraz incendio forestal en el año 1997 ocasionaron la pérdida de la cobertura vegetal y de la fauna (especialmente de animales rastreros); el área de estudio se convirtió en un terreno sin cobertura vegetal de talla importante, donde posteriormente se revegetalizó principalmente con pastos, favoreciendo la ganadería extensiva. En las zonas más altas, fuera del área del proyecto, existen relictos boscosos donde se han observado algunas especies faunísticas que poblaron la región en el pasado. Sobreviven allí porque existen unas condiciones más benignas en cuanto a la oferta alimentaria y porque se encuentran alejados de grupos humanos. Se han reportado en zonas altas, especímenes de ardillas, lobos, conejos, perezosos, armadillos, torcazas moradas, paletones y pavas. A continuación se presenta el inventario de especies encontradas en la zona de estudio (Tabla 40).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Tabla 40. Inventario de Fauna en la zona de estudio

INVENTARIO	DESCRIPCIÓN
Avifauna	Se registró un total de 31 especies, 27 identificadas y 4 sin identificar, agrupadas en 17 familias.
Mamíferos	Una de las características más notorias en el área de estudio fue la inactividad de este grupo. Se alcanzaron a observar dos especies: Chucha (<i>Didelphis marsupialis</i>) y Perro de monte (<i>Potos flavus</i>), identificándose un individuo de cada especie.
Herpetos (Reptiles y Anfibios)	Se notó una ausencia total de anfibios y sólo se pudieron identificar dos especies de reptiles con un único individuo de cada una: Culebra granadilla (<i>Spilotes pullates</i>) y Geko (<i>Gonatodes albogularias</i>).
Peces	Se identificaron dos especies: Sardina (<i>Argopleura magdalenensis</i>) y Guppie (<i>Poecilia (Lebistes) reticulata</i>).
Invertebrados	Algunos individuos reconocidos en el área: Mariposas, de las cuales se identificaron las familias <i>Morphidae</i> , <i>Hesperidae</i> , <i>Helionidae</i> , <i>Pieridae</i> y <i>Rionidae</i> ; arañas, con tres especies no identificadas; hormigas, destacándose la arriera (<i>atta spp</i>), (<i>acromyrmex spp</i>), loca (<i>Paratrechina fulva</i>) y roja (<i>Wasmannia auropunctata</i>); cigarras, libélulas, zancudos, moscas, mariquitas, termitas, avispas, caballito de palo, luciérnagas, entre otros.

Fuente: CVC 2006

- **Flora:** Además de los factores intrínsecos que influyen en la vegetación natural de una zona específica, como altitud, localización geográfica, clima y suelo, en particular esta área de estudio ha sido influenciada por incendios forestales y la intervención antrópica, especialmente con actividades de minería a cielo abierto y labores de ganadería extensiva, ocasionando en la actualidad un proceso acelerado de erosión.
- En el área de estudio, parte baja de la cordillera, no existe bosque y la vegetación baja es muy rala, existe un proceso de erosión intenso. En la parte alta de la cuenca hidrográfica existe vegetación arbórea, conformando pequeños relictos boscosos en proceso de degradación por la acción antrópica. La vegetación característica del área de estudio es de tipo xerofítico, cuyas características principales son el poco consumo de agua, población bastante abierta constituida por numerosos arbustos de hojas pequeñas y duras, en muchos casos son caducifolias, que presentan frecuentemente espinas.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

En el área del proyecto se pueden clasificar las siguientes asociaciones vegetales:

- Rastrojo Alto: Sucesión vegetal que bordea la Quebrada La Sorpresa, cubierto principalmente por vegetación arbustiva y en donde sobresalen algunos árboles.
- Rastrojo bajo: Sucesión vegetal que bordea el rastrojo alto y los drenajes naturales afluentes de la quebrada, con predominio de vegetación arbustiva de manera más homogénea.
- Pastizal arbustivo: Sucesión vegetal que cubre la mayor parte del área, tanto en el vallecito como en las laderas de borde, con predominio de gramíneas en donde aparecen de manera aisladas uno que otro arbolito o conjunto de arbustos. Estas zonas presentan procesos de degradación con grandes áreas erosionadas.

Factores Socio-políticos:

- **Reconocimiento general:** El Municipio de Yumbo tiene una zona urbana conformada por 4 comunas, 23 barrios, 355 manzanas y 14.389 viviendas. La zona rural está integrada por 10 corregimientos, 15 veredas y 3.412 predios rurales. Tiene una población de 81.336 habitantes, de los cuales el 88.66% residen en el área urbana y el 11.33% restante en la zona rural.
- **Calidad de vida, hogares y viviendas:** En cuanto a condiciones y calidad de vida, la alcaldía de Yumbo sostiene que son precarias en la mayoría de la población debido a los bajos niveles de ingreso de las familias que, en gran parte, son producto de las continuas migraciones de diferentes zonas del territorio nacional; en cifras se expone que un 86.3% de la población mantiene sus necesidades básicas insatisfechas –NBI– y que los niveles estándares de líneas de pobreza superan el 70% y el de indigencia un 35%.
Toma fuerza así la afirmación del PBOT, que el modelo de uso y ocupación del suelo es “no redistributivo, altamente concentrador de la riqueza y de la propiedad, en detrimento de una población marginal...”. Sólo así se explican los elevados niveles de NBI y de las líneas de pobreza e indigencia, en el marco de un municipio ampliamente industrializado y productor de riquezas.
- **Economía:** Yumbo es reconocido como “la capital industrial de Colombia”, dado el amplio número y la importancia de las industrias allí asentadas,

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

(actualmente se cuentan 523 aproximadamente); aunque la industria constituye la fuente más importante de los ingresos municipales¹⁷, también existe el comercio, la minería, la agricultura, la ganadería y el turismo (Tabla 41).

Tabla 41. Sectores productivos en la zona de estudio

Sector	Descripción
Minería	Aproximadamente el 70% del suelo territorial municipal presenta vocación minera; la extracción se hace principalmente de materiales como el pétreos, la caliza y el carbón, siendo la caliza la de mayor extracción.
Turismo	Se le encuentra en imponentes escenarios naturales, paisajes montañosos y atractivos brindados por los corregimientos de Arroyohondo, La Olga, Dapa y Mulaló; precisamente entre los atractivos resaltados al turista se tienen: La Reserva hidrográfica Yumbo.
Agricultura	Sus tierras cultivables son propicias para el plátano, yuca, caña de azúcar, maíz, cebolla, arroz, árboles frutales y legumbres; sin embargo, lo que se observa es su destinación para el monocultivo tecnificado de la caña de azúcar.

Fuente: CVC 2006

- **Salud:** El municipio cuenta con un hospital y con un sistema de salud pública que comprende 13 puestos de salud localizados en la zona urbana y 16 puestos en el área rural.
- **Educación:** Del sector oficial se cuenta, en la actualidad, con 13 instituciones educativas y 41 sedes educativas distribuidas en el área rural y urbana; cinco instituciones educativas y 18 sedes educativas se localizan en el área rural mientras que, en el área urbana, se tienen 8 instituciones educativas y 23 sedes educativas.

¹⁷ De acuerdo al PBOT el 63% de los ingresos totales del municipio provienen de ese sector

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

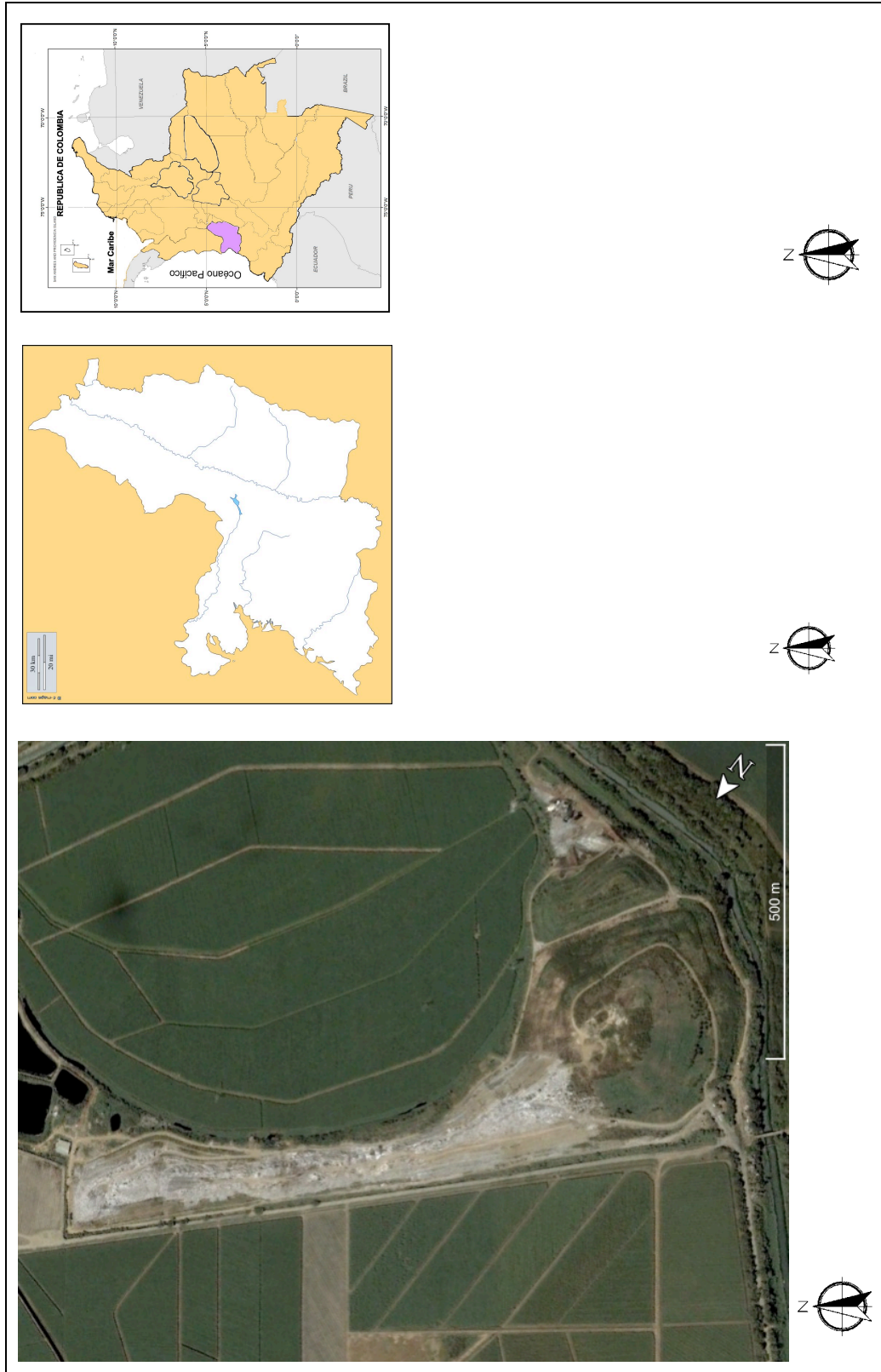
- Vertedero Navarro¹⁸

En el año 1968 la empresa encargada de la recolección de residuos sólidos del departamento del Valle del Cauca, empezó a depositar estos desechos en una zona de 42 Ha ubicado en el corregimiento de Navarro, a 3.5 kilómetros del municipio de Cali, a 960 metros sobre el nivel del mar. En este botadero se ingresaba un promedio de 1.600 toneladas diarias de residuos sólidos producidos en los municipios de Cali, Yumbo, Jamundí y Candelaria; y en su ubicación y diseño no se consideró la protección de las aguas subterráneas del acuífero que ahí se encuentra y la cercanía al río Cauca. (Figura 24)

Desde 1968 hasta septiembre del 2001, los residuos procedentes de las ciudades de Cali, Yumbo, Jamundí y Candelaria, fueron dispuestos en el botadero antiguo ocasionando todo tipo de problemas ambientales como lixiviados incontrolados, presencia de animales y de personas en el sitio, etc. (Figuras 25, 26), posteriormente la disposición se realizó en los Vasos Transitorios, los cuales fueron acondicionados con todas las especificaciones técnicas y sanitarias estipuladas en el Plan de Manejo Ambiental, impuesto por la Corporación Autónoma Regional del Valles del Cauca – C.V.C.

¹⁸ La información que se recoge en este caso fue dada por la Corporación autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Figura 24. Ubicación Vertedero Navarro



Fuente: CVC, Informe técnico, 2005

Figura 25. Generación de lixiviados sin control o manejo en el vertedero Navarro



Fuente: (CVC. Informe Técnico 2006)

Figura 26. Presencia de personas y animales en el sitio de disposición final

En el año 2001, posterior al deslizamiento sufrido en este sitio se realizaron las obras correspondientes al sistema de evacuación de gases consistente en instalación de siete baterías de chimeneas conformadas por 3, 4 y 5 ductos de diámetro de 80 cm, con profundidades que oscilan entre 15 y 47 m (Figura 27).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente:(CVC. Informe Técnico 2006)

Figura 27. Instalación de baterías y chimeneas múltiples en las instaladas en el botadero antiguo

Parámetros Geológicos:

- El botadero de Navarro se encuentra en la zona plana de la región del Valle del Cauca. Los depósitos son principalmente sedimentarios de edad cuaternaria. Los suelos predominantes en la zona son de origen sedimentario, correspondientes a los conos aluviales que se fueron acumulando en la cuenca del Cauca. Además cuentan con un gran aporte de volúmenes de materiales elásticos depositados en forma de abanicos al pie de las cordilleras y en las áreas de deyección de los ríos. La estratigrafía del subsuelo inmediata del botadero está compuesta principalmente de sedimentos tales como gravas y arenas. Superficialmente se detectan suelos limo-arcillosos, arena limo-arcillosa y grava de granulometría media a muy gruesa apoyada sobre un estrato rocoso de roca meteorizada.
- **Fallas:** El rasgo tectónico más importante en la localidad lo constituye el sistema de fallas del Cauca de dirección general norte 20, 30° al oeste, una de cuyas trazas (falla de Cali) corre paralela al pie de monte Oriental de la Cordillera Occidental.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

- **Suelos:** Los suelos comprendidos en esta unidad se localizan en la planicie aluvial del río Cauca, en el área del bacín, a lo largo de dicho río. El clima corresponde al piso térmico moderado, con altitudes de 900 a 1000 metros.

Son suelos desarrollados a partir de materiales aluviales finos, en relieve plano-cóncavo, con pendientes no mayores de 3%, sin evidencias de erosión, de drenaje natural muy pobre. La vegetación natural ha sido destruida. En la actualidad estos suelos se utilizan para agricultura y ganadería; los cultivos más importantes son: caña de azúcar, sorgo y soya.

Las características de la zona de influencia del botadero se resumen a continuación:

Su ubicación en el valle geográfico la determina una topografía plana con pendientes entre el 2 y 3 % y una cota por debajo del río Cauca. La geología corresponde a sedimentos aluviales finos y muy finos. Los suelos son de óptima calidad agrológica por lo cual puede ser usado para la explotación agrícola y pecuaria. Los niveles freáticos del agua son muy altos por lo cual se pueden encontrar aguas subterráneas a 1,20 y 1,50 metros de profundidad.

Parámetros climatológicos:

- **Precipitación:** La precipitación media registrada equivale a 1431 mm. El valor máximo anual registrado fue de 2027 mm., mientras que el mínimo anual registrado fue de 850 mm.
- **Radiación:** El valor medio anual es de 1844,4 horas de sol. El mes más soleado es el de julio con 183,5 horas y el menos soleado es el de abril con 132,2 horas.
- **Temperatura:** La temperatura media multianual registrada fue de 25,2 °C. La temperatura máxima mensual multianual se presentó en el mes de julio con 35 °C y la mínima absoluta en diciembre con 13,8 °C.
- **Humedad relativa:** La humedad relativa media multianual registrada fue del 71% con variaciones mensuales multianuales entre el 59% y el 88%.
- **Dirección y velocidad del viento:** Se presenta la velocidad media mensual multianual máxima con 0,9 m/s y la media mensual multianual mínima con 0,5 m/s en los meses de enero, mayo, junio, julio, noviembre y diciembre.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Parámetros Hídricos:

- **Aguas superficiales:** Los cuerpos más cercanos al sitio donde se ubica el botadero de Navarro pertenecen al sistema hidrológico del río Cauca, ubicado aproximadamente a 2.5 Km. de la zona del botadero. El río Cauca, a la altura de la estación de Juanchito¹⁹, posee un caudal promedio de 182 m³/s. El botadero se sitúa sobre una llanura aluvial de un sistema hídrico de amplias dimensiones como es el río Cauca, un cauce abandonado o madre vieja, el canal sur agua blanca construido por CVC para canalizar las aguas lluvias y las corrientes de las acequias de los ríos Pance, Meléndez y Lili. La madre vieja presenta un amplio recorrido desde aguas arriba del botadero y lo atraviesa por el extremo sur oriente.
- El río Cauca como el canal presenta concentraciones de algunos metales, como cobre cadmio, plomo y mercurio.
- **Aguas subterráneas:** La mayor parte del potencial acuífero de la región la constituye una gran depresión aluvial de 2400 Km² formada por el río Cauca y sus afluentes. Los estudios hidrogeográficos muestran que la capa acuífera está compuesta por tres unidades. Las aguas subterráneas del lugar se han reconocido como de muy buena calidad, excepto por el contenido de hierro y manganeso. El nivel freático general del sistema hidrogeológico del Cauca se presenta alto y puede manifestarse en la superficie, según la época del año. Los niveles freáticos se encuentran situados a profundidades entre 1 y 4 metros. Las características del subsuelo ponen en evidencia la gran permeabilidad de los suelos del sector de Navarro. La infiltración es probable y podría mezclarse con el acuífero libre superficial. El flujo de aguas subterráneas circula regionalmente en sentido Oeste-Este, como consecuencia de la descarga subterránea a lo largo del piedemonte de la cordillera Occidental. A medida que se acerca al río Cauca, el flujo se inclina hacia el norte debido a la pendiente natural de éste.

¹⁹ Estación meteorológica automática de la zona de estudio, perteneciente al instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Factores Socio-políticos:

- **Reconocimiento general:** Identificación de factores de riesgo y su impacto a la salud de las personas que manipulan los desechos:

Se ha podido comprobar que las principales causas de morbilidad en la población son las enfermedades diarreicas agudas, las infecciones respiratorias agudas y las enfermedades de la piel, todas éstas asociadas a la falta de higiene.

Otra de las causas de morbilidad que también se puede considerar es la punción a la que comúnmente se ven expuestos los recuperadores en el desarrollo de su trabajo. De acuerdo con el reporte obtenido en el puesto de salud, semanalmente llegan entre 3 y 4 personas con punzadas. Estas punzadas en ocasiones comprometen ligamentos causando lesiones permanentes.

Las enfermedades de transmisión sexual también son frecuentes, especialmente en los hombres. Enfermedades como la sífilis y la gonorrea son comúnmente tratadas. Los embarazos se presentan desde los 11 años en adelante. Otro factor de riesgo para la salud entre la población de recuperadores de Navarro es el consumo de drogas, que se inicia de las edades tempranas, 12 y 13 años. Las drogas más comunes son la marihuana y el bazuco, debido a su bajo precio.

Además de la pobreza, algunos de los factores que inciden en este fenómeno son la violencia intra-familiar, la falta de oportunidades, la falta de actividades lúdicas, y el frecuente consumo de los padres que es diariamente observado por los niños..²⁰

5.1.2 Vertederos El Carrasco, Doña Juana, Nuevo Mondoñedo

Vertedero Carrasco²¹

El vertedero el Carrasco se ubica en el departamento de Santander, en la región Andina, esta región es la zona más poblada del país y la zona económicamente

²⁰ CVC. Contraloría Municipal de Cali. Informe del estudio técnico del vertedero El Navarro. 2002.

²¹ Gran parte de la información que se recoge a continuación fue adquirida por medio de la corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga.(CDMB)

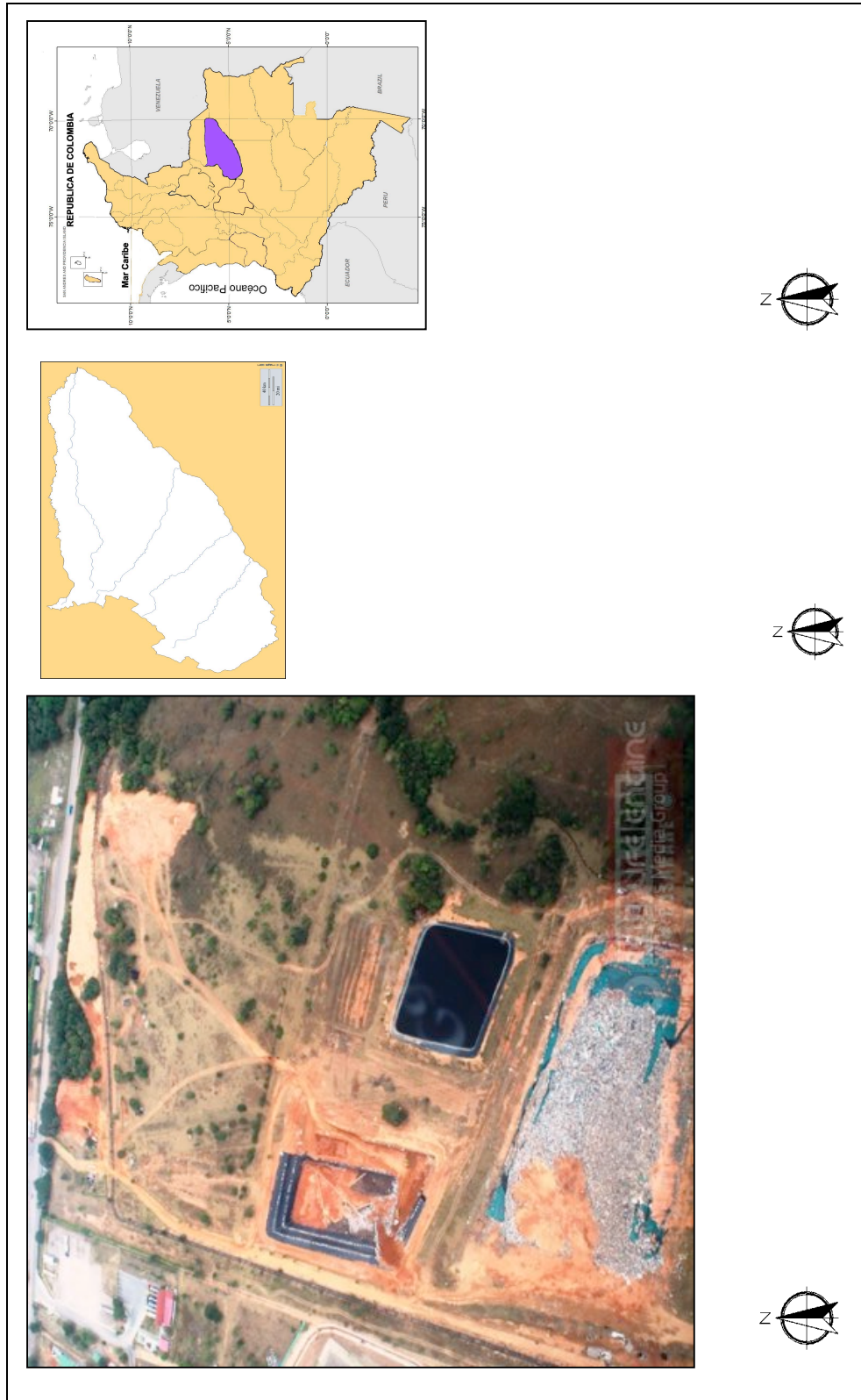
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

más activa de toda la cordillera de los Andes, con alrededor de 34 millones de habitantes. Se orienta del suroccidente al nororiente, entre Ecuador y Venezuela (Figura 28). Dentro del territorio de Colombia se divide en tres cordilleras, Occidental, Central y Oriental, que dan lugar a numerosos valles, cañones, mesetas y un sistema fluvial cuyos principales ríos son el Cauca y el Magdalena (PNNC, 2006).

Carrasco, está ubicado en la parte suroccidental de la ciudad de Bucaramanga, en una depresión o cañada natural dentro de los depósitos aluviales de la terraza de Bucaramanga. Empezó a ser utilizado en 1978, después de la realización de algunos acondicionamientos necesarios. Por mucho tiempo se operó este lugar sin ninguna restricción sobre disposición, generación de vertimientos y emisiones que se producen constantemente²².

²² Plan de ordenamiento territorial para San Juna de Girón. 2000-2009. Síntesis del Diagnóstico. Centro de estudios regionales. Universidad Industrial de Santander. Disponible en: www.cdmb.gov.co/mapas/giron/dctos/FSINTESIS%20GIRON.doc

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 28. Ubicación Vertedero El Carrasco

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

En el Departamento de Santander se producen en promedio 747.4 Ton/día de residuos sólidos, incluyendo Bucaramanga, la ciudad capital, que representa el 40.12% de la producción total (300 ton/día), con una población de 1.410.399 habitantes y cuyos residuos son dispuestos en el vertedero Carrasco.

