Valoración Económica Ambiental por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda, Barrancabermeja, Santander

Nadir Alexandra Pedraza Tabares
Economista
Código: 20161110011

Proyecto de grado para optar al título Magíster en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental
Bogotá, D.C.
2022

Valoración Económica Ambiental por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda, Barrancabermeja, Santander

Investigador:

Nadir Alexandra Pedraza Tabares

Economista

Código: 20161110011

Director:

Jairo Pedraza Álvarez

Magister en Ingeniería Ambiental- Ingeniero Forestal

Codirector:

Julio Eduardo Beltrán Vargas

Doctor en Ciencias Biología- Biólogo Marino



Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Maestría en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

Bogotá, D.C.

2022

Título en español

Valoración económica ambiental por el mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda, Barrancabermeja, Santander.

Título en inglés

Environmental economic assessment of La Esmeralda creek water quality improvement, Barrancabermeja, Santander.

Resumen: La presente investigación muestra los resultados y el análisis de la implementación de la valoración económica ambiental por el mejoramiento de la calidad de agua de la quebrada La Esmeralda, ubicada en la la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito, del Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja.

Abstract: The present investigation shows the results and analysis of the implementation of the environmental economic assessment for the improvement of the water quality of the La Esmeralda stream, located in the Ciénaga Brava village, El Llanito, of the Special District, Port, Industrial, Tourist and Biodiverse of Barrancabermeja.

Palabras claves:

Valoración económica ambiental, impactos ambientales, calidad de agua.

Keywords:

Environmental economic assessment, environmental impacts, water quality.

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

Trabajo de Tesis

Aprobado

_____

Jurado

_____

Jurado

_____

Director

Dedicatoria

A Dios, a la vida y la naturaleza por permitirme culminar con uno de mis sueños.

A mi padre, director y guía, por ser mi soporte en cada momento de mi vida y sembrar en mí, el gusto por la investigación sobre el medio ambiente.

A mi madre, hermanos y sobrina por su amor sin condición

Agradecimientos

A padre por su dedicación y esfuerzo.

A mi familia, por darme palabras de aliento en los momentos más difíciles dentro del proceso.

A mi asesor estadístico Carlos Rincón por su oportuna colaboración.

A los docentes y amigos Luis Eduardo Cuervo, Yimmy Picón y Miguel Lozada por su ayuda en la implementación de mi instrumento de análisis.

Al Señor Arnulfo y la comunidad afectada por causa del relleno sanitario clausurado, quienes amablemente me permitieron describir su problemática.

A mi compañera y amiga Jessica Campos, por su constante apoyo y motivación.

A mis amigos Alejandra, Erika, Enrique, Melissa, Jeisson y Yulieth por su cariño y compañía.

A mis compañeros de la maestría y a cada una de las personas que de manera directa e indirecta contribuyeron para el desarrollo de la presente investigación

Contenido

Pág.

Introducción 15
1. Planteamiento del Problema 18
2. Justificación 21
3. Objetivos 23
3.1. Objetivo General 23
3.2. Objetivos Específicos 23
4. Marco Referencial 24
4.1. Marco Teórico 24
4.1.1. Servicios Ambientales Determinantes del Bienestar Social 24
4.1.1.1. El Sistema de Mercado, los Recursos Escasos y los Servicios Ambientales 24
4.1.1.2. Alteraciones en el Ambiente. 26
4.1.1.3. Determinación de la Calidad de Agua y sus Posibles Usos. 29
4.1.2. Impacto Ambiental, Social y Económico 29
4.1.2.1. Identificación de Impactos y Efectos Ambientales. 30
4.1.2.2. Metodologías para la Identificación y Evaluación de Impactos y Efectos Ambientales. 31
4.1.2.3. Método Matricial Conesa Simplificado. 32
4.1.3. La Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales 35
4.1.3.1. Fundamentos Teóricos que miden el Bienestar del Individuo. 36
4.1.3.2. El Enfoque del Valor Económico Total de un Recurso (VET). 39
4.1.3.3. Clasificación de Metodologías de Valoración Económica Ambiental. 42
4.1.3.4. La Metodología de Valoración Contingente (MVC). 43
4.1.3.5. Principales Problemas de la Implementación del Método de Valoración Contingente. 45
4.1.3.6. Algunas Aplicaciones de la MVC en el Panorama Internacional. 46
4.2. Marco Legal 48
5. Materiales y Métodos 52

5.1. Área de Estudio 52
5.1.1. Localización 52
5.1.2. Zona de Vida a la cual Pertenece la Zona Objeto de Estudio 52
5.1.3. Enfoque de la Investigación 53
5.1.4. Hipótesis 53
5.2. Diseño Metodológico 53
5.2.1. Objetivo Específico I: Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda 53
5.2.1.1. Índice de Calidad de Agua (ICA). 56
5.2.2. Objetivo específico II: Descripción de las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada La Esmeralda .. 57
5.2.2.1. Método Matricial Conesa Simplificado. 57
5.2.2.2. Aplicación del Método de Valoración Contingente (MVC). 59
5.2.3. Objetivo específico III: Estimación de la Disposición a Pagar (DAP) de la Comunidad Rural y Urbana por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada la Esmeralda a Través de las Preferencias Declaradas 64
5.2.3.1. Disposición a Pagar (DAP). 65
5.2.3.2. Mercado Hipotético. 65
5.2.3.3. Vehículo de Pago. 65
5.2.3.4. Las Respuestas Protesta. 66
5.2.3.5. Validación del Cuestionario. 66
5.2.3.6. El Modelo Escogido. 66
5.2.3.7. Valor Económico Total de la Quebrada La Esmeralda 67
5.2.3.7.1. Valor de Uso Directo. 67
5.2.3.7.2. Valor de Uso Indirecto.. 68
5.2.3.7.3. Valor de Opción. 68
5.2.3.7.4. Valor de Legado y Valor de Existencia. 68
5.3. Diseño Muestral 68
5.3.1 Determinación de la Población (Directos Afectados) 68
5.3.2 Determinación de la Muestra (Indirectos Afectados- población urbana del Distrito Especial) 69

6. Resultados y Análisis 71
6.1. Objetivo Específico I: Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda 71
6.1.1. Caracterización de los Parámetros Físico, Químicos y Microbiológicos de la Quebrada La Esmeralda *71*
6.1.1.1. El muestreo in situ. 74
6.1.2. Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA- IDEAM) 76
6.2. Objetivo específico II: Descripción de las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada La Esmeralda 78
6.2.1. Identificación de Impactos Ambientales 78
6.2.2. Características de los Elementos Ambientales Impactados de la Zona Objeto de Estudio 89
6.2.2.1. Población Directamente Afectada. 89
6.2.2.2. Población Indirectamente Afectada. 92
6.2.2.3. Caracterización del Componente Flora. 95
6.2.2.4. Caracterización del Componente Fauna. 98
6.2.3. Afectaciones Ambientales, Sociales y Económicas Relacionadas a la Contaminación de la Quebrada La Esmeralda 100
6.2.3.1. Aumento del Riesgo de Adquirir Enfermedades por Consumo y Uso del Agua de la Quebrada La Esmeralda. 101
6.2.3.2. Disminución de Ingresos de Actividades Productivas Agropecuarias. 106
6.2.3.3. Contaminación de los Componentes Naturales, Disminución Cualitativa y Cuantitativa de la Quebrada para Prácticas Recreativas.. 108
6.2.3.4. Pérdida del Paisaje. 109
6.3. Objetivo Específico III: Estimación de la Disposición a Pagar (DAP) de la Comunidad Rural y Urbana por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada la Esmeralda a Través de las Preferencias Declaradas 111
6.3.1. Análisis Descriptivo del Valor de Uso Directo, Indirecto y de Opción 112
6.3.2. Modelización de la Pregunta Dicotómica 115
6.3.2.1. Las Variables Independientes Significativas.. 125
7. Conclusiones 128

8. Recomendaciones 130
Referencia 131
Apéndices 138

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. *Criterios de Evaluación Método Conesa Simplificado* 33
Tabla 2. *Marco Legal Internacional y Nacional.* 49
Tabla 3. *Materiales y Equipos de Apoyo para la Toma de Muestras de Agua* 54
Tabla 4. *Ubicación de los Puntos y Tomas de Muestras* 55
Tabla 5. *Calificación ICA* 57
Tabla 6. *Criterios de Evaluación de la Matriz Conesa Simplificada* 58
Tabla 7. *Información de la Encuesta Semiestructurada* 60
Tabla 8. *Variables de Estudio* 61
Tabla 9. *Resultados in situ Época Sequía* 74
Tabla 10. *Resultados in situ Época de Lluvias* 75
Tabla 11. *Índice de Calidad de Agua Caño La Esmeralda* 76
Tabla 12. *Identificación de Impactos ambientales producto actividades del relleno Sanitario Clausurado La Esmeralda* 79
Tabla 13. *Matriz Conesa Simplificada para Valoración de la Importancia de Impactos Ambientales* 81
Tabla 14. *Valoración de Impactos Ambientales a través de Matriz Conesa Simplificada* 83
Tabla 15. *Causas de la Contaminación de las Fuentes Hídricas* 86
Tabla 16. *Causas de la Contaminación de las Fuentes Hídricas* 87
Tabla 17. *Caracterización Socioeconómica Población Directamente Afectada* 90
Tabla 18. *Caracterización Socioeconómica Población Indirectamente Afectada* 92
Tabla 19. *Principales Especies Herbáceas de la Zona Objeto de Estudio* 96
Tabla 20. *Principales Especies Arbustivas de la Zona Objeto de Estudio* 96
Tabla 21. *Principales Especies Arbóreas de la Zona Objeto de Estudio* 97
Tabla 22. *Principales Aves en la Zona Objeto de Estudio* 98
Tabla 23. *Principales Mamíferos en la Zona Objeto de Estudio* 99
Tabla 24. *Principales Reptiles en la Zona Objeto de Estudio* 99
Tabla 25. *Principales Peces en la Zona Objeto de Estudio* 99