Con respecto a los sistemas de disposición final utilizados en Santander por parte de sus municipios, se observó que antes de octubre de 2005, 26 municipios disponían el 83.65% de la producción en 6 rellenos sanitarios; 47 municipios disponían el 13.36% de la generación del departamento en 37 botaderos a cielo abierto y 14 municipios realizaban enterramiento, incineración o quemas abiertas del 2.95% de la producción total. Es importante resaltar que Santander es el Departamento donde se utilizan más sistemas de incineración y quemas abiertas²³.

Los residuos sólidos dispuestos en el Carrasco, proceden del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), junto con los de 6 municipios más, representado e un promedio de 560 ton/día²⁴. Esta compuesto por 3 cárcavas: (la denominación cárcavas en torno al sitio de disposición final data de la formulación del Plan de Manejo Ambiental que se presentó a consideración de la CDMB entre 1.997 y 1.998 el cual fue aprobado según resolución 0753 del 13 de Agosto de 1.998)²⁵.

Cárcava I: Esta compuesta por la zona uno, clausurada y la zona dos que es el sitio donde se dispone y opera actualmente, cuenta con un área aproximada de siete hectáreas, y con un volumen de disponibilidad de 667 mil metros para disponer residuos en forma escalonada, es decir conformando una serie de terrazas de residuos y de material de cobertura de una altura promedio de 5 metros y separadas por bermas. Esta cárcava se halla ubicada en su totalidad en jurisdicción de Bucaramanga.

Cárcava II: Esta cárcava fue el sito donde se dispusieron los residuos a cielo abierto desde el año de 1.977 hasta 1.985, denominado en ese entonces como “el botadero malpaso”. En dicha zona se dispuso más de 500 mil toneladas de desechos provenientes de Bucaramanga y su área metropolitana. Se halla ubicada en jurisdicción de Bucaramanga y Girón.

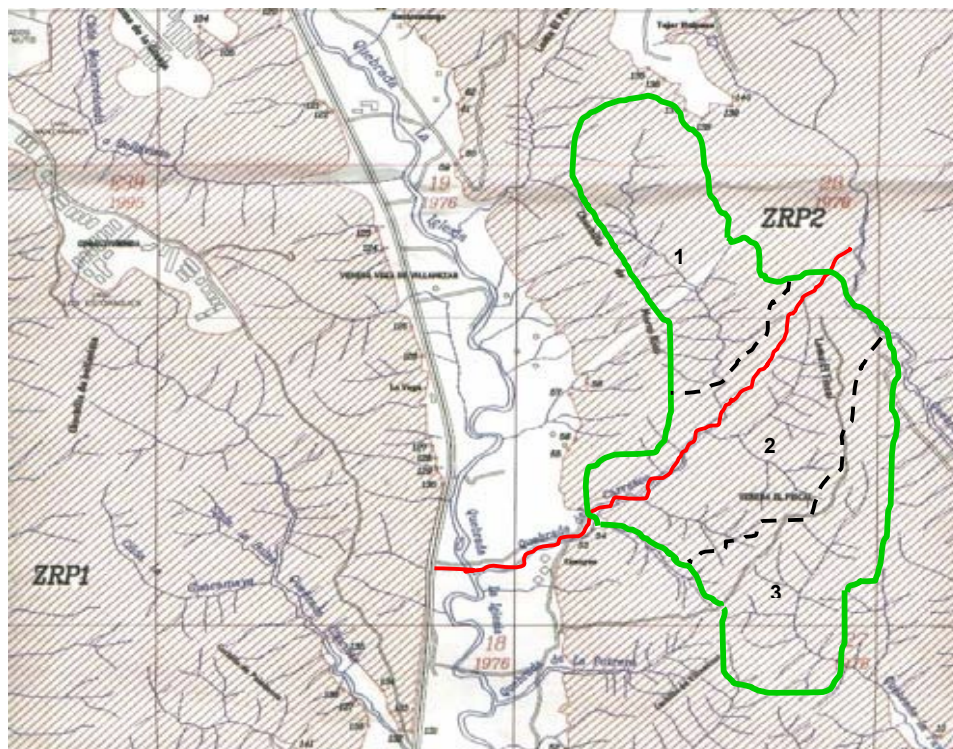
²³ Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Informe del Estado de los Servicios a nivel Nacional. versión junio 9 de 2006.

²⁴ Diagnostico y evaluación técnica y ambiental del relleno sanitario el Carrasco. FONADE.

²⁵ Empresa de aseo de Bucaramanga (EMAB). Disponible en: www.emabesp.com/so3.htm

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Cárcava III: Se encuentra localizada al sur-occidente del predio, con un área aproximada de 12 hectáreas que se extienden en sentido oriente – occidente entre las coordenadas 1'102.400 E - 1'103.000 E y 1'274.000 N – 1'274.400 N, con una altura que va desde los 770 msnm y 830 msnm con una diferencia de nivel entre el fondo de la disposición y la cota máxima de 60 m. Esta cárcava se encuentra en la margen derecha de la vía que conduce a la zona de disposición actual o Cárcava I a una distancia de 350 m. En la actualidad no se ha realizado ningún tipo de intervención encontrándose cubierta por vegetación natural. Esta cárcava se halla ubicada en su totalidad en jurisdicción de Girón. En la figura 29 se pueden observar la ubicación de estas cárcavas.



— Límite municipal Bucaramanga-Girón
— Área del relleno sanitario El Carrasco

1. Cárcava I
2. Cárcava II
3. Cárcava III

Fuente: Elaboración propia con información de: www.emabesp.com/Descargas/Disposicionfinal.pdf

Figura 29. Ubicación de cárcavas que conforman el relleno sanitario

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Parámetros geológicos:

En el área de estudio afloran depósitos Cuaternarios de los diferentes mantos del abanico aluvial de Bucaramanga.

- **Formación Meseta de Bucaramanga:** Definida como una serie de depósitos de tipo continental caracterizados por sedimentos gruesos depositados por una corriente superficial que proviene de un valle angosto (valle del Río Suratá), para finalmente depositarse sobre un valle más amplio en la dovela entre las Fallas de Bucaramanga y del Suárez.

Dentro de su morfología se puede asemejar a un segmento de cono, convexo hacia arriba en sección transversal y cóncavo en su perfil radial, forma en la cual se pueden diferenciar tres partes principales: proximal, media y distal donde se puede apreciar una disminución en la pendiente y en el tamaño del material en el orden mencionado anteriormente.

- **Geotecnia:** Los principales problemas geotécnicos detectados son los siguientes:
- Erosión superficial debida al alto potencial de erosionabilidad del manto órganos del abanico de Bucaramanga. Presencia de humedades en los taludes debidas a frentes húmedos propiciados por la filtración del agua.

Parámetros climatológicos:

- **Precipitación:** Se presentan una media multianual de 958 mm con valores máximos promedios multimensuales de 246.7mm y valores mínimos promedios multimensuales de 0.4mm, La distribución mensual de la precipitación muestra periodos de mayores lluvias en Marzo – Abril – Mayo y Octubre – Noviembre; periodos secos en Enero – Febrero y Diciembre.
- **Temperatura:** La temperatura media mensual para las tres últimas décadas es 25.06 °C.
- **Humedad Relativa:** Presenta una humedad relativa media multianual del 79% con valores mínimos promedios multimensuales del 66% y valores máximos promedios multimensuales del 94%.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

- **Radiación:** El área se caracteriza por presentar valores totales multimensuales de brillo solar que van desde 91.70 horas en Junio hasta 190.80 en Enero.
- **Evapotranspiración:** Se calcularon valores mensuales de evapotranspiración de 73.90 mm para el mes de enero y un valor máximo mensual de 103.97 mm para el mes de marzo.
- **Velocidad y dirección del viento:** La velocidad del viento en el área de la Meseta de Bucaramanga presenta generalmente valores por debajo de 1.3 m/s, antes de las 7:00 a.m. y alcanza sus valores máximos a la 1:00 p.m. con valor de 3.6 m/s.

La velocidad media mensual mínima del viento es de 1.9 m/s, que ocurre en los meses de marzo, junio, noviembre y diciembre y la velocidad media mensual máxima se presenta en los meses de abril y septiembre con valores de 2.1m/s. De otra parte, la frecuencia de velocidad del viento es mayor en el rango de 0.3 a 1.5 m/s y menor en el rango de 5.5 a 7.4 m/s. La Rosa de Vientos, presenta dominancia de vientos del Norte, Sur y Noreste con valores respectivamente de 44.4%, 16.8% y 10.6%.

Parámetros hídricos:

- **Hidrología superficial:** Se observan humedades en la parte alta del sector oriental del lote, arriba del relleno, siendo detectada principalmente en los taludes, las cuales tienen aparentemente poco efecto sobre la estabilidad del sector. Existe una corriente de agua de infiltración dentro del manto aluvial del pie de las cañadas. Según los apiques realizados en la zona no se determinaron la presencia de acuíferos importantes que pudieran ser afectados por los lixiviados. Solamente se limita a la presencia de corrientes superficiales (escorrentía) que se presentan en épocas de lluvia.

- Vertedero Doña Juana²⁶

El Relleno Sanitario Doña Juana – RSDJ ubicado entre los barrios Mochuelo Alto, Mochuelo Bajo y la Avenida Boyacá en la localidad de Ciudad Bolívar, es de propiedad de la ciudad de Bogotá, Distrito Capital, cuenta con un área total de 626 ha, las cuales

²⁶ La caracterización de este vertedero se realizó con información de (Pinzón et al, 2011) y (Arriero 2008)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

se distribuyen once celdas para disposición de Residuos Sólidos. El RSDJ ha tenido las siguientes zonas de funcionamiento desde el inicio de sus operaciones en 1988²⁷:

Zona I Área I. - Recibió residuos desde noviembre de 1988 hasta septiembre de 1993. Actualmente está clausurada y tiene prado sembrado.

Zona I Área II. - Estuvo activa entre septiembre de 1993 y febrero de 1995 y funcionó según el diseño original. Tal diseño no incluyó tratamiento de lixiviados ni manejo de residuos peligrosos. En cuanto al manejo de gases, se construyeron chimeneas en piedra en todos los niveles de basura. En la actualidad está clausurada y tiene prado sembrado.

Zona Mansión. - Operó entre febrero y octubre de 1995 y contó con un sistema de extracción forzada de gases. Actualmente está clausurada y tiene prado sembrado.

Zona II. - Recibió residuos desde octubre de 1995 hasta el 27 de septiembre de 1997, día en que colapsaron aproximadamente un millón de toneladas de residuos de los tres millones que se habían dispuesto. A esta zona se le había calculado una vida útil entre 4 y 5 años, aproximadamente; no obstante, estuvo en operación 1,5 años. El manejo de los lixiviados se realizaba por recirculación dentro de la masa de basura; por lo cual, el sistema dependía del buen funcionamiento del sistema de drenaje que mantenía el equilibrio entre la cantidad de líquido que entraba y que salía. El sistema falló produciendo un aumento de la presión de líquidos y gases en los poros de la masa de basura, lo cual ocasionó cambios en las características del material y dada la configuración geométrica del diseño, el material se tornó inestable y se produjo el derrumbe de la celda, represando el río Tunjuelito. El plan de acción de la emergencia consistió en: el monitoreo sobre la estabilidad de la zona rellena y de la zona deslizada; monitoreo de aguas superficiales (lixiviados y río Tunjuelito); monitoreo de gases que producen olores (H₂S y NH₃); monitoreo de gas metano; monitoreo de elementos radioactivos; atención de consultas a la comunidad y atención del orden público. La firma SCS Engineers diseñó y puso en funcionamiento una nueva zona - Zona IV. El diseño incluyó el manejo de lixiviados a través de recirculación y el manejo

²⁷ . Secretaria Distrital de Planeación Alcaldía Mayor de Bogotá. Conociendo la Localidad Ciudad Bolívar. Julio 3 de 2011. Pagina consultada en: http://www.sdp.gov.co/resources/19ciudad_bolivar.pdf

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

de gases con chimeneas de PVC en todos los niveles de basura. En la actualidad la zona afectada se organizó en tres áreas.- Área 1, a julio de 1998, restaurada, clausurada y revegetalizada. Área 2, dispuesta con parte de residuos comprometidos en el colapso, clausurada, revegetalizada y con sistema de extracción forzada de gases. Área 3, dispuesta con un porcentaje de residuos comprometidos en el colapso, clausurada y revegetalizada.

Zona III. - Inicialmente se planeó que en esta zona se dispondrían los desechos peligrosos. Sin embargo, se utilizó para la disposición de residuos convencionales y se anexó a la Zona II.

Zona IV. - Operó entre septiembre de 1997 hasta enero de 1999. Fue utilizada como zona de emergencia cuando ocurrió el deslizamiento en la Zona II. Actualmente está clausurada y revegetalizada.

Zona V. - No se utilizó para la disposición final de residuos, en su lugar se construyó la Planta de Tratamiento de Lixiviados.

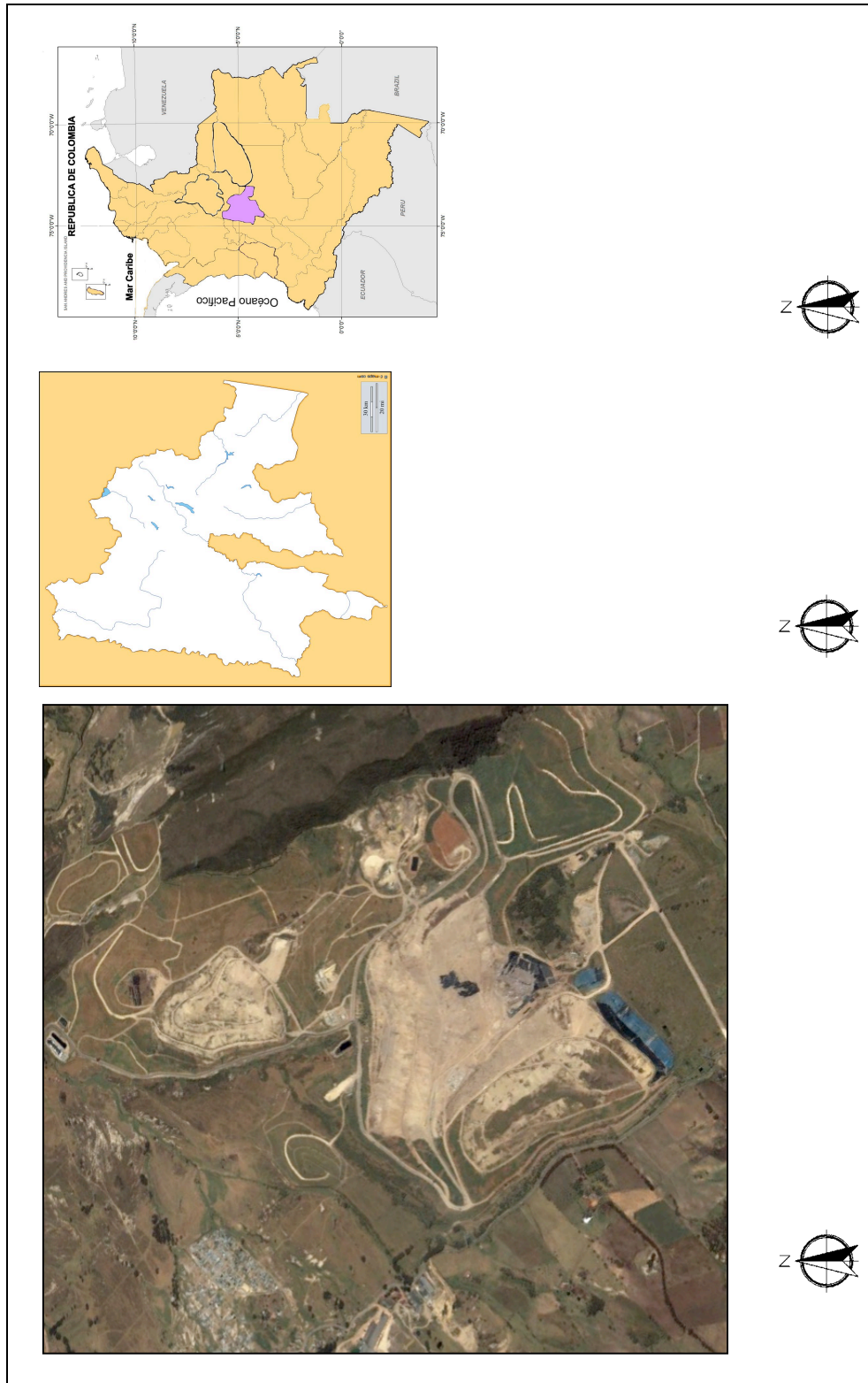
Zona VII. - Operó desde enero de 1999, en este momento se están haciendo trabajos de ampliación de esta zona.

Zona VIII. - Inició su operación en marzo de 2002, actualmente se encuentra en proceso de cierre.

Celda de Residuos Hospitalarios. - Ha operado desde julio de 1998, en la actualidad se encuentra en operación.

Zona de Biosólidos. - Se inició en septiembre de 2010, para la disposición final de lodos provenientes de la planta de tratamiento de lixiviados. (Pinzón et al, 2011)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 30. Ubicación Vertedero Doña Juana

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Geología: El entorno geológico está modelado por rocas sedimentarias cuyas edades comprenden desde los períodos Cretácico, con rocas competentes de los cerros del sur occidente y Terciario (formación Guaduas, formación Arenisca de Cacho, formación Bogotá, formación areniscas de la Regadera), las cuales conforman los flancos de la estructura regional del sinclinal de Usme, cuyo eje se desplaza de sur a norte más o menos por la margen derecha del Río Tunjuelo, cubierta en algunos sectores por espesos depósitos cuaternarios no consolidados y depósitos recientes. Existen depósitos de cuerpos cuaternarios de conos de deyección, coluviales y fluvio-glaciales, en parte aportados por el Río Tunjuelo y por sus afluentes. Se presentan accidentes tectónicos como fallas y pliegues que influyen en la morfología del terreno y que afectan parcialmente la estabilidad de los taludes y se observan algunas inversiones de los estratos. (G&D - PROACTIVA DONA E.S.P. S.A. 2000). Se observa parcialmente como una sucesión de lodolitas silíceas (porcelanitas) de color marrón que tienen como característica la partición en dos direcciones, en forma de cubos, estratificadas en capas delgadas y que por esfuerzo y su propiedad geomecánica plástica, originan múltiples plegamientos a pequeña escala. Esta sucesión alterna con lodolitas arcillosas y arcillolitas de colores grises verdosos y en ocasiones con capas delgadas de arenitas de grano fino bandeadas, Grupo Guadalupe (ksg). Predominan areniscas cuarzosas, de color gris claro y de grano muy fino a medio, que esporádicamente varía hasta grueso. Son ligeramente friables hasta duras y se suelen presentar con delgadas intercalaciones de limolitas y arcillolitas silíceas. El conjunto superior está constituido por areniscas cuarzosas y feldespáticas, de color gris claro friables con intercalaciones esporádicas de lodolitas y arcillolitas. Formación Arenisca de Labor (ksgl).

Suelos: Según IGAC (1987) los procesos morfogenéticos de los suelos del área de influencia indirecta del proyecto en estudio se enmarcan dentro del contexto bioclimático y morfoclimático general de la cordillera oriental, la cual presenta un 30% de cobertura forestal en el Vertedero Doña Juana escalonamiento que ha permitido diferenciar los siguientes pisos y subpisos a nivel macro:

- El piso altoandino de 3100-3300 a 3650-3700 m incluye una franja de transición al páramo propiamente dicho en la vertiente occidental de 3300 a 3700 m.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

- El piso andino de 2300 a 4300 m. Los suelos se han desarrollado a partir de materiales del período terciario y cuaternario y sus características denotan la dinámica glacial ocurrida anteriormente.

En general son suelos ubicados en altas pendientes, poco profundos, ácidos y con altas concentraciones de aluminio. Algunos se localizan en zonas de morrenas terminales, laterales o de fondo y por tanto presentan materiales fluvioglaciares. También es frecuente encontrar material rocoso en superficie, como cantos rodados o afloramientos (IGAC, 1985; IGAC, 1985). Esta zona se ubica en la consociación Robles, con suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, en relieve ligero a fuertemente quebrado. Estos suelos son profundos y se encuentran en sectores altos de las laderas de montaña con influencia coluvial. Son suelos con textura franca y estructura en bloques subangulares moderados.

Se presentan como suelos bien drenados y muy ácidos. Este último aspecto permite reconocer el efecto sobre la calidad del agua al transcurrir por estos suelos. Desde el punto de vista agrológico son suelos clase IV apropiados para cultivos. Pero con restricciones para la mecanización y un uso semintensivo agropecuario, son de baja fertilidad, susceptibles a la erosión, por lo que son terrenos que limitan la elección de los cultivos a sembrar, por lo que se utiliza cal, para disminuir la acidez del suelo y mejorar la absorción de nutrientes.

Hidrología: El área de influencia indirecta posee una red hidrográfica conformada por quebradas, cañadas y algunas zanjas que vierten sus aguas al Río Tunjuelo las cuales finalmente desembocan al río Bogotá.

– Cuenca del Río Tunjuelo. El predio de Doña Juana pertenece a la cuenca del Río Tunjuelo que desemboca sobre el río Bogotá. La cuenca del Río Tunjuelo presenta características que la diferencian significativamente de las demás cuencas urbanas. Cubre un área aproximada de 39,000 hectáreas y su cabecera se encuentra localizada en el Páramo de Sumapaz.

En lo referente al área de estudio, a continuación se presentan las subcuencas y quebradas de interés que hacen parte del área de estudio y de la cuenca del Río Tunjuelo, las microcuencas de interés para el proyecto, como son: Microcuenca de la Quebrada el Mochuelo, Quebrada Puente Tierra, Microcuenca de la Quebrada Aguas

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Claras, Microcuenca de la Quebrada El Botello y la Microcuenca de la Quebrada El Campanario, siendo la más importante la del Botello.

- Quebrada Puente Tierra Este drenaje nace en la parte alta de la zona montañosa conocida como Cerros de Quiba o Encenillal de Mochuelo (según el POT) y atraviesa el área donde se localiza el proyecto (Zona VIII), donde recibe las aguas de un drenaje intermitente que nace en el interior del predio mencionado. Este drenaje fue interceptado por el canal de desvío de El Botello, en el tramo previo a la Zona VII de Doña Juana. Dentro de los predios de la Zona VIII no se observa un lecho definido pues en el primer tramo se observa una zona de drenaje cubierta de pastos, derivado del flujo intermitente y bajos caudales que este transporta. Previo a su desembocadura la quebrada se encuentra protegida por un cinturón de vegetación natural.

-Quebrada Puente Blanco Este drenaje nace en inmediaciones del área de influencia del proyecto. Esta quebrada cuenta con un caudal de 1,58 l/s, (medido en el estudio del año 2000) tomado 200 metros antes de su desembocadura en la Quebrada El Botello. Este drenaje es de carácter continuo, el cual fue encausado y entubado para la ejecución de la zona VIII en el año 2000. Cuenta con un área de cobertura vegetal conformada por un bosque marginal de cauce. En el sitio de muestreo, la Quebrada presenta un ancho promedio de 40.12 cm, profundidad media de 13,83 cm. y velocidad promedio de 0.032 m/s.

-Quebrada El Botello Esta quebrada nace en el interior del predio del relleno, fue canalizada en el sector 34 diagnóstico del componente forestal en el Vertedero Doña Juana a conocido como Zona VII para entregar sus aguas a la Quebrada Yerbabuena, la que a su vez desemboca en el curso principal, que es el Río Tunjuelito. Esta quebrada cuenta con un caudal de 9.94 L/s, valor registrado en éste estudio y. tomado 200 metros abajo de la desembocadura de la Quebrada Puente Blanco. Este es un drenaje continuo a lo largo del año que ha sido desviado y canalizado como proceso del desarrollo de Zona VII en el relleno. Esta es una quebrada con cauce bien definido cuya agua es transparente y con predominio de gramíneas en la vegetación ribereña. El sustrato es de tipo lodoso. El sitio donde se realizó el muestreo presenta un ancho promedio de 37.33 cm, una profundidad de 7,4 cm y una velocidad de flujo de 0,283 m/s.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Aspectos climáticos

Precipitación: Para la estación de Doña Juana se presenta un régimen de distribución de lluvias del tipo trimodal-hexaestacional, el período de lluvias se presenta entre Marzo y Mayo, Junio y Noviembre. El promedio mensual multianual es de 52.5 mm. El mes más lluvioso es Mayo con 85.1 mm y Febrero el mes más seco con 31.4 mm. El gradiente de precipitación disminuye de suroriente a noroccidente, presentándose las áreas más secas en la cuenca baja, especialmente hacia la desembocadura del río Tunjuelo.

Temperatura: Para el área de estudio y con base en la estación de Doña Juana, el valor promedio de temperatura media mensual multianual es de 12.1°C. En el curso del año la temperatura media mensual no tiene variaciones significativas. Los meses más cálidos son Abril y Mayo y los más fríos Julio y Agosto.

Humedad relativa: El valor promedio para la estación Doña Juana es de 75.6%. En el área de estudio, los meses secos son Diciembre, Enero y Febrero, mientras que los meses más húmedos están entre Mayo y Agosto.

Evaporación: Para el caso de la Estación Doña Juana, el promedio mensual multianual es de 64.5 mm. El período de mayor evaporación se inicia en general desde Mayo hasta Junio; luego hay otra época que va desde Septiembre hasta Octubre y el mes de Diciembre. El período de menor evaporación comprende Abril y Mayo. El valor mayor 72.3 mm anuales de evaporación, se registra en el mes de Junio y el menor valor 59 mm en el mes de Enero.

Brillo solar: El promedio anual de brillo solar es de 191.4 h/mes. Se diferencian dos períodos de mayor concentración, uno de Diciembre a Febrero y otro entre Agosto y Octubre.

Balance hídrico: En lo referente al balance hídrico para períodos mensuales, la zona de influencia indirecta del relleno refleja déficit todo el año ya que no hay exceso de agua en virtud de que en la mayoría de los meses (excepto Marzo a Mayo) la evapotranspiración es superior a la precipitación y el agua debida a la precipitación no es suficiente para superar la capacidad de almacenamiento útil del suelo.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Vientos: Según la rosa de los vientos para la estación Doña Juana el 71 % de los vientos analizados provienen del Sur. Le siguen en importancia los vientos del Sur-Este con 16.2% y los vientos del Norte con un 3.85%

Medio Biótico

Flora: El área de influencia indirecta está localizada en un gradiente altitudinal entre los 2,850 y 2,950 m.s.n.m., una temperatura media promedio entre 13 y 16 °C, una humedad relativa media del 78% y un promedio de precipitación entre 900 y 950²⁸, por tal motivo corresponde la zona de vida llamada bosque seco montano bajo (bs - MB), perteneciente a la provincia de humedad Subhúmedo.

El área adyacente o área de influencia indirecta se caracteriza por tener escasa vegetación típica de los bosques secos de piso o tierra fría, que están sujetos a déficit de agua en dos épocas al año. La vegetación establecida en estos ambientes corresponde a la xerofitia isotérmica (Dugand, 1973) y al zonobioma seco montano, siguiendo los lineamientos propuestos por Sánchez (Hernández y Sánchez, 1992).

En el área directa del proyecto, no se encuentra la presencia de unidades o formaciones boscosas como tales. Los bosques han sido eliminados durante el proceso de deforestación y expansión de la agricultura y/o ganadería, siendo reemplazados por pastos y/o cultivos de subsistencia de clima frío.

La vegetación nativa que existe se presenta en relictos de vegetación muy reducidos o pequeñas manchas de bosque seco montano bajo o selva andina tropical, esparcidas a lo largo de los drenajes y en la parte alta de la subcuenca (área de influencia indirecta), donde se encuentra un bosque o selva andina tropical relativamente conservada.

El área presenta relictos de vegetación en las márgenes de los drenajes de Zona VIH, caracterizada por la presencia de especies de bajo porte con alturas de hasta 10 m, bastantes ramificaciones, hojas generalmente pequeñas, donde sobresalen muy escasas especies de árboles o estrato arbóreo. En el paisaje sobresale la cobertura vegetal caracterizada por el dominio de especies gramíneas, desarrollada en áreas que han sido empleadas para la ganadería, dominada por la presencia de las especies

²⁸ ALCALDIA MAYOR DE BOGOTÁ, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Diagnóstico al Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Optimización de la zona VIII del Relleno Sanitario Doña Juana. p.67-81. 43

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

de pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y trébol (*Trifolium* sp.), igualmente sobresale la vegetación en estado sucesional muy incipiente. El corredor de antigua red eléctrica caracterizado por la ausencia de cobertura vegetal de gran porte.

Las especies dominantes en los diferentes estratos de la vegetación del ecosistema en el área en referencia son las siguientes:

- **Dosel arbóreo:** En contraste con el escaso número, se destacan en éste estrato los árboles introducidos (foráneos) y/o sembrados en la zona por habitantes del área, tales como: cedro (*Cedrela* sp), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), candelabro (*Pinus cembra*) y pino (*Pinus patuia*), chucas (*Baccharis* sp.) y trompeta (*Bocconia* sp.).
- **Estrato arbustivo:** esta representado en mayor proporción por solanáceas, constituyéndose ésta familia en segundo lugar de importancia en cuanto al número de especies presentes en el área. Igualmente, comparten el mismo 44 % diagnóstico del componente forestal en el Relleno sanitario o doña juan a habitat las rubiáceas y melastomatáceas con gran diversidad genérica y específica.

Las especies epífitas están representadas por las siguientes familias: Bromeliaceae, Araceae y Orchidaceae. Así mismo, los bejucos y enredaderas están representadas por las familias: Amaryllidaceae, Passifloraceae, Vitaceae, Convolvulaceae y Fabaceae (Papilionoideae). En el piso o estrato rasante se encuentran diversidad de especies humícolas y especie de lycopodios, equisetos, musgos, hepáticas y hongos. De la misma manera, sobre el suelo y cuando se ha cambiado el bosque para implementar la ganadería, se encuentra sembrado en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). En el área directa donde se desarrollará el proyecto, no se encuentra la presencia de unidades o formaciones boscosas como tales. Los bosques han sido eliminados durante el proceso de deforestación y expansión de la agricultura y/o ganadería, siendo reemplazados por pastos y/o cultivos de subsistencia de clima frío. Las especies más comunes son *Acacia melanoxylon* (Acacia japonesa), *Cordia cylindrostachya* (Mulato), *Baccharis microphylla* (Chilco), *Cotoneaster pannosus* (Holly liso), *Cupressus lusitanica* (Ciprés), *Dodonea viscosa* (Hayuelo), *Myrcianthes leucoxylla* (Arrayán), *Senna* sp (Espino) y *Xylosma spiculiferum*(Corono).

Fauna: Para el área de influencia directa, se tienen registros de siete especies de reptiles distribuidas en dos subórdenes: Sauria, y Serpentes. Las familias más

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

representativas son: Iguanidae, del Suborden Sauna, y Gymnophthalmidae del mismo suborden, En el suborden Serpentes, la única familia registrada es Colubridae Las serpientes terreras (*Liophis epinephelus* y *Atractus crassicaudatus*) por lo general se pueden encontrar en los rastrojos bajos especialmente en matorrales y chusques. Iguanidae Colubridae *Anadia bogotensis* *Proctoporus striatus* *Ophryossoides trachycephalus* *Phenacosaurus heterodermus* *Stenocercus trachycephalus* *Liophis epinephelus* *Atractus crassicaudatus* Realmente en el área de estudio son muy raras, lo cual se atribuye a la destrucción general del habitat. De *Atractus crassicaudatus*, se registró únicamente un individuo, en la parte baja de los Cerros de Quiba. *Liophis epinephelus*, aunque no se observó en el muestreo, se registra para el área, según (Sánchez, et al 1995).

Estructura de la comunidad de anfibios En el área de estudio, se registran 9 especies, pertenecientes a dos órdenes, de los cuales Anura y Caudata. Se registraron seis familias (*Bufo*idae, *Centrolenidae*, *Dendrobatidae*, *Hylidae*, *Leptodactylidae* y *Plethodontidae*), de las cuales la más diversa es la familia *Leptodactylidae*.

Estructura de la comunidad de aves. Para el área de influencia indirecta se tiene un registro de por lo menos 63 especies de aves, distribuidas en 8 órdenes, 24 familias y 53 géneros.

Estructura de la comunidad de mamíferos. Para el área de influencia de Doña Juana se tiene un registro de 21 especies, las cuales pertenecen a cinco órdenes y siete familias. Se destacan los órdenes Rodentia y Chiroptera, sin embargo Marsupialia, Insectívora y Lagomorpha también tienen una representatividad. A su vez, las familias que se destacan son *Cricetidae*, *Phyllostomidae*, *Vespertilionidae*. Las menos representativas son *Didelphidae*, *Soricidae*, *Echimyidae* y *Leporidae*. (Arriero 2008)

- Vertedero Nuevo Mondoñedo²⁹

El relleno inició su operación el 17 de enero de 2007 y contaba en esa fecha con una vida útil de 30 años. Se encuentra ubicado aproximadamente a 5 kilómetros de la vereda Los Puentes del municipio de Mosquera, Departamento de Cundinamarca.

²⁹ Información tomada de (Defensoria del Pueblo 2010) y (Ariza et al 2009)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Con el relleno tienen contrato 69 municipios del departamento, lo que representa mensualmente un ingreso de 26.000 Ton de residuos sólidos urbanos. El área destinada para el vertedero fue un total de 7'102,190 m³ del lote donde se ubica actualmente el proyecto, que tiene una superficie aproximada de 76,2 hectáreas. De ésta, el fondo de los vasos de relleno cuenta con las siguientes áreas de disposición: Fondo vaso A: 6,5 ha, fondo vaso B: 4,5 ha, y fondo vaso C: 5,9 ha., en el cual se realiza actualmente la disposición final, para un total de 17,0 hectáreas. En total, se ha definido un área equivalente a 85 ha. en el interior del predio, destinada al amortiguamiento en caso de emergencia.

La construcción y operación de este vertedero cumple con los siguientes estándares:

Se realiza cubrimiento de los residuos con geo membrana calibre 20" en aquellas zonas donde no se ejecutan actividades de disposición. En el frente de trabajo diario se mantiene un área descubierta de no más de 1.600 m² y su cobertura temporal se realiza con plástico negro verde. La impermeabilización de las celdas se realiza con una capa de 50 cm de arcilla durante la adecuación del fondo, el dique perimetral va en arcilla y, tanto en el fondo como en los taludes se instala una geo membrana de alta densidad, calibre 60.

El control de vectores (moscas) en el relleno se lleva a cabo con la instalación de trampas de plástico amarillo y blanco en franjas entre 10 y 20 m, recubiertas con pegamento para la atracción de moscas. Para el control de roedores se instalan cebos, con lo cual se disminuye la fumigación con insecticidas. Dado que no existe comunidad cercana al sitio del relleno, sólo se efectúan fumigaciones esporádicas, según la necesidad.

Para el control de aguas subterráneas se tienen instalados siete (7) piezómetros tipo casa grande, los cuales se monitorean semanalmente. En cuanto a las aguas superficiales, dos veces al año se realiza un muestreo de la balsa de pluviales donde desemboca el canal perimetral, para el monitoreo de sólidos suspendidos.

Anualmente hay un monitoreo completo de la calidad del aire, el cual incluye la medición de caudales y la composición del gas de las chimeneas del vaso de disposición. En promedio, se producen un total de 6280 m³ de lixiviados mensuales. Se realiza conducción mediante colectores secundarios y terciarios de 6" y 4", ubicados en el fondo del relleno, hacia un colector principal de 8" en la parte externa

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

del vaso de disposición, donde se realiza bombeo del mismo hasta unidades de almacenamiento y de allí a los sistemas de tratamiento.

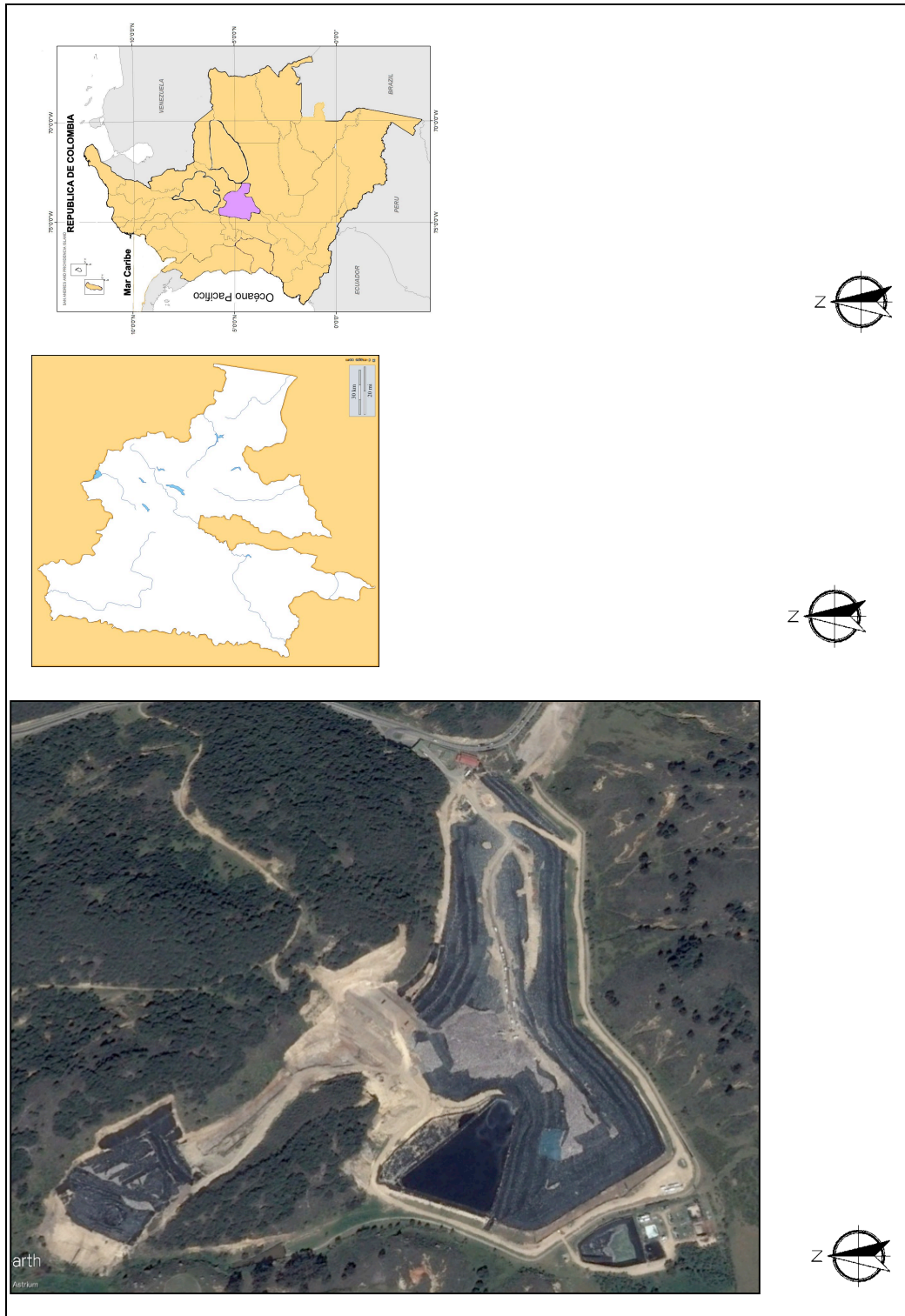
Se cuenta con dos (2) sistemas de tratamiento, así:

- Sistema biológico, compuesto por lagunas anaerobias, digestores anaerobios, filtros percoladores, decantadores y lagunas de evaporación, y
- Sistema mecánico de depuración, compuesto por membranas de nanofiltración y ósmosis inversa.

La composición del lixiviado es variable y se encuentra condicionada por la edad de los residuos, por lo que se realizan trimestralmente muestreos de caracterización a través del laboratorio Antek SA30. Ya que no se hace vertimiento a cuerpos de agua, porque en la zona de ubicación del relleno no hay afluentes, se cuenta con permiso de vertimiento del lixiviado tratado en el sistema de tratamiento por membranas, el cual es utilizado para la limpieza de vías, riego en áreas verdes del relleno sanitario y áreas de reforestación, y limpieza de maquinaria autorizada por el MAVDT.

El relleno sanitario posee un sistema de recolección de aguas de escorrentía a través del canal perimetral en piedra pegada, cunetas en concreto y tierra y canales en geomembrana en el vaso de disposición. El control de gases se lleva a cabo con la construcción y realce de chimeneas, con distancias entre sí de 40 m. Anualmente se realiza un monitoreo de calidad de aire y ruido ambiental, durante un período de 10 días continuos, el cual mide los parámetros en tres estaciones de monitoreo: partículas suspendidas totales, óxidos de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles (benceno, tolueno y xileno) y metano (CH₄). Igualmente se realiza el monitoreo para la evaluación del ruido ambiental en 10 estaciones durante dos días. (Defensoría del Pueblo 2010)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 31. Ubicación Vertedero Nuevo Mondoñedo

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Geología: Geológicamente Bojacá se localiza sobre depósitos aluviales y sobre la formación Sabana, ambos del cuaternario. Comprende formaciones como la Guadalupe y la Tilatá, la primera pertenece al Cretácico y la segunda es transitoria entre el terciario y el cuaternario. El área en donde se encuentra el Cerro Mondoñedo y la Microcuenca de El Fute, está compuesta por una zona montañosa, con un relieve formado por los cerros en donde predominan las rocas del Grupo Guadalupe, cubiertos por una zona marginal lacustre. El paisaje erosionado sobre estas rocas tiene una cobertura con aspecto de saprolito (Formación Balsillas), y sobre sus laderas y zonas intermontañas, se encuentran en gran parte, coluviones de todas las edades, que se han depositado sobre las depresiones intermedias (Formación Mondoñedo). Arcillolitas de grupo Guadalupe, predominantes en el área de Mondoñedo.

Litología: Las principales formaciones que se encuentran en el municipio de Bojacá, corresponden al grupo Guadalupe, formaciones Tilatá, Sabana y depósitos aluviales, que se describen a continuación:

- Grupo Guadalupe (kg): el grupo Guadalupe es el que suprayace en una mayor extensión del municipio, cubriendo un área de 7.217 Ha (6.9%) y se evidencia en algunos sectores de todas las veredas. Este grupo fue dividido por Renzoni (1962, 1968) en tres formaciones: en la base la Arenisca Dura, compuesta por bancos de areniscas ortocuarcíticas con abundantes intercalaciones de Arcillolitas negras y liditas grises; en el medio la formación Plaeners, conformado por Arcillolitas, limolitas, liditas y areniscas y en la parte superior la formación Arenisca Tierna-Labor, compuesta de areniscas ortocuarcíticas con intercalaciones de lutitas.

- Formación Tilatá (kg): Este nombre fue propuesto por Scheibe (1933), para designar una secuencia de arcillas, abigarradas, arenas y gravas grises amarillentas, 15 Información obtenida del Esquema de Ordenamiento Territorial de Bojacá, Dic. 2000 y del Estudio de Impacto Ambiental presentado por el Consorcio Nuevo Mondoñedo 2003. 42 friables. En la zona cercana al botadero, aparece en algunos sectores de las veredas Cortés, Bobacé, Cubia, Barroblanco, Fute y San Antonio. Cubre una superficie aproximada de 2.036 Has (19.7%).

- Formación Sabana (Qs): Hubach (1957) define esta formación como depósitos lacustres paludables y marginales distribuidos en la planicie de Bogotá y anexos. En el interior de la Sabana se componen de arcillas plásticas grises, arcillas turbosas, restos

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

de maderas, de diatomitas hasta arenas finas medias. La formación de Sabana en el municipio se hace presente en algunos sectores de las veredas Cortés y Barroblanco, ocupando una extensión aproximada de 939.9 Ha (9.63%).

- Depósitos Aluviales (Qa): Se compone de arenas finas y sedimentos arcillosos. Ocupa algunos sectores de la vereda Chilcal, cubriendo un área de 85.01 Ha (0.82%). En el área de influencia directa afloran rocas del Grupo Guadalupe, representadas por las formaciones "Plaeners", Labor y Tierna, del Cretáceo. Sobre ellas yace la Formación Balsillas, del Terciario, con amplia distribución sobre gran parte del área, conjuntamente con los depósitos fluvio/coluviales y lacustres, correspondientes a las formaciones Mondoñedo y Sabana del Cuaternario.

Suelos: Los suelos que se presentan en el área de estudio se describen a continuación tomando como base el estudio general de suelos y zonificación de tierras de Cundinamarca, realizado por la subdirección Agrologica del IGAC. El área de influencia directa se encuentra ubicada dentro de la unidad de suelos MMCe2, según la clasificación del IGAC, la cual se describe a continuación: Su código, presenta el siguiente significado: M: Paisaje de montaña; M: Clima frío-seco; C: Tipo de relieve, lomerío; e: Pendiente 25- 50% 2: Erosión moderada. Los suelos de esta asociación se encuentran en un clima ambiental frío y seco con temperaturas entre 12 y 18 °C y precipitación promedio anual entre 500 y 1000 mm. Geomorfológicamente se localizan en lomas de relieve ligera a fuertemente quebrado con pendientes entre 25 y 50%, las laderas son en general de longitud media a larga, ligeramente convexas y cimas redondeadas y estrechas. La unidad cartográfica está integrada por los suelos Humic Dystrudepts en una proporción el 60% y Typic Hapludalfs en un 40%. Los suelos Humic Dystrudepts se distribuyen en laderas de pendiente 12-25%, son profundos, bien drenados de texturas medias a moderadamente finas y de evolución baja a partir de rocas clásticas limoarcillosas. Presentan perfiles del tipo Ap-A2-AB-Bw1-Bw2-C. El horizonte superficial (A) tiene un promedio de 35 a 40 cm de espesor y está constituido por 2 subhorizontes (Ap-A2); su color es negro, la textura es franca a franco arcillosa y estructura blocosa subangular. Un horizonte transicional AB de color pardo grisáceo muy oscuro y textura franco arcillosa (8 a 10 cm de grosor); debajo del anterior se encuentra un horizonte cámbico constituido por dos subhorizontes diferenciados por color, de textura arcillosa y espesor de 30 a 35 cm (Bw1-Bw2); finalmente aparece un horizonte C de incipiente desarrollo y textura arcillosa. La reacción de estos suelos es ácida, con mediana a alta saturación de aluminio, baja saturación de bases, valores

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

medios a bajos de capacidad de intercambio catiónico, contenidos bajos de calcio, magnesio y fósforo a través de todo el perfil; los niveles de potasio son altos en el primer horizonte y bajos en los demás, la fertilidad es baja. Los suelos Typic Hapludalfs se distribuyen en las laderas de relieve moderadamente quebrado (12-25%); son moderadamente bien drenados, de texturas finas a moderadamente finas y moderadamente profundos limitados por horizontes de acumulación de arcilla (Bt). Morfológicamente presentan distribución de horizontes bien diferenciada: Ap-A2-Bt1-Bt2- C. El horizonte superficial (Ap) tiene 35 a 40 cm, color pardo oscuro, textura franco arcillosa y estructura blocosa subangular moderadamente desarrollada, el horizonte A2 es pardo oscuro con moteados rojo amarillento, textura arcillosa, estructura moderadamente desarrollada y espesor variable (15 -20 cm). En promedio a una profundidad de 60 cm se encuentra el horizonte argílico subdividido por color en: Bt1, pardo fuerte y estructura blocosa subangular fuertemente desarrollada y Bt2 amarillo pardusco, de estructura blocosa angular y al igual que el anterior de textura arcillosa; posterior a este horizonte se reporta la presencia de un horizonte C, amarillo pardusco de textura arcillo arenosa y sin estructura (masiva). Estos suelos son extremada a fuertemente ácidos, con baja saturación de aluminio, mediana capacidad de intercambio catiónico; saturación de bases baja a alta que se incrementa con la profundidad, niveles bajos de potasio, calcio y fósforo y fertilidad baja. El déficit de humedad y, en algunos casos, la profundidad efectiva superficial, representan los mayores limitantes para el uso y manejo agropecuario de estos suelos. climas húmedos, donde la precipitación y el agua acumulada en el perfil es igual o excede en volumen a la evapotranspiración durante el verano.

- Capacidad de uso del suelo: De acuerdo al estudio realizado por el IGAC, esta unidad se encuentra clasificada dentro de los suelos de clase VI, subclase VI pe-2. Las tierras clase VI presentan limitaciones severas de suelo, pendiente, erosión y clima que pueden estar solos o en combinación, por ejemplo: limitación única de clima, de pendiente, pendiente-erosión, pendiente-suelo o pendiente-clima, de estas limitaciones se originan las subclases. Las limitantes para el uso de las tierras los constituyen las pendientes ligeramente escarpadas con gradientes de 25 a 50% y la erosión hídrica laminar moderada. En menor proporción restringen el uso las deficientes precipitaciones durante uno de los semestres del año. Los suelos de esta unidad sustentan actualmente vegetación de bosque natural muy intervenido, en algunos sectores se ha talado para reemplazarlo por cultivos transitorios y potreros con gramas

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

naturales, para ganadería extensiva. La unidad tiene capacidad para ser utilizada en reforestación, fortalecimiento y favorecimiento de la regeneración espontánea de la vegetación natural. Las restricciones son altas, especialmente por la acción de procesos erosivos de grado moderado, por ello se deben realizar prácticas de manejo y conservación de suelos, tales como evitar las actividades agropastoriles, construcción de acequias de ladera, incentivar la siembra de especies nativas y mantener la cobertura vegetal protectora.

Componentes hídricos

Agua Superficial: En la zona de influencia directa no existen cuerpos de agua superficial claramente definidos, simplemente se presentan flujos de escorrentía superficial intermitentes que drenan hacia las cuencas aferentes.

Hidrogeología: La microcuenca del Fute, en donde se encuentra el área del vertedero, presenta una secuencia de areniscas y lilitas disgregadas, las cuales corresponden al Grupo Guadalupe, y que constituyen en el área de la Sabana el Acuífero Guadalupe. La depresión de la Laguna Grande o Blanca, está constituida por sedimentos arcillo/arenosos fluviolacustres y coluviales, que constituye un acuífero detectado hasta una profundidad mínima de 26 metros. La capacidad de campo del poco suelo presente es muy baja en la parte norte donde no hay retención de agua y las condiciones climáticas en toda el área son extremas, la cubierta vegetativa es muy pobre, especialmente sobre las pendientes, donde se desarrollan rastrojos y gramíneas; allí la infiltración se considera mínima. La cobertura vegetal que se encuentra al sur del área de estudio fue plantada por la CAR y allí puede haber mayor retención del agua, que es aprovechada estacionalmente, favoreciendo el desarrollo del pasto.