Tabla 26. *Afectaciones Ambientales, Sociales y Económicas Relacionados a la Contaminación de la Quebrada La Esmeralda* 100
Tabla 27. *Aceptación y Rechazo por DAP* 112
Tabla 28. *Valores Promedio de DAP* 114
Tabla 29. *Valor de Uso Directo, Indirecto y de Opción Anual* 115
Tabla 30. *Resumen de Análisis Bivariado* 116
Tabla 31. *Modelo Logit 1. DAP por Valor de Uso Directo* 120
Tabla 32. *Modelo Logit 2* 121
Tabla 33. *Modelo Logit 3* 123

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. *Curva de Demanda y el Excedente del Consumidor* 38
Figura 2. *Valor Económico Total de los Servicios Ambientales de la Quebrada La Esmeralda* . 41
Figura 3. *Clasificación de los Valores Económicos de los Recursos Naturales y los Métodos Recomendados a Utilizar* 43
Figura 4. *Áreas de las Medidas de Bienestar: VC, EC y VE* 44
Figura 5. *Relleno Sanitario y Quebrada La Esmeralda. Municipio Barrancabermeja.* 52
Figura 6. *Fórmula del ICA* 56
Figura 7. *Resultados de Nivel de Mercurio en el Agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015* 71
Figura 8. *Resultados de Nivel de Plomo en el Agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015* 72
Figura 9. *Resultados de Nivel de Cromo en el agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015* 72
Figura 10. *Percepción de las Poblaciones sobre la Calidad del Recurso Agua en Ciénagas, Quebradas y Caños de Barrancabermeja* 84
Figura 11. *Percepción de la Población Directamente Afectada Sobre Principal Responsable de Contaminación.* 87
Figura 12. *Percepción de la Población Indirectamente Afectada Sobre Principal responsable de Contaminación* 88
Figura 13. *Percepción de Principales Afectados por la Contaminación del Agua* 89
Figura 14. *Destinación del Recurso Agua de Hogares Directamente Afectados* 102
Figura 15. *Frecuencia de Uso y Cantidad de Litros Utilizada por los Habitantes del Sector* ... 103
Figura 16. *Percepción de Manifestación de Enfermedades Producto del Contacto y Uso del Recurso Agua* 104
Figura 17. *Percepción en Cambios en los Cultivos y Percepción de las Maneras de Afectación de los Mismos* 106

Lista de Apéndices

Pág.

Apéndice A. Posibles Repercusiones en Salud por Ingesta o Contacto Directo de Metales Pesados..... 138
Apéndice B. Partes principales o aspectos relevantes de los instrumentos de valoración contingente..... 141
Apéndice C. Comparación de Resultados y Criterios Admisibles 144
Apéndice D. Modelo de Encuesta a Población Directamente Afectada..... 146
Apéndice E. Modelo de Encuesta a Población Directamente Afectada 151
Apéndice F. Alpha Cronbach..... 156
Apéndice G. Resultados de Laboratorio 157
Apéndice H. Muestreo in situ por Triplicado (Época Sequía y Lluvia) 159
Apéndice I. Ejemplo de Resultados Modelo Bivariado..... 161

Introducción

Los ecosistemas proporcionan a la humanidad, a través de su estructura, bienes como las especies con interés comercial, cinegético, pesquero, ganadero, agrícola o forestal, entre otros; y a través de su funcionamiento, servicios como el abastecimiento de agua, la asimilación de residuos, la fertilidad del suelo, la polinización, el placer estético y emocional de los paisajes, etc. Estos flujos más conocidos como bienes y servicios ambientales resultan ser vitales para las economías, las transformaciones de funcionamiento y estructura de los ecosistemas. Debido a su importancia en el desarrollo de la vida humana y no humana, cada vez más autores se basan en la idea del desarrollo sostenible con la necesidad de asegurar el suministro actual y potencial de servicios ambientales, indispensables para el capital construido, social y humano de nuestra sociedad (Goodland y Daly, 1996).

Los servicios ambientales (SA) asociados a los ecosistemas naturales están seriamente amenazados por acciones locales y por el calentamiento global. El servicio ambiental relacionado con el agua y su efecto sobre la calidad y cantidad en cuencas hidrográficas aportantes a acueductos y sistemas de riego, son de gran importancia económica y social (Ruiz, 2007).

Es por lo anterior, que caseríos, pueblos y ciudades se han situado a orillas de cuerpos hídricos, buscando de esta manera tener cerca el líquido para usufructuarlo en las diversas actividades, pero sobre todo para satisfacer las necesidades básicas humanas. Desafortunadamente, en la relación agua-hombre es el recurso hídrico quien más resulta afectado en razón a que en la mayoría de los casos siempre retorna el agua a los lechos con cierto grado de contaminación, principalmente por la carencia de plantas de tratamiento de aguas residuales, además de los manejos inadecuados de los procesos en rellenos sanitarios, derrames de sustancias contaminantes de forma accidental, intencional o por negligencia.

Según Rojas (2002), en la mayoría de países en desarrollo, el deterioro del recurso hídrico está asociado principalmente a un inadecuado saneamiento, situación que se ratifica en la Agenda XXI de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, sosteniendo que alrededor del 80% de todas las enfermedades y más de la tercera parte de las defunciones en estos países tienen por causa el consumo de agua contaminada.

En Colombia, el deterioro del recurso hídrico se relaciona con vertimientos de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola, ganadera y actividades como

transporte terrestre, fluvial y marítimo de sustancias peligrosas o petróleo, aguas de extracción minera y residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios o directamente en éstas. En promedio, el 78% de la población colombiana tiene acceso a agua potable, sin embargo, algunos departamentos evidencian problemas de calidad del agua para consumo humano (Álvarez, 2008 citado en Lozada, Vélez y Patiño 2009).

La quebrada la Esmeralda, ubicada la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito del Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja, departamento de Santander, no es ajena a dicha situación, el manejo inadecuado en materia de recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos desde el inicio de la implementación del relleno sanitario y sus celdas transitorias generaron problemáticas ambientales que se reflejan aún en la actualidad sobre todo en el recurso hídrico. La generación de pasivos ambientales hoy por hoy siguen vigentes a pesar de la clausura y posclausura del relleno sanitario La Esmeralda y sus celdas transitorias, debido al abandono de las piscinas de disposición de lixiviados, éstas se colmatan con las altas precipitaciones y, por ende, el lixiviado fluye a la quebrada la Esmeralda que, a su vez, tributa sus aguas a la ciénaga El Zarzal y posteriormente a la ciénaga San Silvestre. Cabe resaltar, que la ciénaga San silvestre es de vital importancia pues de allí, se toma el agua que abastece para el consumo humano al Distrito Especial de Barrancabermeja.

El propósito de la presente investigación fue realizar la valoración económica ambiental (VEA) por el potencial mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda. Para el logro de los objetivos específicos propuestos, el presente documento inició con el trabajo de campo, en el cual se realizó el análisis fisicoquímico y microbiológico del agua para caracterizar y calificar el recurso conforme a los resultados de laboratorio obtenidos y la corroboración se realizó a través del Índice de Calidad del Agua (ICA), con los posibles usos que puede ofrecer el líquido en su condición y características actuales. Posteriormente, para el desarrollo del segundo objetivo específico propuesto, se identificaron y evaluaron los impactos ambientales producto de la disminución de la calidad del agua por la concentración de elementos metálicos debido a los vertimientos generados en del relleno sanitario clausurado La Esmeralda, lo cual se realizó por medio del Método Matricial Conesa Simplificado. Se utilizó adicionalmente los resultados de la encuesta semiestructurada realizada a la población directamente e indirectamente afectada, para describir y corroborar las afectaciones ambientales, sociales y económicas conforme a su percepción. Finalmente, para el desarrollo del objetivo específico tres (3), se utilizó la Metodología

de Valoración Contingente que permitió cuantificar las variaciones del bienestar humano generadas por un cambio en el componente ambiental (agua), a partir de la creación de un escenario hipotético consistente en la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales para la mitigación del daño ocasionado por el relleno sanitario clausurado La Esmeralda y sus celdas transitorias, se estimó y analizó la Valoración Económica Total (VET), conformada por el valor de uso directo, indirecto y de opción del recurso, según los usos actuales del agua para fines agropecuarias, recreativos, de consumo humano y preservación del ecosistema.

Los resultados de la investigación evidenciaron la aceptación de las dos poblaciones objeto de estudio en participar en la puesta en marcha de una planta de tratamiento de lixiviados (mercado hipotético propuesto) y por medio de la Disposición a Pagar (DAP), se estableció la tarifa económica que declara tanto la muestra representativa de los habitantes del Distrito Especial de Barrancabermeja (zona urbana) como el censo de la población de la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito (zona rural), con el fin de garantizar una mejor calidad del agua. Cabe aclarar que el potencial de mejora representa gran importancia para las comunidades debido a los anteriores usos que ofrecía el recurso hídrico de la quebrada La Esmeralda en su área de influencia, sumado a la conservación de los espacios naturales, la preservación de la fauna y flora presentes en la zona, así como también, el posible mejoramiento del servicio de agua potable que se ofrece a la comunidad de la zona urbana del Distrito Especial.

1. Planteamiento del Problema

La importancia de los ecosistemas no sólo radica en la proporción de bienes y servicios que contribuyen al bienestar social, sino que, además dichos flujos representan el soporte de la vida en la tierra, razón suficiente para que la sociedad se plantee la conservación de los activos ambientales (Osorio y Correa, 2004).

Pese a lo anterior, los recursos naturales comparten las características de los bienes públicos (no rivalidad y no exclusión en el consumo), situación que genera la carencia de un mercado y, por ende, el desconocimiento de su precio. En la medida que los recursos naturales no poseen derechos de propiedad, no son transados en un mercado, el acceso a ellos es gratuito y, por ello, no poseen un precio definido (Lee & Jouravlev ,1998). La carencia del precio y el desconocimiento de los agentes económicos (familias, estado, empresas y sector financiero) acerca de la existencia de los valores intrínsecos que poseen los bienes y servicios ambientales, permite que la utilización de los mismos, no genere un valor monetario, por lo que su uso se adapta a la necesidad propia de cada individuo. Situación que conduce a que las acciones y actividades antrópicas puedan hacer uso inadecuado o sobreexplotación de cada uno de los elementos del ambiente en el presente, provocando un cambio negativo en su condición física y química, sin contemplar las repercusiones que se pueden generar por el uso actual, sobre los demás usuarios que podrían aprovecharlos en el futuro.