Agua subterránea: Ante la carencia de aguas superficiales en un radio de tres kilómetros con respecto al área del botadero, motivada principalmente por la aridez de la zona y las condiciones climáticas, las aguas subterráneas son utilizadas, especialmente en la parte inferior de la microcuenca (al sur del área de interés). En el área aledaña al predio del relleno sanitario nuevo Mondoñedo, hacia el sur oriente, se encuentran cinco pozos, relativamente cercanos, a distancias horizontales que varían entre los 1.5 y los 5.0 km.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

MEDIO BIÓTICO

Flora: La vegetación presente en el área, son:

1. Vegetación de gramíneas y rosetas de *Furcraea macrophylla* localizadas en áreas de pendiente, con cobertura densa.
2. Vegetación mixta de arbustos y gramíneas en macolla, localizados en la parte baja del talud, zona abierta sobre cárcava con orientación Norte – Sur, estrato predominante herbáceo con predominio de pasto Kikuyo, (*Penisetum clandestinum*), cobertura del 100%.
3. Vegetación herbácea de gramíneas y matorrales bajos localizada en el talud de la carretera y otras áreas en pendiente. Estrato predominante herbáceo, muy alterado con predominio de gramíneas.
4. Vegetación de matorral bajo disperso, encontrada en zonas de cárcavas caracterizadas por un estrato herbáceo con predominio de gramíneas y algunos arbustos dispersos o formando matorrales.
5. Vegetación de bosque y área de pastos en el área plana del predio. Estrato herbáceo de amplia cobertura. La vegetación corresponde a un rodal de bosque homogéneo de Acacia Verde (*Acacia decurrens* Wild).

Fauna:

-Vertebrados: El grupo más abundante y diverso es el de las aves que a pesar de ser importante para la región por su particularidad, representa el enclave más empobrecido. A partir de la revisión de literatura se consideran 33 especies probables para la zona. En las áreas abiertas y matorrales mixtos es frecuente la presencia de algunas especies de aves como el colibrí (*Colibri coruscans*) que visita asiduamente las flores de (*Opuntia ficus-índica*). También son frecuentes los copetones (*Zonotrichia capensis*), la mirla negra (*Turdus fuscater*), la paloma (*Zenaida auriculata*), la chisga (*Carduelis spinescens*), el chirlobirlo (*Sturnella magna*), y la golondrina (*Notiochelidon murina*). La población de gallinazos (*Coragyps atratus*) es alta cerca al botadero Monoñedo. Los anfibios y reptiles constituyen un subconjunto limitado de las especies de la sabana, todas ellas endémicas en diferente grado a la alta montaña andina; en el área se encuentran, confirmados, el lagarto *Phenacosaurus heterodermus* (*Polychrotidae*) y la rana *Dendropsophus labialis* (*Hylidae*).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

-Invertebrados: En este grupo se observa un comportamiento similar al generalizado para la fauna, como se infiere por las particularidades de los insectos en la alta montaña y específicamente de los abejorros (género *Bombus* del orden Hymenoptera). (Ariza et al 2009)

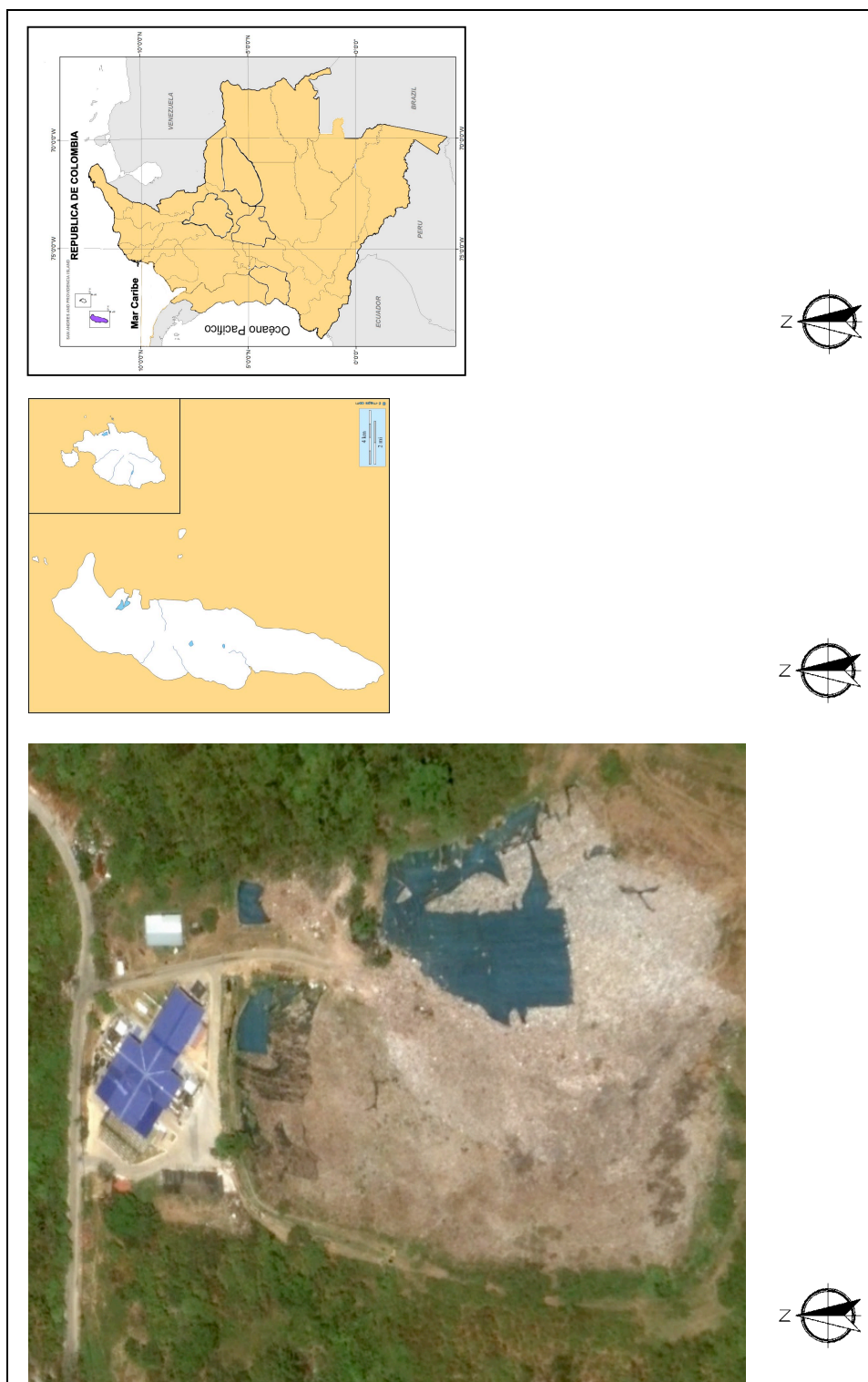
5.1.3 Vertedero Magic Garden³⁰

El vertedero Magic Garden se encuentra ubicado en la región insular de Colombia, la cual esta conformada por el conjunto de islas marinas colombianas alejadas de las costas continentales, como el Archipiélago de San Andrés y Providencia en el mar Caribe y las islas Malpelo y Gorgona en el océano Pacífico. El vertedero se encuentra ubicado específicamente en la isla de San Andrés, en el sector del Cove (Figura 27), la cual es parte del Archipiélago de San Andrés y Providencia que conforman el departamento del mismo nombre, ubicada en el mar Caribe con una extensión total de 52,2 km², (San Andrés con 26 km², Providencia con 17 km² y Santa Catalina con 1 km²) (PNNC, 2006).

El 10 de noviembre del año 2000 el Programa el Hombre y la Biosfera (MAB: Man and Biosphere) de la UNESCO denominó al Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina como Reserva de la Biosfera 'Seaflower', una de las 393 que existen en el mundo. El nombre de la Reserva de la Biosfera corresponde a la primera embarcación de puritanos ingleses que arribaron en 1629 a la isla de Providencia (González, 2005). Las características del vertedero se presenta a continuación:

³⁰ Información tomada de (Vragas 2004) y (Contraloría SAI, 2010)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 32. Ubicación Vertedero Magic Garden

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Geología: La Isla de San Andrés ha sido definida geológicamente por varios autores en dos unidades calcáreas de características bien marcadas: Una unidad de calizas heterogéneas, denominada como Formación San Andrés de edad Mioceno y una unidad de calizas coralinas de edad Pleistoceno, conocida como Formación San Luis. La primera unidad aflora en la parte central de la isla y representa la zona de colinas suaves con alturas máximas de 87 msnm y la Formación San Luis constituye la región plana a suavemente inclinada de la plataforma arrecifal emergida.

Hidrología superficial: En la Isla de San Andrés no hay corrientes superficiales permanentes. Ocasionalmente, durante los períodos lluviosos se forman pequeños cauces, como el de La Rada, y El Cove al occidente de la isla otros caños menores drenan hacia la zona pantanosa del oriente. Estos caños tienen menos de 1 km de longitud, nacen en el sistema de colinas que se presentan en la parte central de la isla y drenan áreas pequeñas. Las características geológicas de las vertientes favorecen la ocurrencia de una escorrentía superficial alta en la mayor parte de la Isla y la recarga de acuíferos profundos en algunos sectores particulares. Por esta causa, los caudales de escorrentía son altos durante el período lluvioso, julio a noviembre, y durante los meses de baja pluviosidad, enero a abril, las corrientes superficiales se secan. Por otra parte una de las fuentes de agua potable en la isla, la constituyen los acuíferos, en los cuales se destaca el localizado en la depresión del Cove.

Fauna: Las especies de peces a comercializar denominados “pesca blanca” o de “escama” son predominantemente demersales, representadas básicamente por familias relacionadas con hábitat de fondos rocosos y coralinos, las familias Lutjanidae (pargos) y Serranidae (meros y chernas), son típicamente pisciformes, buenos nadadores y en general gregarios, exceptuando casos aislados, no suelen conformar cardúmenes y cuando los conforman, nunca son compactos como es el caso de las especies pelágicas, son carnívoros, de hábitos nocturnos y activos, están distribuidos de acuerdo a la profundidad, encontrándose los juveniles en aguas someras y las formas adultas en aguas profundas (Contraloría, 2007). Las comunidades demersales se distribuyen desde la costa hasta el talud continental en donde se encuentran diversos sustratos, siendo los fondos coralinos y rocosos de mayor interés. La mayor parte de la explotación estará orientada a la captura de la langosta y pesca blanca

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

enfocada hacia las especies comerciales que se encuentran de acuerdo a su distribución ecótica de la siguiente manera:

PECES DE HABITAT ROCOSO: de las especies comerciales que se ubican en las inmediaciones de los bajos rocosos y coralinos tenemos: 116 Los Meros y las Chernas (*Epinephelus* spp), Se encuentran en aguas someras tanto de fondos rocosos y coralinos como fangosos. Sus juveniles son muy comunes en la zonas de manglar, habita generalmente en cuevas los Pargos (*Lutjanus* spp), habitan en fondo de sustrato rocoso, talud continental e insular rocoso, al interior de la laguna habitando sobre formaciones coralinas. Los Roncos (*Haemulon* spp), su hábitat se encuentra sobre formaciones coralinas al interior de la laguna arrecifal y las terrazas externas de la barrera y en el costado Oeste de la Isla.

PECES DE MEDIA AGUA: Estas especies de continuo movimiento a mediana profundidad localizadas entre dos aguas, se encuentran los siguientes: Las Sierras (*Scomberomorus* spp), Es pelágico, se encuentra frecuentemente cerca de la costa, solitario o en pequeños grupos en áreas externas de los arrecifes. La Sierra o King Fish (*Acanthocybium solandri*), es pelágica en aguas oceánicas, a veces no lejos de la costa en áreas insulares. La Barracuda (*Sphyraena barracuda*), habita en las capas superficiales de las aguas, a veces muy cerca de las costas, en zonas de aguas claras con desarrollo de formaciones rocosas o coralinas. Los jureles Horse Eye Jack (*Caranx latus*), presenta hábitos pelágicos generalmente cerca de los arrecifes y en pequeños grupos. Se captura frecuentemente en horas nocturnas en North End bank y pallat bank. Las Saltonas (*Ocyurus chrysurus*), habita en fondos comprendidos entre 0 y 70 metros. Es común a media agua, separado del sustrato en las profundidades de fondos coralinos o rocosos. Los Dorados (*Corhyphaena hippurus*), es pelágico oceánico, aunque a veces se encuentra cerca de la costa. Es frecuente que pequeños grupos se encuentren debajo de objetos flotantes. (Contraloría SAI 2010)

Flora:

ECOSISTEMAS DE MANGLAR: Los manglares son asociaciones vegetales costeras tropicales y subtropicales que tienen características morfológicas, fisiológicas y reproductivas comunes, que les permiten habitar en ambientes salinos, anóxicos, inundados e inestables (CintrónMolero y Schaeffer-Novelli, 1983; Sánchez-Páez et al.,

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

2000, citado por Invemar, 2008). Entre las adaptaciones más importantes se destaca, la marcada tolerancia a la salinidad, la presencia de raíces zancos con lenticelas o poros respiratorios, la presencia de neumatóforos en algunas especies y la alta producción de semillas vivíparas que germinan aún unidas a la planta y se dispersan por el agua, ya que tienen la capacidad de flotar por largos periodos de tiempo (Field, 1997, op cit., Invemar 2008). El ecosistema de manglar en Colombia, es considerado como ecosistema estratégico para las zonas costeras del país, debido a su importancia ecológica y social, por lo cual requiere de una planificación y manejo específico entorno a sus problemáticas y potencialidades, con el fin de conciliar en ellos la conservación con el uso dado a los recursos naturales, procurando su desarrollo sostenible. Desde el punto de vista ecológico, estos ambientes ofrecen una variedad de hábitat que les concede una especial importancia en términos de biodiversidad. Desde la perspectiva social y económica, los manglares juegan un papel fundamental en el desarrollo de prácticas productivas por parte de las comunidades asentadas en estas áreas. Para el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, los bosques de manglar se constituyen en uno de los ecosistemas de gran importancia por contribuir en el mantenimiento de la diversidad biológica, su capacidad de retención de sedimentos y por su ubicación estratégica se comporta como una barrera natural, que protege las zonas costeras de la erosión y la acción de vientos huracanados. Adicionalmente, estos ecosistemas presentan una serie de características particulares a nivel sedimentológico, hidrológico y además sostienen una estrecha relación ecológica con otras unidades paisajísticas como el bosque seco tropical, las praderas de pastos marinos, macroalgas y los parches de coral (García, M. 2007; Cit por Invemar – Coralina 2009). (Contraloría SAI 2010)

ESTADO DE LOS MANGLARES DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA: Componente Vegetación. Los manglares en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina cubren una extensión de 200,86 ha, de los cuales 159,59 ha se encuentran en la Isla de San Andrés y 41,27 ha en Providencia y Santa Catalina. En San Andrés la mayoría de los bosques de manglar se encuentran ubicados sobre el costado oriental debido a las condiciones hidrológicas, sedimentológicas, geomorfológicas e intensidad del oleaje presentes en la zona. La composición de especies por subsector y en general por área se detallan a continuación: En la isla de San Andrés, existen cuatro especies de nucleares de

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

manglar: Mangle rojo; *Rhizophora mangle* (Rm), Mangle Blanco; *Laguncularia racemosa* (Lr), Mangle de Botón, *Conocarpus erectus* (Ce) y Mangle Negro; *Avicennia germinans* (Ag)

ARRECIFES CORALINOS: Los arrecifes de coral constituyen uno de los ecosistemas más importantes y apreciados del planeta, considerados como una de las mayores fuentes potenciales de bienestar para la humanidad (Wells y Hanna, 1992). Se desarrollan en aguas claras de los mares tropicales, modificando notablemente el relieve submarino. Se generan principalmente por la precipitación de carbonato de calcio que los pólipos coralinos secretan para elaborar su esqueleto externo de soporte, acumulándose y ofreciendo así una enorme variedad de hábitats para el asentamiento y proliferación de la vida marina (Birkeland, 1997). Los arrecifes protegen las costas y los asentamientos humanos del embate de las olas y tormentas. Muchas poblaciones costeras subsisten por la extracción de recursos de gran valor como langostas, cangrejos, pulpos, caracoles y peces, no obstante, el mayor potencial económico que poseen los arrecifes coralinos está en el desarrollo turístico, pues son destino por excelencia para miles de personas en todo el mundo (Buddemeier et al., 2004). Sin embargo, muchos arrecifes han sufrido una extensa degradación como resultado de perturbaciones de tipo Antropogénicos y naturales (Hughes, 1994; Grigg y Dollar, 1998), con las consecuentes implicaciones que eso tiene para millones de seres humanos que viven de la explotación sustentable de los arrecifes. Los arrecifes de coral actualmente se encuentran sometidos a significativos y diversos agentes de deterioro en todo el planeta. Se conocen factores causantes de degradación coralina de origen Antrópicas como, deforestación, desarrollo costero, sedimentación, contaminación, sobreexplotación de recursos, turismo; y naturales como, huracanes, fenómenos climáticos y enfermedades epidémicas que afectan a diferentes organismos arrecifales. De continuar el ritmo actual de deterioro coralino y contaminación ambiental, junto con las bajas tasas de recuperación natural, los arrecifes de coral se convertirían en uno de los ecosistemas marinos en mayor peligro en el mundo (Díaz-Pulido, 1997). Las barreras arrecifales ubicadas a barlovento de las islas habitadas, forman ambientes lagunares ricos en praderas de pastos marinos y crean además las condiciones de sedimentación adecuadas para el desarrollo de bosques de manglar (Herrón, 2004, Op. Cit. Coralina, 2009). 87 Según Díaz et al. (2000), Colombia posee cerca de 2.900 km² de áreas coralinas. Esto representa menos del 0,4% de los arrecifes existentes en el mundo (Spalding et al., 2001). Solo

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

una pequeña fracción (15 km²) se encuentra en la costa del Pacífico, en la isla Gorgona, ensenada de Utría, punta Tebada e isla Malpelo (Díaz et al., 2000; Barrios y López-Victoria, 2001). En el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina está el 77% de las áreas coralinas del país donde además se observan los arrecifes más complejos y desarrollados (Díaz et al., 2000). El Archipiélago es una de las zonas arrecifales más grandes en extensión de Colombia, donde se pueden encontrar más de 50 especies de corales escleractíneos, 40 de octocorales y 100 de esponjas (Díaz et al., 2000; op. Cit. Invemar 2008); y sus arrecifes se consideran en un estado de conservación relativamente bueno, donde las especies dominantes presentan coberturas alrededor del 40% (Vidal et al., 2005; Op. Cit; FONADE – Uninorte, 2009). El desarrollo de los arrecifes coralinos está limitado por ciertas condiciones ambientales, como temperatura, salinidad, disponibilidad de luz y turbidez (Levington, 1995). En San Andrés, los arrecifes tienen características particulares, donde la composición y abundancia se relaciona con factores ambientales, como profundidad, régimen de turbulencia y disponibilidad de luz, además de la morfología y el tamaño de las colonias de coral (Díaz et al., 1996) Los arrecifes de San Andrés se pueden dividir en 4 grandes complejos arrecifales, que son: terraza prearrecifal de barlovento, arrecife de barrera, terraza lagunar y laguna, y formaciones coralinas del costado occidental de la isla (Díaz et al., 1996). El área del complejo arrecifal de San Andrés es de 97,5 km² y el área de cobertura coralina viva relevante es de 44,7 km². Las unidades ecológicas mejor representadas son: costras de coral sobre roca, con 9,6 km², característica de zonas someras expuestas al oleaje; *Acropora palmata* - *Diploria strigosa*, con 0,5 km², ambientes de oleaje moderado, la cresta de las formaciones al interior de la laguna; octocorales - corales mixtos, con 13,4 km², característica de la parte profunda de la terraza prearrecifal; corales mixtos, con 13,7 km², con predominio de corales pétreos de crecimiento masivo, como *Montastraea* spp. *Diploria* spp. *Siderastrea siderea*; ramificados, como *Porites porites*, *Acropora cervicornis*, y foliares *Agaricia* spp.; corales mixtos, con 6 km², compuesta por varias especies del género *Agaricia* y especies masivas, como *Montastrea franksi*; *M. cavernosa* es típica de vertientes muy inclinadas que incluye incluyen los taludes externos (Díaz, et al, 2000)

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Clima: La Isla de San Andrés está localizada en la Zona Intertropical; el clima es cálido-húmedo y está influenciado por sus características fisiográficas como por la acción de los Vientos Alisios que soplan desde el nordeste. La temperatura media anual varía entre 27.5°C en la costa y 26.5°C en la parte de la isla en la zona colinada. La temperatura media mensual es relativamente uniforme durante el año. Los extremos absolutos varían entre 17°C y 35°C. La humedad relativa media anual es del 81%; los registros medios mensuales varían entre 78% y 84% a lo largo del año. Los valores más bajos se observan entre Enero y Abril y los mayores entre Junio y Octubre. La evapotranspiración potencial media anual en la isla es de 1740 mm; los valores medios mensuales varían entre un máximo de 177 mm en Marzo y un mínimo de 116 mm en Octubre. En promedio hay 2650 horas de brillo solar en el año, lo que representa una insolación media anual del 61%. Los vientos dominantes en la Isla de San Andrés soplan desde el Este; las rachas máximas se presentan entre Agosto y Noviembre, los valores que varían entre 45 y 70 km/h. Al paso de los huracanes se han registrado vientos con velocidades superiores a 120 km/h. La precipitación media anual sobre la Isla es de 1850 mm. La distribución mensual es monomodal; se caracteriza por un período de lluvias bajas entre Enero y Abril donde se registra el 8% del total anual, y uno de lluvias altas, entre Junio y Noviembre con el 75% del total anual. (Vargas 2004)

5.1.4 Vertedero Macondo

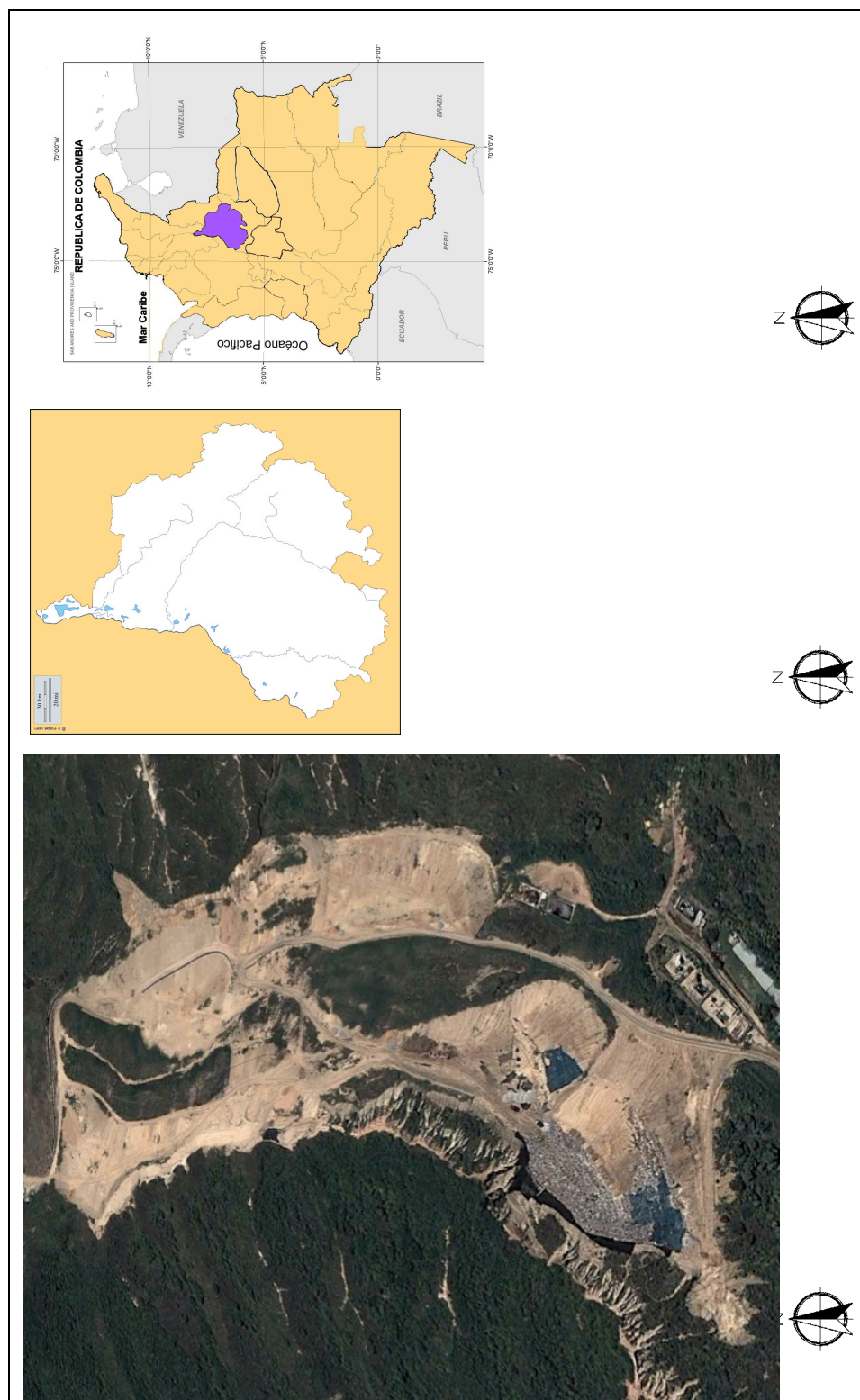
La Orinoquia es una región geográfica de Colombia determinada por la cuenca del río Orinoco, y por ubicarse en la zona oriental del país es también conocida como Llanos Orientales. Es un ecosistema que se caracteriza por ser una planicie. La región se halla entre los ríos Arauca, Guaviare, Orinoco y el Piedemonte llanero. Es una región de intensa actividad ganadera. Culturalmente está habitada por el llanero, individuo común también a los Llanos venezolanos.