Dentro de los recursos naturales existentes, el agua es considerada uno de los principales recursos naturales; además de ser el soporte para la vida en la tierra, cubre cerca del 71% de la superficie del planeta. De dicha envoltura de agua, el 90% es mar y tiene sal, el 2% es hielo y se encuentra en los polos, y sólo el 1% de toda el agua del planeta es dulce, hallándose en ríos, lagos y mantos subterráneos. Una gran problemática del recurso es su accesibilidad, ya que, del pequeño porcentaje de agua dulce, sólo una pequeña fracción se encuentra disponible y distribuida de manera uniforme para la humanidad (Umbria, Trezza y Jegat, 2009).

En Colombia, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2018), publicó el Reporte de Avance del Estudio Nacional del Agua ENA- 2018, en el cual se contempla que la demanda de agua cada vez es mayor, pasó de 35.582 millones de metros cúbicos en el año 2014 a 37.582 millones de metros cúbicos en 2018. Dentro de los sectores identificados con mayor uso del líquido se encuentra el sector agrícola con un 43,1%, seguido del energético

(24,3%). Adicionalmente, el IDEAM (2018), reconoce 391 municipios susceptibles por desabastecimiento en temporada seca y los departamentos más afectados por la falta del recurso son: Santander, Cundinamarca, Boyacá, Tolima, Magdalena, Bolívar y Cesar.

En el Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja (Santander), las problemáticas ambientales se han generado por los manejos inadecuados y la explotación indiscriminada de los recursos naturales. La presente investigación se llevó a cabo en el relleno sanitario clausurado La Esmeralda, ubicado en la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito, del Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja, Santander, el cual debido a las pésimas y deficientes medidas de manejo y mantenimiento por parte del ente operador, ha generado problemas ambientales a pesar de estar clausurado, en razón a que las piscinas de lixiviados se colmatan en épocas de lluvia y vierten su contenido a la quebrada La Esmeralda; es importante resaltar que después de clausurado al relleno sanitario, no se le realiza ningún tipo de trabajo ni mantenimiento, contaminando por ende, los recursos agua y suelo, como también, el recurso aire por emisiones de gases.

Tal situación ha afectado alrededor de ocho familias que viven en el área de influencia del relleno sanitario clausurado La Esmeralda, ya que éstos utilizan el agua de la quebrada para actividades agrícolas, pecuarias y recreativas, las cuales se han visto afectadas por los vertimientos al cuerpo hídrico, igualmente la ciénaga San silvestre también se ha afectado debido a que la quebrada La Esmeralda tributa sus aguas a dicha ciénaga, siendo la anterior, la principal fuente de agua que consumen los habitantes de la zona urbana y rural del Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja.

La presencia de sustancias contaminantes provenientes de los lixiviados representa un alto riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales y otras más agudas, para la salud de los habitantes de la zona.

Así mismo, se contempla la existencia de afectaciones en la salud de los habitantes del Distrito Especial de Barrancabermeja, pues si bien es sabido, existe una problemática estructural en el sistema de tratamiento de agua potable ofertado a la población del Distrito Especial de Barrancabermeja y se agudiza por el contacto de lixiviados con las fuentes de agua que tributan a la ciénaga San Silvestre.

En razón a la problemática esbozada anteriormente es factible plantearse la siguiente interrogante a investigar y desarrollar:

¿Podrá la valoración económica ambiental del recurso agua de la quebrada La Esmeralda estimar el Valor Económico Total que permite el mejoramiento de la calidad del agua?

2. Justificación

La identificación de algunos bienes y servicios ambientales se hace fácil en la medida que sus beneficios se cuantifican en términos de mercado. Uno de los principales ejemplos ha sido el caso de las estimaciones monetarias que se realizan a través del pago por el turismo asociado a los espacios protegidos, sin embargo, para algunos bienes y servicios ambientales más intangibles, es necesario el uso de Valoraciones Económicas Ambientales (VEA) para determinar su valor económico, pues se hace abstracta en la medida que no se encuentran valorados los bienes y servicios en el marco de la economía clásica y es por esta razón pueden tener muy poco peso específico en las decisiones políticas que les afectan (Constanza et al., 1997), provocando un agotamiento de los recursos.

Desde este punto de vista, la presente investigación realizó la Valoración Económica Ambiental del potencial mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada la Esmeralda, tomando como punto de partida el cambio en la condición ambiental del recurso hídrico como determinante de la disminución del bienestar de la comunidad establecida en los predios aledaños al relleno sanitario clausurado La Esmeralda ubicado en la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito del Distrito Especial de Barrancabermeja y una muestra representativa de la población de la zona urbana del Distrito Especial de Barrancabermeja.