La Orinoquia coincide en mucho con dos regiones claramente diferenciadas y suele confundirse con ellas. La primera es una *cuenca hidrográfica, la del río Orinoco*. Esta se extiende desde los Andes a las selvas amazónicas (el mismo río Orinoco nace en la selva amazónica venezolana), e incluye las cuencas de los ríos Meta, Guaviare y

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Guainía. La segunda, los Llanos, es una región natural, cultural y política colombo-venezolana. A esta la caracterizan sus extensas sabanas de zona intertropical y bosques de galería; sus habitantes, los llaneros, tienen una cultura y una historia diferenciada. (PNNC, 2006) En esta región, específicamente en la ciudad de Yopal, Departamento de Casanare se encuentra ubicado el vertedero Macondo (Figura 33).

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Fuente: Elaboración propia con información de Google Earth, 2015, d-maps.com, 2015

Figura 33. Ubicación Vertedero Macondo

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Geología: Las formaciones donde reposa el área de ubicación del vertedro, cronológicamente se ubican desde el cretáceo hasta el cuaternario, dándose de occidente a oriente. Las formaciones del cretácico las compone las partes más altas de la montaña, estos se componen principalmente de rocas sedimentarias, principalmente areniscas cuarzosas, arcillolitas y lutitas que hacen parte de la Formación Arenisca de las Juntas del Grupo Cáqueza, de la Formación Une y Chipaque del Grupo Villeta; y el grupo Palmichal.

Geomorfología: La geomorfológica del Casanare se remonta al plioceno, en el cual hubo un acentuado proceso erosivo en la cordillera Oriental, acompañado de fuertes levantamientos y plegamientos, el material desprendido por el citado proceso fue transportado y depositado en la gran depresión del Casanare, dando origen, en primera instancia a una superficie de denudación seguida de otra de acumulación, las cuales marcaron el inicio de la evolución geomorfológica de esta región.

Hidrología superficial: En el paisaje de montaña predomina patrones de drenaje dendríticos, en áreas de nacimiento y quebradas, otro patrón de drenaje es el sub-paralelo representado con las corrientes hídricas más grandes de carácter torrencial, en área de sabana el patrón de drenaje es paralelo desapareciendo las corrientes hídricas o se cortan en caños, debido a la desaparición del bosque y a la infiltración donde es época de verano el balance hídrico es deficiente. En áreas de valle donde la producción agropecuaria es mayor, las corrientes hídricas presentan un patrón de drenaje meándrico que permite la socavación lateral en sectores y acumulación de sedimentos en otros, proceso que se da por el cambio de pendiente en el transcurso de las corrientes hídricas.

Flora: En el municipio de Yopal las zonas de vida más sobresalientes según la clasificación de holdriedg son: Para el bosque muy húmedo pre montano bmh-PM se detectan alturas entre los 1000 – 2000 metros sobre el nivel del mar, una precipitación media anual entre los 2000 – 4000 milímetros, una temperatura media anual entre los 18°C – 24°C grados centígrados, con vegetales representativos como Yarumo (*Cecropia spp*), Cedro (*Cedrela odorata*), Nauno (*Albizzia guachepele*), Cañafistol (*Cassia moschata*), Flor blanco (*Tabebuia orinocensis*), Uña de gato (*Cynodon dactylon*), entre otras, esta zona de vida se localiza aproximadamente en los

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

corregimientos del Morro y Mata de limón cerca de inmediaciones al límite con Boyacá; Y el bosque húmedo Tropical bh-T, presenta características generales tales como alturas entre los 0 – 1000 metros sobre el nivel del mar, una precipitación anual media entre los 2000 – 4000 milímetros y una temperatura media anual superior a los 24°C grados centígrados, presentando especies vegetales representativas como el Yopo (*Anadenathera peregrina*), Floramarillo (*Tabebuia chrysanta*), Florblanco (*Tabebuia orinocensis*), Guarataro (*Vitex orinocensis*), Cañafistol (*Cassia moschata*), Samán (*Albizzia saman*), Camoruco, Aceite (*Copaifera anime*), Palma Moriche (*Mauritia minor*), entre otros.

Clima: En el departamento se presenta un patrón de lluvias monomodal, caracterizado por un largo periodo de lluvias abril, mayo, junio y julio, que es seguido por un periodo seco, diciembre, enero, febrero y marzo. Los índices máximos de precipitación se presentan en el mes de mayo y los mínimos en enero. El total de precipitación media anual para la estación el Morro es 3781,5 mms, La Chaparrera 2375,6 mms y Apto Yopal 2324,8 mm. La temperatura media anual registra valores entre 22°C y 30,4°C.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5.2 APLICACIÓN

A continuación se presenta la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada para los 7 vertederos estudiados, con el fin de poder realizar un comparativo de los resultados obtenidos con las dos aplicaciones.

Para la aplicación de la metodología se respeta el orden establecido en la misma, proporcionando los datos de cada uno de los cuatro niveles que conforman la estructura de la EVIAVE. En el primer nivel se hallarán los valores de las variables del vertedero y los valores para descriptor ambiental. Una vez se tengan estos datos se procede al desarrollo de los índices (Pbc, Va, IRA, IMV) para el resultado final de la aplicación.

Considerado la estructura de la EVIAVE presentada en el capítulo 3, el primer nivel esta compuesto por las variables de vertedero y los descriptores ambientales; las tabla ... presentan los valores obtenidos para el índice de riesgo de contaminación (IRC) los cuales se determinan por medio de los valores de clasificación (Cj) y ponderación (Pj) descritos en el capítulo 3 y establecidos para cada una de las variables de vertedero en cada uno de los elementos del medio (Anexo 1). Los valores del IRC son iguales para la aplicación de la metodología original y modificada, ya que corresponden a la descripción del vertedero y su operación.

Una vez conocidas las variables de cada elemento con su respectiva valoración, se procede a presentar los valores de los descriptores ambientales para cada uno de ellos (tablas...).

En el segundo nivel, se determinan los índices Probabilidades de Contaminación para cada uno de los elementos del medio (Pbc_i) (Ecuación [2]), y Valor Ambiental (Va_i) para cada elemento del medio. (Ecuaciones (3), (4), (5), (6), (10), (11))³¹ que se obtiene a partir de la valorización de los descriptores ambientales.

El tercer nivel representa el Índice de Riesgo Ambiental para cada elemento del medio (IRA_i), (Ecuación [7]) y finalmente la determinación del Índice de Interacción Medio – Vertedero (IMV) representa el último nivel de la metodología. (Ecuación [8])

³¹ Las ecuaciones se encuentran expresadas en los capítulos 3 y 4. Las ecuaciones 10 y 11 corresponden a los dos elementos del medio propuestos, así que se encuentran en el capítulo 4.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Tabla 42a. Resultado de la aplicación de la EVIAVE en los vertederos estudiados

		VERTEDEROS ESTUDIADOS											
I.E	E.A *	MAGIC GARDEN			CARRASCO			DOÑA JUANA			ARROYOHONDO		
		O	M	% **	O	M	% **	O	M	% **	O	M	% **
Va _i	ASp	4.0	4.7	+17,5	3.0	3.7	+23,3	3.7	5.0	+35,1	2.3	3.7	+60,9
	ASb	3.5	4.5	+28,6	3.0	5.0	+66,7	2.0	4.0	+100	2.5	5.0	+100
	At	4.0	2.0	-50	2.0	4.0	+100	1.0	5.0	+400	1.0	5.0	+400
	Su	4.3	5.0	+16,3	4.0	4.7	+17,5	3.0	3.7	+23,3	2.3	3.7	+60,9
	SH	5.0	5.0	0,0	5.0	5.0	0,0	5.0	5.0	0,0	5.0	5.0	0,0
	Fa	---	4.5	---	---	4.0	---	---	4.5	---	---	4.0	---
	FI	---	5.0	---	---	4.0	---	---	5.0	---	---	4.0	---
IRA _i	ASp	2.7	3.2	+18,5	2.4	3.0	+25,0	1.7	2.3	+35,3	0.9	1.4	+55,6
	ASb	2.4	3.0	+25	2.5	4.3	+72	1.0	2.11	+111	1.1	2.2	+100
	At	2.7	1.3	-51,9	1.8	3.6	+100	0.6	2.9	+383	0.4	2.4	+500
	Su	2.6	2.6	0,0	3.4	4.0	+17,6	1.5	1.9	+26,7	1.0	1.7	+70
	SH	3.7	3.7	0,0	4.4	4.4	0,0	3.1	3.1	0,0	2.2	2.2	0,0
	Fa	---	2.9	---	---	3.4	---	---	2.2	---	---	1.7	---
	FI	---	3,2	---	---	3,3	---	---	2,6	---	---	1,7	---
IMV***		14.3	14.5	+1,4	14.7	18.7	+27,2	8.09	12.4	+53,3	5.89	9.7	+64,7
Clasificación IMV		Med	Med	---	Med	Alto	---	Bajo	Med	---	Bajo	Bajo	---

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Tabla 42b. Resultado de la aplicación de la EVIAVE en los vertederos estudiados

		VERTEDEROS ESTUDIADOS								
I.E	E.A *	NAVARRO			MONDOÑEDO			MACONDO		
		O	M	% **	O	M	% **	O	M	% **
Va _i	ASp	3.7	4.7	+27,0	2.7	4.0	+48,1	3.0	3.7	+23,3
	ASb	3.0	4,0	+33,3	3.0	5.0	+66,6	3.0	5.0	+66,6
	At	2.0	3.0	+50,0	3.0	4.0	+33,3	2.0	2.0	0,0
	Su	3.3	2.7	-18,2	3.3	3.3	0,0	5.0	3,7	-26
	SH	5.0	5.0	0,0	5.0	5.0	0,0	5.0	5.0	0,0
	Fa	---	4.0	---	---	4.0	---	--	4.5	---
	Fl	---	3.0	---	---	3.0	---	---	5.0	---
IRA _i	ASp	3.1	4.0	+29	0.85	1.27	+49,4	2.1	2.6	+23,8
	ASb	2.6	3.4	+30,8	1.0	1.66	+6,6	2.2	3.7	+68.1
	At	1.8	2.7	+50	1.2	1.6	+3,3	1.5	1.5	0,0
	Su	2.6	2.1	-19,2	1.08	1.08	0,0	3.4	2.5	-26,4
	SH	4.5	4.5	0,0	1.66	1.66	0,0	3.0	3.0	0,0
	Fa	---	3.5	---	---	1.28	---	---	3.2	---
	Fl	---	2.6	---	---	0.97	---	---	3.6	---
IMV***		14.8	16.5	+11,5	5.8	6.8	+17,2	12.4	14.6	+17,7
Clasificación IMV		Med	Alto	---	Bajo	Bajo	---	Med	Med	

I.E: Índices EVIAVE. E.A*: Elementos Ambientales: Agua Superficial (A Sup); Agua Subterránea (A Sub); Atmosfera (At), Suelo (Su); Salud Humana (SH); Fauna (Fa); Flora (Fl). ** % Cambio EVIAVE Modificada Vs Original. O: Original. M: Modificada. (---): No Aplica porque la EVIAVE original no incluye estos elementos del medio. IMV***: Como el rango superior de la calificación de IMV modificado aumento a 35 debido a que se anexaron dos nuevos

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

elementos del medio, el resultado se ajustó a la escala de IMV original cuyo rango superior de calificación es equivalente a 25.

5.3 RESULTADOS

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos en cada una de los índices valorados, tanto para la aplicación de la metodología EVIAVE original y modificada.

5.3.1 Probabilidad de Contaminación (Pbc_i)

La determinación de la Probabilidad de Contaminación para cada uno de los elementos del medio depende de la clasificación de las variables (C_j), no de los elementos del medio. Estas variables no fueron modificadas, por tanto este índice mantiene los mismos valores en la EVIAVE original y la modificada. Los valores obtenidos están de acuerdo con las características de ubicación del relleno y la inspección de las labores de operación y control.

Los valores más elevados de las Probabilidades de Contaminación (Pbc_i) corresponden al vertedero “Navarro” para los elementos de medio agua subterránea, flora, fauna y la salud. Este vertedero se ubica en el área de influencia de un río que abastece acuíferos subterráneos, con presencia de fauna y flora silvestre, asentamientos humanos y cultivos; además se trata de un punto de vertido manejado con técnicas ineficientes de explotación.

Contrariamente, los valores más bajos de este índice se presentan en el caso del vertedero “Arroyohondo”. Este vertedero posee las mejores condiciones de manejo y diseño de los proyectos analizados, porque opera bajo los parámetros y exigencias técnicas de la normativa internacional y nacional.

Finalmente, los valores intermedios corresponden a los vertederos Magic Garden, Carrasco y Doña Juana, Nuevo Mondoñedo y Macondo. En estos puntos de vertido el nivel de control y operación es semi-controlado, cumpliendo con las exigencias mínimas de diseño y operación.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5.3.2 Valor Ambiental (Va)

Teniendo en cuenta que las modificaciones propuestas estuvieron dirigidas especialmente al ajuste de los valores de los descriptores ambientales que conforman los Vai para los diferentes elementos del medio, se observaron incrementos significativos al comparar la aplicación de la metodología EVIAVE original y la modificada para todos los vertederos estudiados (Fig. 34), que van desde el 16,3% para el suelo del vertedero Magic Garden (Tabla 42a, Columna 5, Fila 7 y Fig. 34) hasta el 400% para la atmosfera del Vertedero ArroyoHondo (Tabla 42a, Columna 14, Fila 6) . En este sentido, el ajuste de los valores desde la perspectiva conceptual de la vulnerabilidad capta adecuadamente y de mejor manera la susceptibilidad ambiental del área de influencia a los impactos ambientales potenciales de la explotación de los vertederos y con mayor claridad y confiabilidad la realidad de cada uno de los vertederos estudiados.

Respecto a la pertinencia de utilizar la EVIAVE como herramienta para el seguimiento y control en el proceso de EIA, se observa que en los cinco vertederos estudiados, la EVIAVE modificada permite identificar los elementos del medio de mayor vulnerabilidad ambiental, que son igualmente los que mayor impacto reciben por el funcionamiento de los vertederos. De esa manera en los vertederos Magic Garden, Carrasco y Doña Juana, a pesar de tener condiciones técnicas aceptables, aumentan los (Va) en la EVIAVE modificada por las condiciones de vulnerabilidad de algunos elementos del medio presente en su punto de ubicación. Para el caso puntual del vertedero Magic Garden, los valores del agua superficial (Asup) aumentan en un 17,5 % (Tabla 42a, Columna 5, Fila 4) y el suelo en un 16,3 % (Tabla 42a, Columna 5, Fila 7) por la condición de vulnerabilidad de estos elementos en la Isla, donde no hay sistemas de tratamiento de aguas residuales, ni de protección contra el sobre uso y el manejo inadecuado de los suelos, contrariamente los valores para la atmosfera (At) disminuyeron en un 50 % en la EVIAVE modificada, porque la calidad del aire de la Isla es bueno debido a que las fuentes de contaminación fijas y móviles son pocas y las condiciones atmosféricas permiten movimientos de gases que disminuirían las concentraciones de contaminantes.

En el caso del Vertedero Arroyohondo, el (Va) para la Atmósfera (At) presentó un aumento significativo del 400 % en la EVIAVE modificada (Tabla 42a, Columna 14,

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Fila 6), debido al cambio realizado en la valoración de los descriptores ambientales de calidad del aire desde la perspectiva de la vulnerabilidad ambiental que paso de 1 a 5 (Tabla 42a, Fila 6, Columnas 12 y 13). Este cambio refleja las condiciones reales de susceptibilidad de la atmósfera en el área de ubicación del vertedero, caracterizada por la presencia de fuentes de contaminaciones fijas y móviles.

El vertedero Carrasco históricamente ha tenido diferentes sistemas de disposición final, como vertedero no controlado y semicontrolado tratando de cumplir con la normativa nacional sin alcanzar los estándares técnicos exigidos, generando aumento de la vulnerabilidad adquirida. Al aplicar la EVIAVE modificada, se observan aumentos significativos en el agua subterránea (Asub) del 66,7 % (Tabla 42a, Fila 5, Columna 8) y de la Atmósfera (At) del 100 % (Tabla 42a, Fila 6, Columna 8 y Fig 34), que corresponden con las características del entorno al presentarse contaminación del agua subterránea por los lixiviados de la disposición final no controlada del pasado y la impermeabilización superficial que no controla efectivamente la percolación, y la contaminación del aire del entorno del vertedero ocasionada por la carencia de sistemas de control de gases como chimeneas o ductos de recolección y crecimiento de fuentes contaminantes fijas y móviles.

En el caso del vertedero Navarro, se presentaron aumentos en la asignación de los valores de los descriptores ambientales en 3 de los 5 elementos del medio, a causa de la vulnerabilidad adquirida generada por la disposición incontrolada de residuos y el aumento de asentamientos humanos subnormales, como consecuencia el agua superficial (Asup) aumentó un 27 %, el agua subterránea (Asub) el 33 % y atmósfera (At) 50%. (Tabla 42b, Fila 4, 5, 6; Columna 5 y Fig. 34). En el caso del suelo, la calificación disminuyó un 18,2 % debido a que en el entorno cercano al vertedero hay presencia de cultivos y vegetación natural que aumentan la cobertura vegetal y disminuyen la vulnerabilidad ambiental.

El vertedero Doña Juana, se presentan aumentos en todos los elementos del medio, siendo más significativos, el agua subterránea (Asub) con el 100 % y la atmósfera (At) con el 400 % (Tabla 42a, Filas 5, 6; Columna 11 y Fig.34), este comportamiento refleja claramente la realidad del sitio de ubicación del relleno donde se presenta alta actividad de explotación minera (carboneras) y una constante

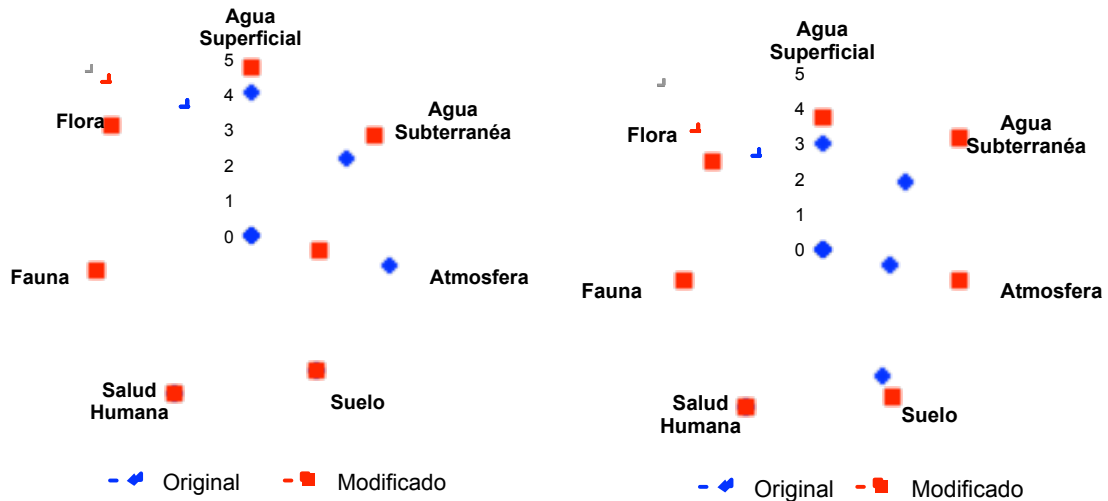
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

contaminación de los diferentes recursos por la inadecuada disposición de residuos en periodos de tiempo prolongados.

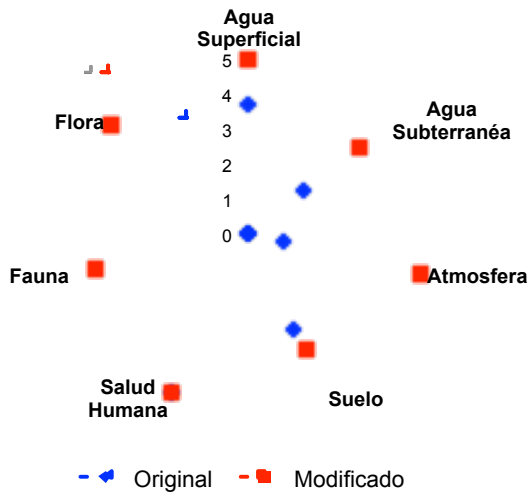
Para el caso de Nuevo Mondoñedo, los valores V_a aumentaron significativamente, con porcentajes de aumento de 48, 66 y 33 % para el agua superficial, agua subterránea y atmósfera, respectivamente (Tabla 42b, columna 8, filas 4,5,6) Excento el elemento suelo (Su) que se mantuvo estable. Este sitio de disposición final es de valores mas bajos, debido a que tanto su construcción como la operación son adecuadas y cumplen con las exigencias establecidas por la ley. Los valores ambientales que aumentaron se debe a que el sitio de ubicación del vertedero presenta algunos niveles de vulnerabilidad por causa de un vertedero incontrolado que funcionaba cerca del lugar.

Finalmente el vertedero Macondo no sufrió mayores cambios, debido principalmente a que este sitio de disposición final es semi controlado y presentan unas exigencias minimas para su operación. Se destaca el aumento en la volración del elemento del medio agua subterránea (asub) que obtuvo un 66,6% (Tabla 42b, columna 11, fila 5), debido al uso de esta agua y el grado de contaminación causado principalmente por actividad de extracción de hidrocarburos cerca al sitio. En cuanto al elemento suelo (Su) se presento un valor de disminución de -26% (tabla 42b, columna 11, fila 7) debido a que la zona presenta alta cobertura vegetal y especies vegetales diversas, que permiten una vulnerabilidad baja del suelo.

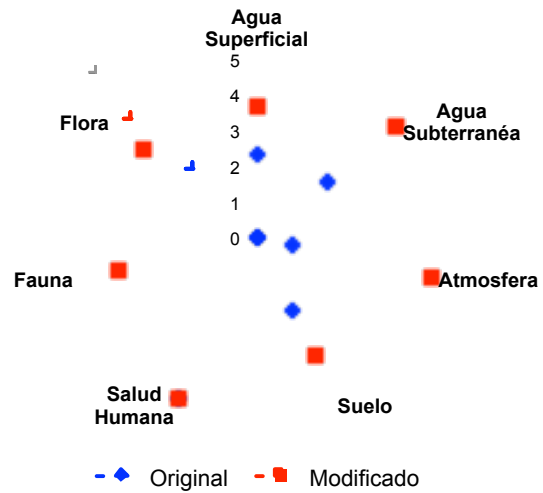
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA



Magic Garden



Carrasco



Doña Juana

Arroyohondo

Continua en la siguiente Pagina

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Continuación

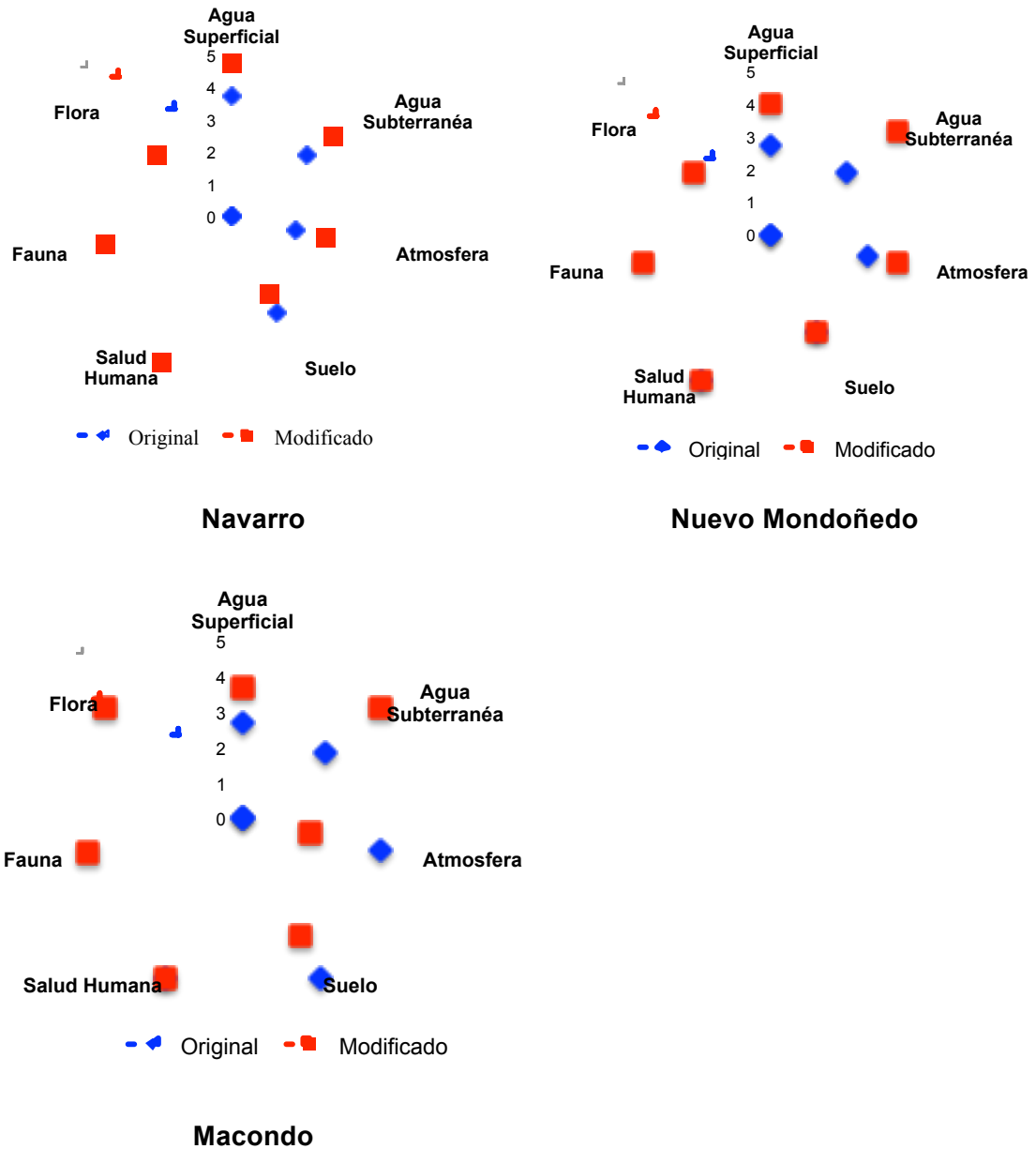


Figura 34. Comparativo de los Valores Ambientales para cada vertedero estudiado

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5.3.3 Índice de Riesgo Ambiental (IRA)

Como se presentó en un apartado anterior, el índice IRA es el resultado de la interacción de las amenazas representadas por el vertedero y la vulnerabilidad ambiental de los elementos del medio. En este sentido el análisis del IRA es fundamental en el seguimiento y control porque permite diagnosticar la efectividad de la aplicación de medidas de manejo y cuales elementos del medio presentan mayor riesgo y tomar decisiones al respecto. Teniendo en cuenta lo anterior, los valores del IRA en la aplicación de la EVIAVE modificada, presentaron un aumento similar, comparado con la EVIAVE original, a los obtenidos en los Va (Tabla 42a, Columnas 5,8, 11 y 14, Filas 11-17; tabla 42b, Columnas 5, 8 y 11, Filas 11-17 y Fig. 35).

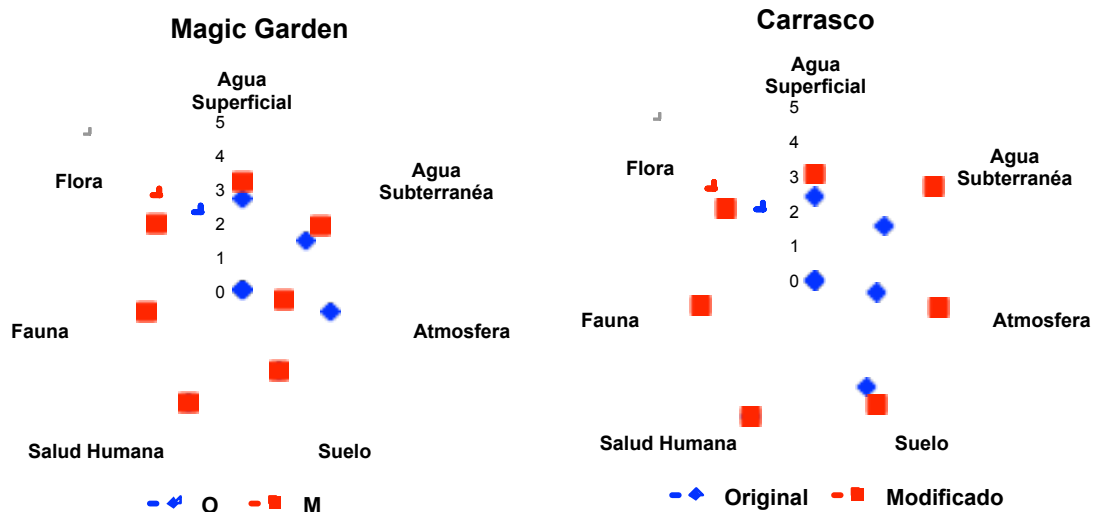
Si se observan los valores obtenidos para el IRA, se puede concluir que la propuesta de modificación mejora la actividad de verificación de las condiciones reales del sitio de ubicación de los vertederos y su desempeño. Analizada la aplicación de forma global, en los cinco vertederos estudiados se puede identificar que el vertedero el Navarro presenta el mayor riesgo ambiental (Tabla 42b, Columna 5, Filas 11-17 y Fig. 35), en este caso por ser un sitio de disposición incontrolado, individualmente se puede identificar que los elementos del medio que presentan en su orden mayor riesgo en este vertedero son el Asup (Tabla 42b, Columna 5, Fila 11), la Salud (Sh) (Tabla 42b, Columna 5, Fila 15), la Fauna (Tabla 42b, Columna 5, Fila 16) y el Asub (Tabla 42b, Columna 5, Fila 12), a diferencia del IRA Original cuyo orden de riesgo es Sh (Tabla 42b, Columna 5, Fila 15), Asup (Tabla 42b, Columna 5, Fila 11), So (Tabla 42b, Columna 5, Fila 14) y Asub (Tabla 42b, Columna 5, Fila 12).

En el caso de Magic Garden se observa que la comparación del índice varia en los elemento del medio agua superficial (Asup) y agua subterránea (Asub) (Tabla 42a, Columna 5, Fila 11, 12), ya que se relaciona directamente con el estado de vulnerabilidad de los mismos, presenta valores significativos en los elementos nuevos flora (FI) y fauna (Fa) (tabla 42a, Columna 4, Fila 16, 17). En el caso de Carrasco el ERI aumento en la mayoría de los elementos de medio, (Tabla 42a, Columnas 6, 7 y 8, Filas 11, 12,13,14 y 15, Fig. 35) reflejando así el riesgo generado por este vertedero al no cumplir con las normas establecidas para su operación; igualmente Doña Juana presenta un aumento considerable del riesgo al ser un vertedero saturado y con grandes limitantes en su construcción y operación (Tabla 42a, Columnas 9, 10 y 11,

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Filas 11 ,12, 13, 14 y 15, Fig. 6). Arroyohondo por ser el vertedero de mejores condiciones de construcción y operación y al cumplir con las normas establecidas por el país, es el vertedero que presento menos variaciones en este índice (Tabla 42a, Columnas 12,13 y 14, Filas 11, 12, 13, 14 y 15, Fig. 35).

Para Nuevo Mondoñedo los valores obtenidos en la calificación de la IRA (Fig. 35) lograron demostrar la situación real del vertedero, siendo este uno de los sitios de disposición final con menos impactos ambientales, ya que esta totalmente controlado y tiene una planta de manejo de lixiviados (Tabla 42b, columna 6,7 y 8,Filas 4,5,6,7,8,9 y 10). La situación contraria se presenta en el vertedero de Macondo ya que este fue un sitio de disposición final construido para un manejo semi-controlado y durante su funcionamiento se han presentado impactos significativos, afectando significativamente el agua subterránea (asub) (Tabla 42b,, columna 11, fila 5).



Continua en la siguiente Pagina

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

Continuación

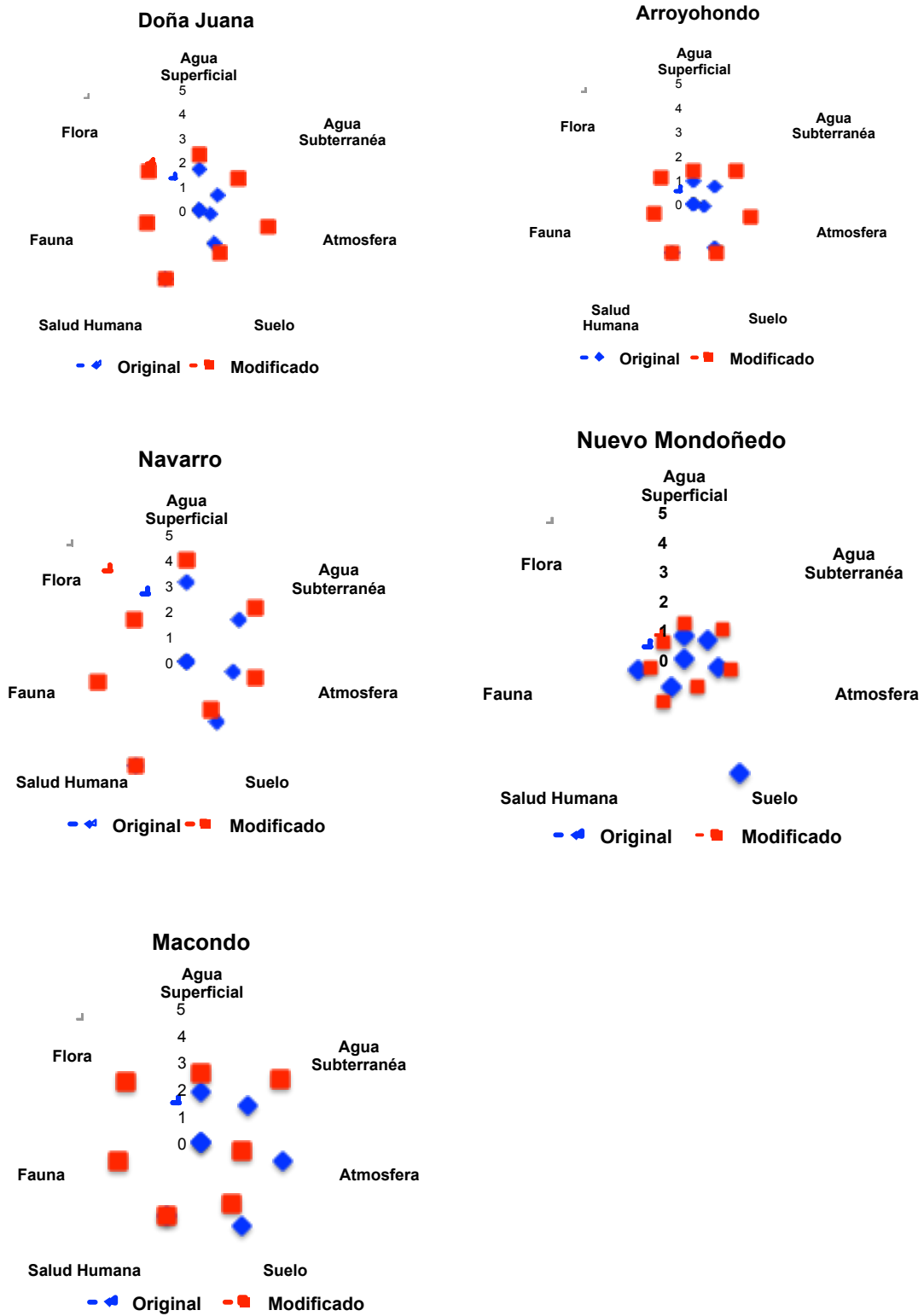


Figura 35. Comparativo del Índice de Riesgo Ambiental para los vertederos estudiados

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

5.3.4 Índice Medio Vertedero (IMV)

El índice ELI es el último valor que adquiere la metodología y en el, se recogen la sumatoria de todos los IRA calculados para un vertedero, es por esto que el índice permite analizar de forma global el grado de afección ambiental que genera la interacción de un vertedero en su lugar de ubicación.

Al realizar la aplicación de la metodología EVIAVE modificada y compararla con la original se encontraron aumentos significativos de este índice. Es así como se presentan porcentajes de cambio en el valor del IMV, que van desde el 1 hasta el 64 % (Tabla 42a y 42b, Fila 18, columnas 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13). Este aumento refleja con mayor claridad la situación real que enfrentan los vertederos estudiados; es el caso de los vertederos Carrasco, Doña Juana y Navarro (Tabla 42a, Columnas 6, 7, 9, 10, Tbla42b, Columnas 3,4 Fila 18), los cuales fueron tan significativos que permitieron el cambio de clasificación del índice; convirtiendo a la metodología en una herramienta de mayor exigencia y permite desde su aplicación a los procesos de seguimiento y control, establecer medidas correctoras para los elementos afectados.

En el caso de los vertederos el Carrasco y Doña Juana, su cambio de clasificación (Tabla 42a, Fila 19, Columnas 6,7,9 y 10) representa el grado de vulnerabilidad adquirida del sitio de ubicación determinada principalmente por años de explotación incontrolada. El vertedero Navarro al ser un sitio de disposición final de residuos incontrolado, posee significativas fallas técnicas en la explotación y está ubicado en una zona de importancia socio-ecosistémica y alta vulnerabilidad ambiental, como resultado se han generado en los procesos de funcionamiento del vertedero, impactos ambientales significativos al agua superficial y subterránea y a la salud de la comunidad que utiliza el agua para actividades de consumo y agropecuarias.

Los dos vertederos que si aumentaron el valor del índice pero no cambiaron su clasificación, fueron Magic Garden, Arroyohondo, Nuevo Mondoñedo y Macondo (Tabla 42a y 42b , Fila 18, Columnas 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12 y 13), este comportamiento se dio debido a que a pesar de que sus sitios de ubicación presentan algún grado de vulnerabilidad, los vertederos cumplen con las condiciones técnicas de construcción y operación suficientes para disminuir los riesgos de la actividad.

5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA EVIAVE MODIFICADA EN VERTEDEROS DE COLOMBIA

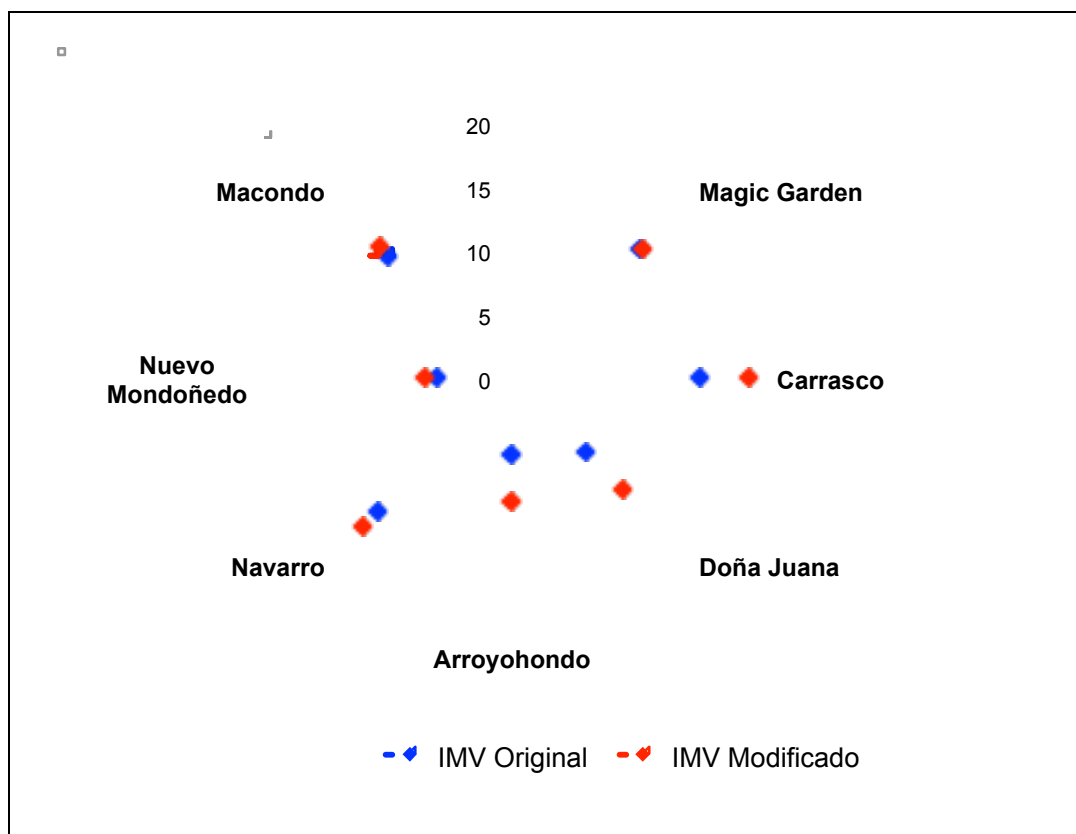


Figura 36. Comparativo del Índice IMV para la EVIAVE original y modificada

6. CONCLUSIONES Y LÍNEA FUTURA

6.1 CONCLUSIONES

Los aportes fundamentales del desarrollo de esta memoria han sido tres:

- i. La metodología EVIAVE se ajusto al contexto jurídico y técnico, según las exigencias establecidas por la normativa Colombia.
- ii. Se incorporaron dos nuevos elementos del medio que fueron la flora y la fauna y se reajustaron los valores de los descriptores ambientales al concepto de vulnerabilidad.
- iii. Se presenta la metodología EVIAVE como una herramienta dentro del proceso de seguimiento y control en la EIA para vertederos en Colombia.

A continuación se resumen las conclusiones que se han obtenido en este estudio.

En relación a la Evaluación del sistema de EIA Colombiano:

El proceso de Seguimiento y Control en Colombia tiene limitaciones, debido principalmente a la ausencia de metodologías que permitan evaluar el estado de los POA en su etapa de funcionamiento.

La EVIAVE como una metodología de diagnostico, creada específicamente para evaluar una actividad (construcción y operación de vertederos), es una herramienta de gran utilidad y eficiencia en los procesos de seguimiento y control de rellenos sanitarios en Colombia.

En cuanto a la propuesta de modificación de la metodología:

Este trabajo recoge una modificación de la metodología EVIAVE con la finalidad de adaptarla a las características sociales, políticas y ambientales de Colombia. Para ello se han incorporando dos nuevos elementos del medio, la flora y la fauna, teniendo en consideración las recomendaciones de la Convenio de Diversidad Biológica. Además se ha propuesto la incorporación del concepto de vulnerabilidad a la hora de analizar el valor ambiental de los elementos del medio considerados en la metodología.

6. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

La aplicación de la nueva metodología EVIAVE en siete vertederos en Colombia, ha puesto de manifiesto que las modificaciones incorporadas permiten obtener valores de índices ambientales que se ajustan mejor a las características ambientales del país, permitiendo describir la condición actual del sitio de ubicación, analizando el riesgo teniendo en cuenta las amenazas y las vulnerabilidades y el seguimiento y control en los procesos de EIA, ya que permite identificar los elementos del medio que están siendo afectados y las características del funcionamiento del vertedero que generan mayores impactos, facilitando la toma de decisiones en las actividades de los planes de manejo ambiental.

6.2 LÍNEA FUTURA DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de este trabajo, han surgido algunos posibles líneas de profundización aspectos que, permitirían profundizar en la aplicación de la metodología. Las líneas que se dejan abiertas para un desarrollo futuro son:

- Presentar la metodología EVIAVE modificada a las autoridades ambientales competentes de Colombia, como una herramienta que pueda ser utilizada en los procesos de seguimiento y control de los rellenos sanitarios del país.
- Crear un sistema que garantice la actualización de las variables de vertedero según las exigencias de la normativa del país.
- Realizar un estudio detallado que permita implementar la estructura de la metodología EVIAVE a nuevas actividades.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Abedinzadeh N, Abedinzadeh F, Abedi T. Environmental Diagnosis by Eviave Methodology to Planning and Decision-Making for Municipal Waste Landfills in Iran. *World Appl Sci J* 2013;21:1640-50.
- Adger WN. Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam. *World Dev* 1999;27:249–69.
- Adger WN. Vulnerability. *Glob Environ Chang* 2006;16:268–81.
- Agenda Ambiental del municipio de Yopal 2010. Informe Técnico de Soporte. 2013
- Ahammed A, Nixon B. Environmental impact monitoring in the EIA process of South Australia; *Environ Impact Assess Rev* 2006;26:426-47
- Alcaldía Mayor de Bogotá, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, Diagnóstico al Estudio de Impacto Ambiental Proyecto de Optimización de la zona VIII del Relleno Sanitario Doña Juana. p.67-81. 43
- Alexander Von Humboldt Institute (AvHI). Biodiversity 2014. Status and trends of continental biodiversity in Colombia. Colombia: AvHI; 2014. Available at: https://s3.amazonaws.com/biodiversidad2014/IAvH_Biodiversidad_2014.pdf
- Arts J, Caldwell P; Morrison-Saunders A. Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions-findings from a workshop at the IAIA 2000 conference, *Impact Assess Proj Apprais* 2001;19:175-85.
- Aqlan, F, Mustafa Ali E. Integrating lean principles and fuzzy bow-tie analysis for risk assessment in chemical industry. *J Loss Pre. Process Ind* 2014;29:39-48.
- Arthur J, Leone I, Flower, F. The response of tomato plants to simulated landfill gas mixtures. *J Environ Sci Health* 1985;20:913-925.
- Ariza J., Lopez E. La Evaluación Ex-Post como instrumento de aprendizaje y gestión de proyectos ambientales, aplicada al cierre del botadero mondoñedo en mosquera – Cundinamarca. Trabajo final de Ingeniería Ambiental. Universidad de la Salle. Bogota. 2009. Disponible en: [file:///Users/gabyarrieta/Downloads/T41.09%20A47e%20\(1\).pdf](file:///Users/gabyarrieta/Downloads/T41.09%20A47e%20(1).pdf)
- Arriero Luz. Diagnóstico del componente forestal en el relleno sanitario de Doña Juana. Trabajo Final de Especialización en Gerencia del medio ambiente y prevención de desastres. Universidad Sergio Arboleda, Colombia, 2008, Disponible en: <http://www.usergioarboleda.edu.co/investigacion-medioambiente/relleno-sanitario-dona-juana.htm>

7. BIBLIOGRAFÍA

- Ayomoh M, Oke S, Adedeji W, Charles-Owaba O. An approach to tackling the environmental and health impacts of municipal solid waste disposal in developing countries. *J Environ Manag* 2008;88:108-14.
- Banco de la Republica de Colombia [Republic Bank of Colombia] (BanRep). Boletín de Indicadores de Colombia [Indicators Bulletin of Colombia]. Colombia: BanRep; 2013. Available at: <http://www.banrep.gov.co/publicaciones/index.html>
- Bailey J, Hobbs V, Saunders A. Environmental auditing: artificial waterway developments in Western Australia. *J Environ Manag* 2001;34:1-13.
- Barker A, Wood C. An evaluation of EIA system performance in eight EU countries. *Environ Impact Asses Rev* 1999;19:387-404
- Bezama A, Aguayo P, Konrad O, Navia R, Lorber Karl E. Investigations on mechanical biological treatment of waste in South America: Towards more sustainable MSW management strategies. *Waste Manag* 2007;27:228-37.
- Beyer, J, Petersen K, Song Y, Ruus A, Grung M, Bakke T, Tollefsen. Environmental risk assessment of Knut Erik combined effects in aquatic ecotoxicology: A discussion paper. *Mar Environ Res* 2014; 96:81–91.
- Bird A, Therivel R. Post-auditing of environmental impact statements using data held in public registers of environmental information. *Proj Appraisal* 1996;11:105-16.
- Butt T, Lockley E, Oduyemi K. Risk assessment of landfill disposal sites – State of the art. *Waste Management Volume 28, Issue 6, 2008, Pages 952-964.*
- Butchart, S, Stattersfield A, Bennun L, Shutes S, Akcakaya R. et al. Measuring global trends in the status of biodiversity: Red List Indices for birds. *PLoS Biol.* 2, e383. 2004.
- Butchart, S, Akcakaya R, Kennedy E, Hilton-Taylor C. Biodiversity indicators based on trends in conservation status: strengths of the IUCN Red List Index. *Conserv Biol* 2006;20:579–581.
- Butchart, S, Akcakaya H, Chanson J, Baillie J, Collen B, et al., Improvements to the Red List Index. *PLoS ONE* 2, e140. 2007.
- Calvo F, Moreno B, Zamorano M, Szanto M. Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. *Waste Manag* 2005;25:768-79.
- Calvo F, Moreno B, Zamorano M, Ramos A. Implementation of a new environmental impact assessment for municipal waste landfills as a tool for planning and decision-making processes. *Renew Sustain Energy Rev* 2007;11:98-115.