De esta manera, a través de la caracterización del agua de la quebrada La Esmeralda se está aportando información del deterioro del recurso, que permite visibilizar lo inadecuado que resulta su utilización en diferentes actividades humanas y no humanas en sus condiciones actuales. Además, la presente investigación permite describir algunas afectaciones que sufre la población rural y urbana, la fauna, la flora y el paisaje con los cambios que ha traído consigo dicho ecosistema. Así mismo, la aplicación del Método de Valoración Contingente, seleccionado para la presente investigación, generó información demográfica, socioeconómica y cultural que permite evidenciar y estimar convenientemente el aporte que los sistemas ecológicos hacen a las economías locales de los pobladores rurales y urbanos, a través del suministro de los bienes y servicios, con un claro objetivo de no descapitalizar a una sociedad, pero si concientizar a la misma que depende de este auténtico capital natural para sus actividades cotidianas.

Así pues, la presente VEA es un instrumento que permite identificar, priorizar y evaluar aspectos claves para la toma de decisiones en pro del desarrollo e implementación de políticas

ambientales que fomenten la búsqueda de soluciones a las problemáticas existentes desde las acciones de entidades estatales, del sector privado y la comunidad en general.

La presente investigación puede ser el punto de partida para diversos análisis económico-ambientales en el Distrito Especial y en la región, posibilidades que surgen según las necesidades de recuperar los espacios utilizados como botaderos de basura y rellenos sanitarios a cielo abierto.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Realizar la valoración económica ambiental –VEA, por el mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda, Barrancabermeja, Santander, Colombia.

3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diagnóstico de la calidad del agua de la quebrada la Esmeralda.
- Describir las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada la Esmeralda.
- Estimar la disposición a pagar (DAP) de la comunidad rural y urbana del Distrito Especial de Barrancabermeja, por el mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda.

4. Marco Referencial

4.1. Marco Teórico

4.1.1. Servicios Ambientales Determinantes del Bienestar Social

4.1.1.1. El Sistema de Mercado, los Recursos Escasos y los Servicios Ambientales. Una de las principales problemáticas de la sociedad dentro de la economía es sin duda alguna la asignación de los recursos escasos cuya demanda parece siempre superar las posibilidades de la oferta. La asignación de recursos escasos y las soluciones que se han propuesto son temas tan antiguos que datan en el inicio mismo de la vida organizada. Cuando se referencian las organizaciones tribales, los imperios de la antigüedad, gremios medievales y la esclavitud, se percibe una imposición de lo que se conoce como el sistema de mercado (Azqueta, 1994).

El sistema de mercado fue la forma más recomendada por los economistas clásicos y bajo el supuesto de un mercado idealmente competitivo, el individuo actúa de manera racional y confluyen diversos agentes económicos que, a través de su interacción proporcionan unos precios que determinan la solución de los problemas de asignación de recursos escasos. Dentro de este modelo económico que se conoce también como competencia perfecta, los consumidores (demandantes) muestran sus preferencias por una serie de bienes y servicios demostrando una disposición a pagar. Esta información es recibida y organiza el proceso productivo (oferentes) en consecuencia. La optimalidad de la asignación de los recursos, es garantizada por la adecuada interacción entre oferentes y demandantes, la competencia de las empresas y la competencia entre consumidores de los factores productivos (Azqueta, 1994).

Según Méndez y Silvestre (1989), lo anterior funciona adecuadamente cuando la sociedad se comporta como el modelo ideal, es decir, cuando existe un gran número de oferentes y demandantes, cuando el tamaño de las empresas competidoras son tan pequeñas que no influyen en el precio y los productos ofrecidos en el mercado son homogéneos o idénticos, así mismo, cuando la industria presenta libre entrada o salida de las empresas y se garantiza la transparencia en el mercado. Contrario a la teoría, las personas se comportan de manera diferente y el mercado por su parte, como ente asignador de precios a los bienes y servicios falla. Como consecuencia de

las acciones de los diversos agentes en el mercado, se generan efectos negativos por su inadecuado funcionamiento.

Ahora bien, existe otra problemática referente a los bienes y servicios que no se poseen mercado, éstos han sido aquellos que a lo largo de la historia habían sido proveídos en cantidades suficientes para que todos pudiesen disfrutarlos, sin embargo, los efectos del crecimiento demográfico y la contaminación, han hecho que cada vez sean más escasos y por ende una dificultad económica (Fernández, 2006).

Para ahondar en el tema, es necesario abordar sobre el término servicio ambiental. Para ello, se recurre a Rondón y Díaz (2012), quienes aseguran que no existe un consenso acerca de la definición de los servicios ambientales, pero se puede diferenciar dos enfoques sugeridos por la comunidad internacional en donde existen dos tipos: los servicios proporcionados por los ecosistemas y los servicios de gestión ambiental. En el primer tipo, se encuentran los servicios identificados por Constanza et al., (1997), los cuales se refieren a todos aquellos beneficios humanos que directa o indirectamente provienen de las funciones, condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que las producen, sostienen y garantizan la vida humana. El segundo tipo incluye, los servicios proveídos por los seres humanos para garantizar mejores niveles de calidad ambiental. En la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Comercio y Desarrollo (2006) se añadió a este último tipo lo siguiente:

> Los servicios ambientales son las actividades generadoras de ingresos relacionadas con el cumplimiento de regulación ambiental, evaluación ambiental, análisis, protección y control de contaminación, manejo de desperdicios, remedio de daño ambiental y la provisión de recursos ambientales como el agua, material reciclado y energía limpia, y actividades para incrementar la eficiencia de recursos y energía, productividad y permitir el desarrollo sostenible (Naciones Unidas, 2006).

Lo anterior, permite diferenciar los servicios ecosistémicos de los servicios ambientales, debido a que los últimos incluyen una relación con las iniciativas antrópicas que favorecen el aprovisionamiento, mantenimiento o mejora de los servicios ecosistémicos.

Pese a los beneficios que generan los servicios ecosistémicos y ambientales, se ha podido percibir una alteración notable en los ecosistemas que los brindan. A lo largo del tiempo, dichos

ecosistemas han sido transformados en sistemas de producción intensivos de bienes y servicios, producto de los cambios propios de la naturaleza y agudizados, con la intervención del hombre. Los nuevos usos que se han establecido para ellos, han modificado la capacidad que tienen para su recuperación e incluso para brindar otros beneficios a futuro (Balvanera et al., 2009).

4.1.1.2. Alteraciones en el Ambiente. El medio ambiente se encuentra conformado por cinco grandes recursos: aire, agua, suelo, flora y fauna, quienes, a su vez, son elementos del paisaje y se conocen dentro de la economía como capital natural. Entre los cinco recursos se destaca el recurso agua, pues además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus numerosas propiedades, resulta ser utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), industria (20%), uso doméstico (6%), entre otras, convirtiéndose en el recurso más preciado a nivel mundial y elemento relevante para las actividades agropecuarias sobre todo en los predios rurales (PNUMA, 1992).

Los principios universales de las características que debe tener el agua son: incolora, inodora e insabora, independiente del uso que se le quiera dar. A pesar de ser reconocido como uno de los elementos ambientales que más influye en las actividades recreativas, de consumo, productivas y de salud en la vida del hombre, no se logra garantizar su calidad para futuras generaciones (Balvanera et al., 2009).

En los ecosistemas acuáticos y terrestres, el ser humano ha acelerado los procesos, modificando la calidad del agua y la estructura de las comunidades biológicas que se encuentran en la misma. Estas modificaciones normalmente se deben a las cargas orgánicas e inorgánicas en los cuerpos de agua producto de las actividades cotidianas humanas (Burkholder, 2001 citado en Pulido et al., 2018). Las principales actividades o fuentes de perturbación identificadas por Pérez (1999), son la contaminación de origen doméstico, industrial, agrícola, minero y deforestación.

Alteraciones en la Composición del Agua en la Quebrada La Esmeralda

Como se mencionó anteriormente, las alteraciones en los recursos ambientales son relacionadas principalmente con las actividades propias del ser humano en un determinado espacio o territorio. La quebrada La Esmeralda, se encuentra en contacto con la piscina de lixiviados, por lo que se ha podido considerar la posibilidad de presentar un alto nivel de contaminación.

Cuando se hace referencia a contaminación o alteración en la calidad del agua por contacto con lixiviados es propicio recurrir a autores como Mendoza y López (2004), quienes argumentan que el nivel de contaminación en el recurso, depende de diferentes características propias de los recursos depositados y de las condiciones reinantes en los rellenos. Es así como la temperatura, el contenido de humedad, la edad del relleno, la capacidad del suelo para remover contaminantes y la calidad y cantidad de agua que entra en contacto con la masa de residuos dispuestos, terminan siendo determinantes de la alteración del estado natural.

A su vez, las características fisicoquímicas de los lixiviados son inherentes tanto a la cantidad de los residuos sólidos como a su grado de estabilización. Desde que los residuos sólidos son generados y aun temporalmente dispuestos, tiene lugar la degradación aeróbica, que es comparable con la compostación de los residuos. Debido a la alta compresión de los residuos, el oxígeno tomado de la atmosfera no es suficiente para compensar la demanda de oxígeno de los microorganismos, por lo que se originan condiciones anaeróbicas. Esta situación, es la causa del cambio de la biocenosis de aerobia a anaerobia facultativa y más tarde a microorganismos anaerobios obligados (Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Así mismo, la Guía Ambiental para los Rellenos Sanitarios del Ministerio del Medio Ambiente (2002), expone la duración de la fase de fermentación ácida, esta fase puede durar entre 3 a 7 años dependiendo de la forma y factores ambientales que predominen. En la disposición los lixiviados presentan concentraciones muy altas de DQO y DBO_5. Durante esta fase (3 a 7 años) la relación DBO_5/ DQO es aproximadamente 0,6. En este caso, alrededor del 90% de las DBO_5 es causada por ácidos grasos volátiles (AGV), lo que significa que la biodegrabilidad del lixiviado durante este tiempo es alta. El incremento de las bacterias metanogénicas afecta negativa y progresivamente la producción de AGV, después de un periodo de 7 a 9 años la biocenosis alcanza un estado estable, denominada Fase Metanogénica.