- Canter L, Sadler B. A tool kit for effective EIA practice: review of methods and perspectives on their application. A supplementary report of the international study of the effectiveness of environmental assessment. USA: Environmental and Ground Water Institute, University of Oklahoma, Institute of Environmental Assessment, UK, International Association for Impact Assessment; 1997 [June].
- Canter L. Environmental impact assessment. 2nd ed. Bogotá: McGraw-Hill; 2000.
- CBD. Report of the expert meeting on indicators of biological diversity including indicators for rapid assessment of inland water ecosystems. Convention on Biological Diversity, UNEP/CBD/SBSTTA/9/INF/7, Montreal. 2003.
- Conesa V. Guía metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental [Methodological Guidelines for Environmental Impact Assessment]. 3ª ed. Madrid: Mundi-Prensa Libros; 1996.
- Contraloría General de la República (CGR). State of Natural Resources and the Environment 2005–2006 (In Spanish). Bogotá; 2006. Available at: http://www.contraloriagen.gov.co/html/publicaciones/publicaciones_inicio.asp.
- Contraloría Departamental de San Andres, Providencia y Santa Catalina. Informe Ambiental: Estado Actual de los Recursos Naturales en San Andres, Providencia y Santa Catalina. San Andres 2010. Disponible en: <http://www.contraloriasai.gov.co/phocadownload/informe%20ambiental%202010.pdf>
- De Oliveira S, Borenstein D. A decision support system for the operational planning of solid waste collection. Waste Manage 2007;27:1286-97.
- Delgado M, Cabrera E, Ortiz N. Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia. IAvH (Alexander von Humboldt Biological Resources Research Institute); 2008. Available at: <http://www.humboldt.org.co>
- Defensoría del Pueblo. Situación Actual de la Gestión Integral de Residuos Sólidos: Plantas de Aprovechamiento y Disposición Final en el Departamento de Cundinamarca. Bogotá. Diciembre 2010.
- Dunsire The Execution Process, Part I: Implementation in a Bureaucracy (Martin Robertson, Oxford). 1978
- Duinker P, Beanlands G. The significance of environmental impacts: an exploration of the concept. Environ Manag 1986;10:1-10.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Duarte O, Requena I, Rosario Y. Fuzzy techniques for environmental-impact assessment in the mineral deposit of Punta Gorda (Moa, Cuba). *Environ Technol* 2007;28:659–69.
- Economic Commission for Latin America (CEPAL). *Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean-2012*. Chile: United Nations; 2012.
- El-Fadel M, Findikakis A, Leckie J. Environmental impacts of solid waste landfilling. *J Environ Manag* 1997; 50:1-25.
- EPA, Environmental Protect Agency. Available: www.epa.gov/epawaste/facts-text.htm#chart2; 2014.
- Eurostat, 2014, available at: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/>
- Fairweather P. Where is the science in EIA?. *Search* 1989; 20:141-44.
- Finnveden G, Albertsson A, Berendson E, Höglund L, Sigbritt K, Sundqvist J. Solid waste treatment within the framework of life-cycle assessment. *J Clean Prod* 1995;3:189-99.
- Flower F, Gilman E, Leone I. Landfill gas, what it does to trees and how its injurious effects may be prevented. *J Arboric* 1981;7: 43-52.
- Flower F, Leone, I, Gilman E, Arthur J. Vegetation kills in landfill environs. In *Management of gas and leachate in landfills, Proceedings of the 3rd Annual Municipal Solid Waste Research Symposium*. St. Louis-USA, NTIS PB 272 595, 218–236; 1977.
- Füssel H. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Glob Environ Chang* 2007;17:155–67.
- Gachechiladze-Bozhesku M, Fischer T. Benefits of and barriers to SEA follow-up-Theory and practice. *Environ Impact Assess Rev* 2012;34:22-30.
- Gallopin G. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Env Chang* 2006;16:293–303.
- Garrido E., *Metodología de Diagnóstico Ambiental de Vertederos, Adaptación para su información utilizando Técnicas Difusas y su Aplicación en Vertederos de Andalucía (Methodology of Landfill Environmental Diagnosis. Definition and Application of Fuzzy Logic. Application to Landfills in Andalusia (Spain))*, PhD Thesis University of Granada, Spain, 2008, available at <http://arai.ugr.es/eiadifusa/>.

- Ghiani G, Laganà D, Manni E, Triki Ch. Capacitated location of collection sites in an urban waste management system. *Waste Manag* 2012;32:1291-1296.
- Gilman, E. F., Flower, F. B. and Leone, I. A. (1985). Standardized procedures for planting vegetation on completed sanitary landfills. *Waste Manag Res* 1985; 3: 65-80.
- Gilman E, Leone I, Flower F. Influence of soil gas contamination on tree root growth. *Plant Soil* 1982; 65: 3-10.
- Giubilato E, Zabeo A, Critto A, Giove S, Bierkens J, Den Hond E, Marcomini A. A risk-based methodology for ranking environmental chemical stressors at the regional scale. *Environ Int* 2014; 65:41-53.
- González A. Una aproximación a las visiones de la reserva de la biosfera “Seaflower” desde las comunidades culturales de San Andrés, Isla, *Gestión y Ambiente*, Volumen 8 - No 2, Diciembre de 2005
- Hannah L, Carr L, Lankerani A. Human disturbance and natural habitat: a biome level analysis of a global data set. *Biodivers Conserv* 1995; 4:128-55.
- Hill A, Horigan V, Clarke K, Dewé T, K.D.C. Stärk, S. O'Brien, S. Buncic. A qualitative risk assessment for visual-only post-mortem meat inspection of cattle, sheep, goats and farmed/wild deer. *Food Control* 2014; 38:96–103.
- Hollick M. Environmental impact assessment: an international evaluation. *Environ Manag* 1986;10:157–78.
- Hoorweg D, Bhada-Tata P. *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, Washington, DC; 2012. Available at: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- International Association for Impact Assessment (IAIA). *Biodiversity in impact assessment*. Special Publication Series No. 3. Fargo: IAIA-IEA UK; 2005. Available at: <http://www.iaia.org>.
- IUCN. *IUCN Red List categories and criteria version 3.1*. International Union for the Conservation of Nature. IUCN Species Survival Commission, IUCN, Gland and Cambridge; 2001
- IUCN. *Guidelines for application of IUCN Red List criteria at regional levels: version 3.0*. International Union for the Conservation of Nature. IUCN Species Survival Commission, IUCN, Gland and Cambridge; 2003.
- IDEAM, IAvH, IIAP, INVEMAR, SINCHI, 2011. *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010*. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM; 2011. Available at <https://documentacion.ideam.gov.co>

7. BIBLIOGRAFÍA

- Jha A, Singh S, Singh G, Gupta P. Sustainable municipal solid waste management in low income group of cities: a review. *Tropi Ecol* 52(1): 123-131, 2011
- Kassim T, Simoneit B. Environmental impact assessment: principles, methodology and conceptual framework. *Handb Environ Chem* 2005;1:1-57.
- Kelly P, Neil W. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Clim Chang* 2000; 47:325–52.
- Lawrence D. Impact significance determination-back to basics. *Environ Impact Asses Rev* 2007;27:755-69.
- Leu W, Willians W, Bark A. Development of an environmental impact assessment evaluation model and its application: Taiwan case study. *Environ Impact Asses Rev* 1996;16:115–33.
- Leão S, Bishopb I, Evansc D. Spatial–temporal model for demand and allocation of waste landfills in growing urban regions. *Comput Environ Urban Syst* 2004;28:353-85.
- Leone I, Flower F. Soil gas problems for woody plants growing on former refuse landfills. In *Remote Sensing of Environment, Remote Sensing for Exploration Geology, Proceedings of the International Symposium, Fort Worth, Texas-USA: Environmental Research Institute, Michigan, Ann Arbor, 2*, pp. 705–712; 1982.
- Leone I, Flower F, Arthur J, Gilman E. Damage to woody species by anaerobic landfill gases. *J Arboric* 1977;3: 221-225.
- Lindenmayer D, Margules C, Botkin D. Indicators of Biodiversity for Ecologically Sustainable Forest Management. *Conserv. Biol.* 2000;14:941-950.
- Ljunggren M. Including indirect environmental impacts in waste management planning. *Resour Conserv Recycling* 2003;38:213-41.
- Luers A, Lobella D, Sklard L, Addamsa L, Matsona P. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Glob Environ Chang* 2003;13:255–67.
- Manfredi S, Christensen T, Scharf H, Jacobs J. Environmental assessment of low-organic waste landfill scenarios by means of life-cycle assessment modelling (EASEWASTE). *Waste Manag Res* 2010;28:130-40.
- Marmolejo L, Torres P, Oviedo R, García M, Díaz L. Performance analysis of solid waste recovery facilities in Northern Valle del Cauca, Colombia. *Revista EIA* 2011;16:163-74. Available at: www.revista.eia.edu.co/revista16.htm

- Martorell S, Villamizar M, Martón I, Villanueva J, Carlos S, Sánchez A. Evaluation of risk impact of changes to surveillance requirements addressing model and parameter uncertainties. *Reliab Eng Syst Saf* 2014; 126:153–165.
- Márquez G. Transformation of ecosystems and living conditions in Colombia. PhD dissertation to obtain the title of Doctor in Tropical Ecology. Universidad de los Andes, Venezuela, 2005. Available at: <http://www.saber.ula.ve/dspace/bitstream/123456789/35521/1/25.MarquezCalle%2cGerman.2005.pdf>
- Meynell PJ. Use of IUCN Red Listing process as a basis for assessing biodiversity threats and impacts in environmental impact assessment. *Impact Assess Proj Apprais* 2005; 23: 65-72.
- McCallum D. Follow-up to environmental impact assessment: learning from Canadian government experience. *Environ Monit Assess* 1987; 8:199-215.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial [Ministry of Environment, Housing and Development] (MAVDT). Construcción de criterios técnicos para el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos con alta tasa de Biodegradación, plásticos, vidrio, Papel y cartón [Construction of technical criteria for the use and recovery of waste organic solids with high rate of biodegradation, plastics, glass, paper and cardboard]. Colombia: MAVDT; 2008. Available at <http://www.minambiente.gov.co/documentos/>
- Modak P, Biswas A. Conducting environmental impact assessment in developing countries. Toronto: United Nations University Press; 1999.
- Montos T, Komilis D, Halvadakis C. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Manag* 2005;25:818-32.
- Morrison-Saunders A, Arts J, Baker J, Caldwell P. Roles and Stakes in Environmental Impact Assessment Follow-up. *Impact Assess Proj Apprais* 2001;19:289-96.
- Morrison-Saunders A, Baker J, Arts J. Lessons From Practice: Towards Successful Follow-Up. *Impact Assess Proj Apprais* 2003;21:43-56.
- Munro DA. Learning from experience: auditing environmental impact assessments. In: Sadler B, editor. *Audit and evaluation in environmental assessment and management: Canadian and international experience*, proceedings of the conference on follow-up/audit of EIA results, Victoria, BC, Environment Canada/The Banff Centre, School of Management 1987.
- Moreno-Murillo, J. Fotointerpretación y Dinámica del Deslizamiento en el Relleno Sanitario de Doña Juana, Bogotá - Colombia.- *Geología Colombiana* 2001; 26: 153-175.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Nasirzadeh F, Khanzadi M, Rezaie M. Dynamic modeling of the quantitative risk allocation in construction projects. *Int J Proj Manag* 2014; 32:442–451.
- Noble B, Storey K. Towards increasing the utility of follow-up in Canadian EIA. *Environ Impact Assess Rev* 2005;25:163-80
- O'Faircheallaigh C. Environmental agreements, EIA follow-up and Aboriginal participation in environmental management: the Canadian experience. *Environ Impact Assess Rev* 2007; 27:319-42.
- Official Journal of the European Communities (OJEC). Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste. Brussels; 1999. p.0001-0019.
- Official Journal of the Colombian Government. Decree 1713 of 06 August 2002, whereby the provision of public cleanness is regulated (In Spanish). Bogotá: National Press; 2002; 44 893: 88-97.
- Official Journal of the Colombian Government. Resolution 1045 of 03 October 2003, Methodology for the preparation of Plans Integrated Management of Solid, Waste PGIRS adopted, and other measurements are taken (In Spanish). Bogotá: National Press; 2005; 45 329: 4-13.
- Official Journal of the Colombian Government. Resolution 1390 of 27 September 2005, by establishing guidelines why for closure, restoration or technical transformation to landfill disposal sites referred to in Article 13 of Resolution 1045 of 2003 which do not meet the obligations contained in the term established in that are created (In Spanish). Bogotá: National Press; 2005; 46 046: 7-9.
- Official Journal of the Colombian Government. Decree 2820 of 5 August 2010, which regulates Title VIII of Law 99 of 1993 regarding environmental licenses (In Spanish). Bogotá: Nacional Press; 2010; 47 792: 15-23.
- Official Journal of the Colombian Government. Decree 2981 of 20 December 2013, whereby the provision of public cleanness is regulated (In Spanish). Bogotá: National Press; 2013; 49 010: 22-33.
- Oppio A, Corsi S, Mattia S, Tosini A. Exploring the relationship among local conflicts and territorial vulnerability: The case study of Lombardy Region. *Land Use Policy* 2015; 43:239-47.
- Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD)- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). *Environmental Performance Reviews: Colombia 2014*, OECD Publishing.

- Organización Panamericana de la Salud [PanAmerican Health Organization] (OPS)- Organización Mundial para la Salud [World Health Organization] (OMS). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe [Diagnosis of the situation of the municipal solid waste management in Latin America and the Caribbean]. USA: OPS-OMS; 1997. available at <http://www.cepis.org.pe>.
- Ortolano L, Jenkins B, Abracosa R. Speculations on when and why EIA is effective. *Environ Impact Asses Rev* 1987;7:285-92.
- Pan American Health Organization (PAHO), the Inter-American Development Bank (IDB), and the Inter-American Association of Sanitary and Environmental Engineering (AIDIS). Regional Evaluation on Urban Solid Waste Management in Latin America and the Caribbean: 2010 Report. USA: IDB, 2010.
- Paolini A. Validation of EVIAVE methodology in Venezuela. Analysis and proposal for solutions (in Spanish). PhD Dissertation. Granada (Spain): University of Granada, 2007. available at <http://arai.ugr.es/eiadifusa/> .
- Pinzón L., Sotelo H. Analisis de las características fisico químicas de los suelos empleados como cobertura final en el relleno sanitario Doña Juana. *Revista Gestión Integral en Ingeniería Neogranadina*. Vol 3. Nº 2. Diciembre de 2011.
- Pratt C, Kaly U, Mitchell J. Manual: How to use the environmental vulnerability index (EVI). SOPAC Technical report 383. United Nations Environmental Programme, South Pacific Applied Geoscience Commission. USA; 2004.
- Radenkova-Yaneva M, Kostakeva E, Toshev D. Contaminant migration from sanitary landfill leachate through soil monoliths. *Water Sc Technol* 1995; 32: 215-19.
- Reis M. Solid Waste Incinerators: Health Impacts. *Environ Health Perspect* 2011; 119: 216-217.
- Renou S, Givaudana J, Poulain S, Dirassouyan F, Moulin P. Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *J Hazard Mater* 2008;150:468-93.
- Rincón, S. Toro, J. Burgos, J. Biodiversidad y estudios de impacto ambiental- Elementos para evaluadores - Bogotá, D. C., Colombia. Diciembre de 2009. Primera edición. ISBN: 978-958-8343-40-2
- Rodrigues A, Akçakaya, H, Bennun, L, Collar N, Boitani L, Brackett D. The value of the IUCN Red List for conservation. *Trends Ecol Evol* 2006;21:71-76.
- Ruiz S. L., Sánchez E., Tabares E., Prieto A., Arias J. C, Gómez R., Castellanos D., García P., Rodríguez L. (eds). 2007. Diversidad biológica y cultural del sur de la Amazonia colombiana - Diagnóstico. Corpoamazonia, Instituto Humboldt, Instituto Sinchi, UAESPNN, Bogotá D. C. – Colombia. 636 p. ISBN: 978-958-8343-15-0

7. BIBLIOGRAFÍA

- Sadler B. International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment. Final report environmental assessment in a changing world: Evaluating Practice to Improve Performance. Quebec: Environmental Agency, International Association for Impact Assessment, Minister of Supply and Services Canada; 1996.
- Simone M, Tonini D, Christensen Th. Contribution of individual waste fractions to the environmental impacts from landfilling of municipal solid waste. *Waste Manag* 2010;30:433-40.
- Smith B, Pilifosova O. An anatomy of adaptation to climate change and variability. *Clim Chang* 2002;45:223–51.
- SOPAC-UNEP. Building Resilience in SIDS. The environmental vulnerability index. United Nations Environmental Programme (UNEP), South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC). USA; 2005
- Statistics Canada. Waste Management Industry Survey: Business and Government Sectors. Canada:SC; 2010.
- Storey K, Jones P. Social impact assessment, impact management and follow-up: a case study of the construction of the Hibernia offshore platform. *Impact Assess Proj Apprais* 2003;21:99-107.
- Strickland-Munro J, Allison H, Moore S. Using resilience concepts to investigate the impacts of protected area tourism on communities. *Ann Tour Res* 2010;37:499–519.
- Suchant R, Baritz R, Braunisch V, Wildlife habitat analysis—a multidimensional habitat management model. *J Nat Conserv* 2003;10:253-268.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superintendent of Public Services]- (SSPD). Estudio sectorial de aseo-2013 [Status of solid waste disposal in Colombia-Diagnosis-2013]. Colombia: SSPD; 2013. Available at <http://publicaciones.superservicios.gov.co/index>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superintendent of Public Services]- (SSPD). Situación de la disposición final de residuos sólidos en Colombia- Diagnóstico [Status of solid waste disposal in Colombia-Diagnosis]. Colombia: SSPD; 2011. Available at <http://publicaciones.superservicios.gov.co/index.php/categoria/sectoriales/aaa>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios [Superintendent of Public Services]- (SSPD). Estudio sectorial de aseo-2010 [Cleaning sector study-

- 2010]. Colombia: SSPD; 2010. Available at <http://publicaciones.superservicios.gov.co/index>
- Tennøy A, Kværner J, Gjerstad K. Uncertainty in environmental impact assessment predictions: the need for better communication and more transparency. *Impact Assess Proj Apprais* 2006; 24:45-56.
- Taylor M, Elliott S, Eyles J, Frank J, Haight M, Streiner D, Walter S, White N, Willms D. Psychosocial impacts in populations exposed to solid waste facilities. *Soc Sci Med* 1991;33:441-47.
- Tchobanoglous G, Theisen H, Virgil S. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. New York: McGraw-Hill, 1998.
- Thomas C, Cameron A, Green Rh, Bakkenes M, Beaumont L, Collingham Y, Erasmus B, Ferreira de Siqueira M, Grainger A, Hannah L, Hughes L, Huntley B, S. van Jaarsveld, Guy F. Midgley, Lera Miles, Miguel A. Ortega-Huerta, A. Townsend Peterson A, Phillips O., Williams S. Extinction risk from climate change. *Nature* 2004; 427:145-148.
- Tomlinson P, Atkinson SF. Environmental audits, proposed terminology. *Environ Monit Assess* 1987;8(2):187 – 98.
- Toro J. Constructive analysis of the process of Environmental Impact Assessment in Colombia. Proposals for improvement (in Spanish). PhD Dissertation. Granada (Spain): University of Granada, 2009.
- Toro J, Requena I, Zamorano M. Environmental impact assessment in Colombia: critical analysis and proposals for improvement. *Environ Impact Asses Rev* 2010;30: 247-61.
- Toro J. Requena I., Zamorano M. Determining Vulnerability Importance in Environmental Impact Assessment. The case of Colombia. *Environ Impact Asses Rev* 2012;32: 107-17.
- Turner II B, Kasperson R, Matsone P, McCarthy J, Corell R, Christensen L, Eckley N, Kasperson J, Luers A, Martello M, Polsky C, Pulsipher A, Andrew Schiller A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proc Natl Acad Sci* 2003;14:8074-79.
- United Nations (UN). Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro. New York: UN; 1992a; 3–14.
- United Nations (UN). Convention on biological diversity, Río de Janeiro, 5 June 1992b. New York, Treaty Series; 1992b; 30619 (1760): 142–382.

7. BIBLIOGRAFÍA

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States Tables and Figures for 2010. USA: EPA; 2011.
- Uyarra E, Gee S. Transforming urban waste into sustainable material and energy usage: the case of Greater Manchester (UK). *J Clean Prod* 2012; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.046>
- VARGAS, G.(2004): Geología de la Isla de San Andrés, Colombia.- GEOLOGIA COLOMBIANA, 29, pp.71-87 , 8
- Vitousek P, Mooney H, Lubchenco J, Melillo J. Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 1997; 277: 494-499.
- Wagner T, Arnold P. A new model for solid waste management? An analysis of the Nova Scotia MSW strategy. *J Clean Prod* 2008;16:410-21.
- Wathern P. An introductory guide to EIA. In: Wathern P, editor. *Environmental impact assessment: theory and practice*. London: Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn 1994. p. 3-46.
- Wilson E. A practical method for environmental impact assessment audits. *Environ Impact Assess Rev* 1998; 18(1):59-71.
- Wood Ch. Environmental impact assessment in Victoria: Australian discretion rules EA. *J Environ Manage* 1993;39:281-95.
- Wood C. *Environmental impact assessment: a comparative review*. Second Edition. London: Pearson-Prentice Hall; 2003.
- Zamorano M, Paolini A, Ramos A, Rodríguez M. Adapting EVIAVE methodology as a planning and decision-making tool in Venezuela. *J Hazard Mater* 2009;172: 993-1006.
- Zamorano M, Molero E, Hurtado A, Grindlay A, Ramos A. Evaluation of a municipal landfill site in Southern Spain with GIS-aided methodology. *J Hazard Mater* 2008;160:473-81.
- Zamorano M, Garrido E, Moreno B, Paolini A, Ramos A. Description of the methodology EVIAVE for the environmental diagnosis of municipal waste landfills. *J Sustain Dev and Plan* 2006;1:1-14
- Zhao Y, Xing W, Lu W, Christensen Th. Environmental impact assessment of the incineration of municipal solid waste with auxiliary coal in China. *Waste Manag* 2012; 32:1989-98.

Ziadat A, Mott H. Assessing solid waste recycling opportunities for closed campuses. *Manag Environ Qual: An Int J* 2005;16:250-56.

Zhang, Y, Fan Z. An optimization method for selecting project risk response strategies. *Int J Proj Manag* 2014; 32: 412–422.

**ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y
CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS
VERTEDEROS ESTUDIADOS**

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 43. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Navarro

N°	PONDERADORES										CONDICIÓN										Cj				
	A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA				
1	1	1	1	2	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
2		2						No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
3	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
4	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
5			2	1	1	1	1	No aplica	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	N/A	N/A	5	5	5	5	5				
6	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	5	5	5	5				
8	2					1		Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	4	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A				
9					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A				
7					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A				
10	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
11				2		1	1	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	N/A	N/A	2	N/A	2	N/A	2				
12			1					No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A				
13		1						No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
14	2	2	2	1	2	2	2	Muy alto	Muy alto	No aplica	Muy alto	No aplica	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	5	N/A	5	5				
15	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
16	2							Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
17	2	2	2			1	1	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Alto	Alto	4	4	4	4	N/A	4	4				
19	2	1				1	1	Medio	Medio	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	3	3	N/A	3	N/A	3	3				
18	2	2		2		2	2	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	4	4	N/A	N/A	N/A	4	4				
20	1	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4				
21					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A				
22	2	2				1	1	Muy alto	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	N/A	N/A	5	5				
23	1	1	1	2	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4				
24	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
25	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5				
26			2		2			No aplica	No aplica	Medio	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	N/A	N/A	3	N/A	3	N/A	N/A				

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CONDICIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 44. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Doña Juana

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	PONDERADORES										CONDICIÓN										Cj				
		A.SUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA				
1	Asestamiento de la masa de residuos	1	1	1	2	1	1	1	Alto	No aplica	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4				
2	Características del acuífero		2					No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2				
4	Compacticación	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2				
5	Control de gases		2	2	1	1	1	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	N/A	N/A	4	4	4	4	4	4				
6	Control de lixiviados	2	2		2	2	2	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	N/A	2	2	2	2	2				
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2					1	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	Muy alto	2	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A				
9	Distancia a núcleos de población					2		No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A	N/A				
7	Distancias a infraestructuras					2		No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A				
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5				
11	Erosión				2		1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	N/A	N/A	N/A	3	N/A	N/A	3	3				
12	Estado de los caminos internos			1				No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
13	Fallas		1					No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2		1		2	Medio	Medio	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	3	3	N/A	3	N/A	3	3					
15	Materia de cobertura	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2				
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2						bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A				
17	Pluviometría	2	2	2			1	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4				
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1				1	Medio	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	Medio	3	3	N/A	N/A	N/A	3	3	3				
18	Punto situado en zona inundable	2	2		2		2	Medio	Medio	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	3	3	N/A	3	N/A	3	3	3				
20	Riesgo sísmico	1	1	1	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2				
21	Seguridad		2			2		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A				
22	Sistema de drenaje superficial	2	2				1	bajo	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	bajo	2	2	N/A	N/A	N/A	2	2	2				
23	Taludes	1	1	1	2	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3				
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5				
25	Tipo de resíduo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5				
26	Viento			2		2		No aplica	No aplica	Alto	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	4	N/A	4	N/A	N/A	N/A				

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 45. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Magic Garden

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	PONDERADORES										CONDICIÓN										Cj									
		ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA		
1	Asestamiento de la masa de residuos	1	1	1	2	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
2	Características del acuífero	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
4	Compacción	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
5	Control de gases	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			
6	Control de lixiviados	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	N/A	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A			
9	Distancia a núcleos de población	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A			
7	Distancias a infraestructuras	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A			
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
11	Erosión	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A			
12	Estado de los caminos internos	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	4	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A	4	N/A	N/A	N/A			
13	Fallas	1	1	1	1	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	N/A	3	N/A	N/A	3	N/A	N/A	3	N/A	3	3			
15	Material de cobertura	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2	2	2	2	2	2	2	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A			
17	Pluviometría	2	2	2	2	2	2	2	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A	4	N/A	4	4			
18	Punto situado en zona inundable	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	No aplica	Muy alto	No aplica	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	5	5			
20	Riesgo sísmico	1	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
21	Seguridad	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A			
22	Sistema de drenaje superficial	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	No aplica	No aplica	Muy alto	Medio	Medio	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	3	N/A	N/A	3	N/A	3	3			
23	Taludes	1	1	1	1	1	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4			
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
26	Viento	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A	N/A			

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CONDICIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 46. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Arroyohondo

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO										CONDICIÓN										Cj									
	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA						
1	Asentamiento de la masa de residuos	1	1	1	2	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
2	Características del acuífero	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A						
3	Construcción final	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
4	Compactación	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
5	Control de gases	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	2	2	2	2	2	2	2						
6	Control de lixiviados	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2					1		bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A						
9	Distancia a núcleos de población					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A						
7	Distancia a Infraestructuras					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3	N/A	N/A						
10	Estado del vertedero	1	1	1	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4						
11	Erosión				2		1		No aplica	No aplica	No aplica	Medio	Medio	No aplica	Medio	Medio	N/A	N/A	N/A	N/A	5	N/A	5	5						
12	Estado de los caminos internos		1						No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A						
13	Fallas		1						No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A						
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
15	Materia de cobertura	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2							bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A						
17	Pluviometría	2	2	2	2	2	2	2	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3						
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1				1	1	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	No aplica	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
18	Punto situado en zona inundable	2	2				2	2	Medio	Medio	No aplica	Medio	Medio	No aplica	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3						
20	Riesgo sismo	1	1	1	1	1	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3						
21	Seguridad					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A						
22	Sistema de drenaje superficial	2	2				1	1	bajo	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
23	Taludes	1	1	1	2	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2						
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5						
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5						
26	Viento			2		2			No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	N/A	N/A	5	N/A	N/A	5	N/A	N/A						

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 47. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Carrasco

N°	PONDERADORES										CONDICIÓN										CJ				
	A.SUB	A.SUB	ATM	SUELO	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	A.SUB	A.SUB	ATM	SUELO	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	A.SUB	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA		
1	Asentamiento de la masa de residuos	1	2	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
2	Características del acuífero	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
4	Compactación	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
5	Control de gases	2	2	2	2	2	2	2	No aplica	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	N/A	5	5	5	5	5	5		
6	Control de lixiviados	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	5	5	5	5		
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2					1		Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	4	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A		
9	Distancia a núcleos de población					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A		
7	Distancias e infraestructuras					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A		
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
11	Erosión						1		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	N/A	N/A	N/A	4	N/A	4	4		
12	Estado de los caminos internos							1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	3	N/A	N/A	N/A	N/A		
13	Fallas	1							No aplica	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2				2		Alto	Alto	No aplica	Alto	No aplica	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4		
15	Material de cobertura	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2							Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
17	Pluviometría	2	2	2	2	2	2	2	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4		
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1				1	1	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4		
18	Punto situado en zona inundable	2	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	No aplica	bajo	No aplica	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2		
20	Riesgo sísmico	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
21	Seguridad								No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A		
22	Sistema de drenaje superficial	2	2				1	1	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4		
23	Taludes	1	1	1	1	1	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3		
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5		
26	Viento							2	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	4	N/A	4	N/A	N/A		

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CONDICIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 48. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Nuevo Mondoñedo

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	PONDERADORES										CONDICIÓN										Cj									
		ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA		
1	Asentamiento de la masa de residuos	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	Características del acuífero		2					No aplica	Medio	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
4	Compactación	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo		
5	Control de gases			2	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
6	Control de lixiviados	2	2		2	2	2	Muy bajo	Muy bajo	No aplica	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2						bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
9	Distancia a núcleos de población					2		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
7	Distancias a infraestructuras					2		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
11	Erosión				2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
12	Estado de los caminos internos			1				No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
13	Fallas							No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2		1		2	Muy bajo	Muy bajo	No aplica	Muy bajo	No aplica	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo		
15	Materia de cobertura	2	2	2	2	2	2	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2						bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
17	Pluviometría	2	2	2			1	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto		
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1				1	Medio	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		
18	Punto situado en zona inundable	2	2		2		2	Medio	Medio	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		
20	Riesgo sísmico	1	1	1	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	
21	Seguridad					2		No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
22	Sistema de drenaje superficial	2	2				1	bajo	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		
23	Taludes	1	1	1	2	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio		
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto		
26	Viento			2		2		No aplica	No aplica	Alto	No aplica	Alto	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica		

ANEXO 1. VALORES DE PONDERACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 49. Ponderación y Clasificación de las variables de vertedero Macondo

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	PONDERADORES										CONDICIÓN										Cj									
		ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA	ASUP	ASUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA		
1	Asentamiento de la masa de residuos	1	1	1	2	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
2	Características del acullero	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	2	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
4	Compacción	2	2	2	2	2	2	2	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
5	Control de gases	2	2	2	1	1	1	1	No aplica	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	N/A	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
6	Control de lixiviados	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	No aplica	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	N/A	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
8	Distancia a masas de aguas superficiales	2							Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	Alto	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A	4	N/A	N/A		
9	Distancia a núcleos de población					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	3	N/A	N/A	3	N/A	N/A	N/A		
7	Distancias a infraestructuras					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A		
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	1	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
11	Erosión				2				No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	bajo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2	N/A	N/A	2	N/A	N/A	N/A		
12	Estado de los caminos internos								No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	4	N/A	N/A	4	N/A	N/A	N/A		
13	Fallas	1	1	1	1	1	1	1	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2	2	1	1	1	1	Alto	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
15	Materia de cobertura	2	2	2	2	2	2	2	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
16	Pendiente hacia cauces superficiales	2							Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
17	Pluviometría	2	2	2					Alto	Alto	Alto	Alto	No aplica	No aplica	Alto	Alto	Alto	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	2	1						Medio	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	Medio	No aplica	Medio	Medio	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	3	3	N/A	N/A	3	3		
18	Punto situado en zona inundable	2	2		2				Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	Alto	Alto	4	4	N/A	N/A	N/A	4	4	N/A	N/A	4	4	4		
20	Riesgo sísmico	1	1	1	1	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
21	Seguridad					2			No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A		
22	Sistema de drenaje superficial	2	2						Alto	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	Alto	No aplica	Alto	Alto	4	4	N/A	N/A	N/A	4	4	N/A	N/A	4	4	4		
23	Taludes	1	1	1	2	1	1	1	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	bajo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
24	Tamaño de la población	1	1	1	1	1	1	1	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	2	2	2	2	2	2	2	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	Muy alto	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
26	Viento			2		2			No aplica	No aplica	Muy alto	No aplica	Alto	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica	N/A	N/A	5	N/A	N/A	4	N/A	N/A	4	N/A	N/A	N/A		

**ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE
CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS
ESTUDIADOS**

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 50. Índice IRC para el vertedero Arroyohondo

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.Sup	A.Sub	Atm	Suelo	Salud	Fauna	Flora
1	Asentamiento de la masa de residuos	2	2	2	4	2	2	2
2	Características del acuífero		8					
3	Cobertura final	4	4	4	4	4	4	4
4	Compactación	4	4	4	4	4	4	2
5	Control de gases			4	2	2	2	2
6	Control de lixiviados	4	4		4	4	4	4
8	Distancia a masas de aguas superficiales	4					2	
9	Distancia a núcleos de población					4		
7	Distancias a Infraestructuras					6		
10	Edad del vertedero	4	4	4	4	4	4	4
11	Erosión				10		5	5
12	Estado de los caminos internos			1				
13	Fallas		3					
14	Impermeabilización del punto de vertido	4	4		2		4	4
15	Material de cobertura	4	4	4	4	4	4	4
16	Pendiente hacia cauces superficiales	4						

Continua en la siguiente pagina

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.Sup	A.Sub	Atm	Suelo	Salud	Fauna	Flora
17	Pluviometría	6	6	6			3	3
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	4	2				2	2
18	Punto situado en zona inundable	6	6		6		6	6
20	Riesgo sísmico	3	3	3	3	3	3	3
21	Seguridad					4		
22	Sistema de drenaje superficial	4	4				2	2
23	Taludes	2	2	2	4	2	2	2
24	Tamaño de la población	5	5	5	5	5	5	5
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			10		10		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 51. Índice IRC para el vertedero Navarro

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	5	5	5	10	5	5	5
2	Características del acuífero		6					
3	Cobertura final	10	10	10	10	10	10	10
4	Compactación	10	10	10	10	10	10	5
5	Control de gases			10	5	5	5	5
6	Control de lixiviados	10	10		10	10	10	10
8	Distancia a masas de aguas superficiales	8					4	
9	Distancia a núcleos de población					10		
7	Distancias a Infraestructuras					8		
10	Edad del vertedero	5	5	5	5	5	5	5
11	Erosión				4		2	2
12	Estado de los caminos internos			5				
13	Fallas		3					
14	Impermeabilización del punto de vertido	10	10		5		10	10
15	Material de cobertura	10	10	10	10	10	10	10

Continua en la siguiente pagina

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
16	Pendiente hacia cauces superficiales	6						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	6	3				3	3
18	Punto situado en zona inundable	8	8				8	8
20	Riesgo sísmico	4	4	4	4	4	4	4
21	Seguridad					10		
22	Sistema de drenaje superficial	10	10				5	5
23	Taludes	4	4	4	8	4	4	4
24	Tamaño de la población	5	5	5	5	5	5	5
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			6		6		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 52. Índice IRC para el vertedero Carrasco

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	5	5	5	10	5	5	5
2	Características del acuífero		10					
3	Cobertura final	10	10	10	10	10	10	10
4	Compactación	10	10	10	10	10	10	5
5	Control de gases			10	5	5	5	5
6	Control de lixiviados	10	10		10	10	10	10
8	Distancia a masas de aguas superficiales	8					4	
9	Distancia a núcleos de población					8		
7	Distancias a Infraestructuras					8		
10	Edad del vertedero	5	5	5	5	5	5	5
11	Erosión				8		4	4
12	Estado de los caminos internos			3				
13	Fallas		5					
14	Impermeabilización del punto de vertido	8	8		4		8	8
15	Material de cobertura	10	10	10	10	10	10	10

Continúa en la siguiente pagina

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
16	Pendiente hacia cauces superficiales	8						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	8	4				4	4
18	Punto situado en zona inundable	4	4		4		4	4
20	Riesgo sísmico	5	5	5	5	5	5	5
21	Seguridad					8		
22	Sistema de drenaje superficial	8	8				4	4
23	Taludes	3	3	3	6	3	3	3
24	Tamaño de la población	5	5	5	5	5	5	5
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			8		8		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 53. Índice IRC para el vertedero Doña Juana

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	4	4	4	8	4	4	4
2	Características del acuífero		10					
3	Cobertura final	4	4	4	4	4	4	4
4	Compactación	4	4	4	4	4	4	2
5	Control de gases			8	4	4	4	4
6	Control de lixiviados	4	4		4	4	4	4
8	Distancia a masas de aguas superficiales	4					2	
9	Distancia a núcleos de población					8		
7	Distancias a Infraestructuras					10		
10	Edad del vertedero	5	5	5	5	5	5	5
11	Erosión				6		3	3
12	Estado de los caminos internos			2				
13	Fallas		2					
14	Impermeabilización del punto de vertido	6	6		3		6	6
15	Material de cobertura	4	4	4	4	4	4	4
16	Pendiente hacia cauces superficiales	4						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	6	3				3	3

Continua en la siguiente página

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
18	Punto situado en zona inundable	6	6		6		6	6
20	Riesgo sísmico	2	2	2	2	2	2	2
21	Seguridad					10		
22	Sistema de drenaje superficial	4	4				2	2
23	Taludes	3	3	3	6	3	3	3
24	Tamaño de la población	5	5	5	5	5	5	5
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			8		8		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 54. Índice IRC para el vertedero Nuevo Mondoñedo

Nº	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	2	2	2	4	2	2	2
2	Características del acuífero		6					
3	Cobertura final	2	2	2	2	2	2	2
4	Compactación	4	4	4	4	4	4	2
5	Control de gases			4	2	2	2	2
6	Control de lixiviados	2	2		2	2	2	2
8	Distancia a masas de aguas superficiales	4					2	
9	Distancia a núcleos de población					6		
7	Distancias a Infraestructuras					4		
10	Edad del vertedero	1	1	1	1	1	1	1
11	Erosión				8		4	4
12	Estado de los caminos internos			2				
13	Fallas		2					
14	Impermeabilización del punto de vertido	2	2		1		2	2
15	Material de cobertura	4	4	4	4	4	4	4

Continua en la siguiente página

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
16	Pendiente hacia cauces superficiales	4						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	6	3				3	3
18	Punto situado en zona inundable	6	6		6		6	6
20	Riesgo sísmico	2	2	2	2	2	2	2
21	Seguridad					4		
22	Sistema de drenaje superficial	4	4				2	2
23	Taludes	2	2	2	4	2	2	2
24	Tamaño de la población	3	3	3	3	3	3	3
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			8		8		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 55. Índice IRC para el vertedero Magic Garden

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	4	4	4	8	4	4	4
2	Características del acuífero		10					
3	Cobertura final	6	6	6	6	6	6	6
4	Compactación	6	6	6	6	6	6	3
5	Control de gases			6	3	3	3	3
6	Control de lixiviados	6	6		6	6	6	6
8	Distancia a masas de aguas superficiales	10					5	
9	Distancia a núcleos de población					10		
7	Distancias a Infraestructuras					10		
10	Edad del vertedero	4	4	4	4	4	4	4
11	Erosión				4		2	2
12	Estado de los caminos internos			4				
13	Fallas		4					
14	Impermeabilización del punto de vertido	6	6		3		6	6
15	Material de cobertura	6	6	6	6	6	6	6
16	Pendiente hacia cauces superficiales	8						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	8	4				4	4

Continúa en la siguiente página

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
18	Punto situado en zona inundable	10	10		10		10	10
20	Riesgo sísmico	4	4	4	4	4	4	4
21	Seguridad					10		
22	Sistema de drenaje superficial	6	6				3	3
23	Taludes	3	3	3	6	3	3	3
24	Tamaño de la población	4	4	4	4	4	4	4
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			10		10		

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 56. Índice IRC para el vertedero Macondo

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
1	Asentamiento de la masa de residuos	4	4	4	8	4	4	4
2	Características del acuífero		10					
3	Cobertura final	8	8	8	8	8	8	8
4	Compactación	8	8	8	8	8	8	4
5	Control de gases			10	5	5	5	5
6	Control de lixiviados	10	10		10	10	10	10
8	Distancia a masas de aguas superficiales	8					4	
9	Distancia a núcleos de población					6		
7	Distancias a Infraestructuras					4		
10	Edad del vertedero	5	5	5	5	5	5	5
11	Erosión				4		2	2
12	Estado de los caminos internos			4				
13	Fallas		2					
14	Impermeabilización del punto de vertido	8	8		4		8	8
15	Material de cobertura	8	8	8	8	8	8	8
16	Pendiente hacia cauces superficiales	6						
17	Pluviometría	8	8	8			4	4
19	Punto situado en zona de escorrentía superficial	6	3				3	3

Continua en la siguiente página

ANEXO 2. VALORES DEL ÍNDICE DE RIESGO DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Continuación

N°	VARIABLES DEL VERTEDERO	IRC						
		A.SUP	A.SUB	ATM	SUELO	SALUD	FAUNA	FLORA
18	Punto situado en zona inundable	8	8		8		8	8
20	Riesgo sísmico	2	2	2	2	2	2	2
21	Seguridad							
22	Sistema de drenaje superficial	8	8				4	4
23	Taludes	2	2	2	4	2	2	2
24	Tamaño de la población	3	3	3	3	3	3	3
25	Tipo de residuo y porcentaje de materia orgánica	10	10	10	10	10	10	10
26	Viento			10		8		

**ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE
PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA
LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS**

ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 57. Valoración del índice Pbc para el vertedero Arroyohondo

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0.4	0.4
	Agua Subterránea	0.36	0.36
	Atmosfera	0.48	0.48
	Suelo	0.41	0.41
	Salud	0.37	0.37
	Fauna	Na	0.30
	Flora	Na	0.30

Tabla 58. Valoración del índice Pbc para el vertedero Navarro

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0.86	0.86
	Agua Subterránea	0.94	0.94
	Atmosfera	0.89	0.89
	Suelo	0.88	0.88
	Salud	0.90	0.90
	Fauna	Na	0.96
	Flora	Na	0.94

ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 59. Valoración del índice Pbc para el vertedero Carrasco

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0.48	0.48
	Agua Subterránea	0.45	0.45
	Atmosfera	0.56	0.56
	Suelo	0.54	0.54
	Salud	0.59	0.59
	Fauna	NA	0.55
	Flora	NA	0.55

Tabla 62. Valoración del índice Pbc para el vertedero Doña Juana

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0.64	0.64
	Agua Subterránea	0.67	0.67
	Atmosfera	0.72	0.72
	Suelo	0.78	0.78
	Salud	0.88	0.88
	Fauna	NA	0.69
	Flora	NA	0.65

ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 60. Valoración del índice Pbc para el vertedero Nuevo Mondoñedo

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0,31	0,31
	Agua Subterránea	0,33	0,33
	Atmosfera	0,4	0,4
	Suelo	0,32	0,32
	Salud	0,33	0,33
	Fauna	NA	0,32
	Flora	NA	0,32

Tabla 63. Valoración del índice Pbc para el vertedero Magic Garden

Pbc _i	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
	Agua Superficial	0.78	0.78
	Agua Subterránea	0.82	0.82
	Atmosfera	0.67	0.67
	Suelo	0.86	0.86
	Salud	0.84	0.84
	Fauna	NA	0.82
	Flora	NA	0.82

ANEXO 3. VALORES DEL ÍNDICE DE PROBABILIDAD DE CONTAMINACIÓN PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 61. Valoración del índice Pbc para el vertedero Macondo

	ELEMENTOS DEL MEDIO	EVIAVE	
		Original	Modificada
Pbc_i	Agua Superficial	0.71	0.71
	Agua Subterránea	0.74	0.74
	Atmosfera	0.77	0.77
	Suelo	0.61	0.61
	Salud	0.37	0.37
	Fauna	NA	0.73
	Flora	NA	0.72

**ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS
DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS
VERTEDEROS ESTUDIADOS**

**ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA
LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS**

**Tabla 64. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero
Arroyohondo**

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Agricultura	4	4
	A2	Ríos de 3er orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2	2
	A3	Aguas de calidad deficiente o mala	1	5
Agua Subterránea	B1	Uso para abastecimiento humano	5	5
	B2	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1	5
Atmosfera	C1	Calidad del aire muy mala: Índice de Calidad del Aire: ICA: 201- 300. Olor cuya intensidad en el aire lo hace absolutamente desapropiados respirar.	1	5
Suelo	D1	Urbano industrial y urbanizable turístico	4	4
	D2	Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivos de secano	2	2
	D3	< 5 %	1	5
Fauna	F1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas	0	4
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$	0	4
Flora	G1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de Flora silvestre amenazadas	0	4

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 65. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Navarro

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Agricultura	4	4
	A2	Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas declaradas vulnerables y sensibles.	5	5
	A3	Aguas de calidad deficiente o mala	1	5
Agua Subterránea	B1	Agricultura	4	4
	B2	Aguas deficientes o malas (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25 – 250 mg/l y Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l	2	4
Atmosfera	C1	Calidad del aire regular: ICA: 101-150. Olor tan débil que una persona normal podría detectarlo si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta.	3	3
Suelo	D1	Urbanizable residencial	3	3
	D2	Formación herbácea con arbolado, cultivos de regadío o secano con árboles aislados	3	3
	D3	51-75 %	4	2
Fauna	F1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas	0	4
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$	0	4
Flora	G1	Especies amenazadas Media: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 11-22 Especies de Flora silvestre amenazadas	0	3

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 67. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Carrasco

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	O
Agua Superficial	A1	Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5	5
	A2	Ríos de 3er orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2	2
	A3	Aguas en estado aceptable	2	4
Agua Subterránea	B1	Uso para abastecimiento humano	5	5
	B2	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1	5
Atmosfera	C1	Calidad del aire mala: ICA: 151-200. Olor que llama la atención y que lo hace muy desagradable. Se observan efectos nocivos. Miembros de los grupos sensibles pueden sufrir serios efectos en la salud.	2	4
Suelo	D1	Urbano residencial y urbano turístico	5	5
	D2	Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5	5
	D3	6-25 %	2	4
Fauna	F1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas		4
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$		4
Flora	G1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de Flora silvestre amenazadas		4

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 68. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Doña Juana

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5	5
	A2	Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas declaradas vulnerables y sensibles.	5	5
	A3	Aguas de calidad deficiente o mala	1	5
Agua Subterránea	B1	Industria	3	3
	B2	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1	5
Atmosfera	C1	Calidad del aire muy mala: Índice de Calidad del Aire: ICA: 201- 300. Olor cuya intensidad en el aire lo hace absolutamente desapropiados respirar.	1	5
Suelo	D1	Urbano residencial y urbano turístico	5	5
	D2	Formación arbustiva y herbácea sin arbolado o cultivos de secano	2	2
	D3	6-25 %	2	4
Fauna	F1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas	NA	4
	F2	Hábitat completamente transformado: IVR < 10%	NA	5
Flora	G1	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de Flora silvestre amenazadas	NA	5

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 69. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Nuevo Mondoñedo

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Agricultura	4	4
	A2	Masas de aguas estacionales: lagunas y embalses	3	3
	A3	Aguas de calidad deficiente o mala	1	5
Agua Subterránea	B1	Uso para abastecimiento humano	5	5
	B2	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1	5
Atmosfera	C1	Calidad del aire regular: ICA: 101-150. Olor tan débil que una persona normal podría detectarlo si prestara atención porque de otra manera no se daría cuenta.	2	4
Suelo	D1	Urbano industrial y urbanizable turístico	4	4
	D2	Formación herbácea con arbolado, cultivos de regadío o secano con árboles aislados	3	3
	D3	26-50 %	3	3
Fauna	F1	Especies amenazadas Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 23-98 Especies de fauna silvestre amenazadas	NA	4
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$	NA	4
Flora	G1	Especies amenazadas Media: En el área de influencia del proyecto se encuentran entre 11-22 Especies de Flora silvestre amenazadas	NA	3

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 70. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Magic Garden

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5	5
	A2	Masas de agua permanente: marismas y zonas intermareales, albuferas, salinas, estuarios y ramales de marea. Zonas declaradas vulnerables y sensibles.	5	5
	A3	Aguas en estado aceptable	2	4
Agua Subterránea	B1	Uso para abastecimiento humano	5	5
	B2	Aguas deficientes o malas (se da una de las circunstancias que a continuación se indican): Cloruros 25 – 250 mg/l y Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l y Nitratos 25-50 mg/l	2	4
Atmosfera	C1	Calidad del aire buena: ICA: 50-100. Olor que ordinariamente podía no notarse por una persona normal pero si serían detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible.	4	2
Suelo	D1	Urbano residencial y urbano turístico	5	5
	D2	Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5	5
	D3	26-50 %	3	3
Fauna	F1	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de fauna silvestre amenazadas	NA	5
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$	NA	4
Flora	G1	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de Flora silvestre amenazadas	NA	5

ANEXO 4. VALORACIÓN DE LOS DESCRIPTORES AMBIENTALES PARA LOS VERTEDEROS ESTUDIADOS

Tabla 71. Valoración de los Descriptores Ambientales para el vertedero Macondo

ELEMENTO DEL MEDIO	CARACTERÍSTICA Y CONDICIÓN		VALOR	
			O	M
Agua Superficial	A1	Uso para abastecimiento humano, recreativo incluidas zonas de baño y acuicultura	5	5
	A2	Ríos de 3er orden o más y cursos de agua estacionales: ríos, arroyos y ramblas	2	2
	A3	Aguas en estado aceptable	2	4
Agua Subterránea	B1	Uso para abastecimiento humano	5	5
	B2	Aguas muy deficientes: Nitratos > 50 mg/l y Cloruros > 250 mg/l	1	5
Atmosfera	C1	Calidad del aire buena: ICA: 50-100. Olor que ordinariamente podía no notarse por una persona normal pero si serían detectables por un inspector experimentado o por una persona muy sensible.	4	2
Suelo	D1	Urbano residencial y urbano turístico	5	5
	D2	Formaciones de arbolado denso, monte autóctono o de repoblación bien asentado	5	5
	D3	> 75 %	5	1
Fauna	F1	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de fauna silvestre amenazadas	NA	5
	F2	Hábitat con transformación alta: $10\% \leq \text{IVR} < 20$	NA	4
Flora	G1	Especies amenazadas Muy Alta: En el área de influencia del proyecto se encuentran > 98 Especies de Flora silvestre amenazadas	NA	5