La contaminación orgánica del lixiviado disminuye rápidamente lo que da como resultado que la DBO_5 presente valores más bajos que 500mg/l y la relación DBO_5/DQO se acerca a 0,1 y aún más bajos. Contrario a la disminución de la contaminación orgánica de lixiviado las concentraciones de amonio aumentan rápidamente, alcanzando concentraciones de 500 a 1500 mg/l NH_4, en un periodo de 3 a 8 años y permaneciendo así por lo menos 50 años o más (Agudelo, 1994 citado en Ministerio del Medio Ambiente, 2002).

Los cambios en los factores fisicoquímicos y microbiológicos del agua, tienen como consecuencia a grandes rasgos la destrucción de hábitats, alteraciones en la temperatura, salinidad, pH, vertimientos de aguas servidas, vertimientos tóxicos, elementos radiactivos y aumento del nivel de metales pesados. Estos últimos, es decir, los aumentos de los niveles de los metales pesados resultan ser altamente peligrosos, pues a pesar de encontrarse de manera natural en forma de minerales, sales u otros compuestos en la corteza terrestre, no pueden ser degradados o destruidos de forma natural o biológica, ya que no tienen funciones metabólicas específicas para los seres vivos. Su bioacumulación genera peligrosas consecuencias tanto para los cultivos como para la población que los ingiere o tiene contacto directo con ellos. Las altas concentraciones de los metales pueden conducir a un sin número de enfermedades o patologías, e incluso causar la muerte (Prieto et al., 2009).

García y Dorronsoro (2005), describen el camino de los metales pesados y argumentan que pueden incorporarse a los sistemas de abastecimiento de agua por medio de residuos industriales vertidos sin previos tratamientos, y depositados posteriormente en lagos, ríos y distintos sistemas acuíferos. Así mismo, Prieto et al., (2009) aseguran que la entrada de estos elementos en la cadena alimenticia de las poblaciones comienza desde el contacto de aguas contaminadas a los suelos y por ello a la raíz de las plantaciones o cultivos. Lo anterior se evidencia en la siguiente afirmación:

> … Cuando los contenidos de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es polución de suelos (Martín, 2000 citado en Prieto et al., 2009. p. 30).

Luego de la absorción y posterior acumulación de los niveles de metales, logran incluirse dentro de los alimentos de las personas. Sin embargo, no ingerir cantidades o niveles altos de metales o contaminantes, no alcanza a garantizar mejor salud en el futuro. De acuerdo a los efectos que pueden causar en las personas el contacto o consumo de contaminantes pueden traducirse en efectos agudos o crónicos. En el primer caso, los efectos se perciben en el corto plazo, es decir, a pocas horas o días en que la persona consume el contaminante. Estos son en la mayoría producidos

por la ingesta de bacterias o virus y normalmente no tienen efectos permanentes en los cuerpos humanos. En el segundo caso, los efectos se perciben años después de la persona haber consumido dicho contaminante. Algunos efectos crónicos terminan siendo enfermedades de cáncer, problemas del hígado o riñones o dificultades en la reproducción. Vale resaltar que los riesgos son mayores según el tiempo de exposición de los cuerpos a los contaminantes y la acumulación de los mismos en los organismos (Agencia de Protección del Medio Ambiente EPA, 2007). Algunos efectos relacionados con la ingesta de metales pesados se encuentran en el Apéndice A.

4.1.1.3. Determinación de la Calidad de Agua y sus Posibles Usos. En el presente estudio, se determinó la calidad del agua a través del Índice de Calidad del Agua (ICA) propuesto por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2011), para corrientes superficiales. Este ICA se basa en el análisis de cinco (5) parámetros a saber: Oxígeno Disuelto, Solidos Suspendidos Totales, Conductividad Eléctrica, pH y Demanda química de Oxigeno DQO. Por último, cuando utiliza seis (6) parámetros incluye la relación entre Nitrógeno Total y Fósforo Total.

4.1.2. Impacto Ambiental, Social y Económico

La Norma Técnica Colombiana NTC- ISO 14001 de 2015, define el impacto ambiental como: “el cambio en el medio ambiente, ya sea adverso o beneficioso, como resultado total o parcial de los aspectos ambientales de una organización” (ISO 14001, 2015. p. 3). Lo anterior, significa que los elementos del ambiente (agua, aire, suelo, paisaje y costumbres) pueden ser modificados y alterados positiva o negativamente con las actividades de una organización.

De Mosquera (1999), distingue dos tipos de impactos ambientales, según el tipo de alteración que genera al medio ambiente y a una comunidad específica: El impacto positivo, como su nombre lo indica, genera efectos positivos para el medio ambiente y su población, mientras que el impacto negativo, otorga pérdida del valor del ambiente, de la cultura, del paisaje, productividad, aumento de contaminación, erosión y demás riesgos ambientales en discordancia con la estructura ecológica geográfica.

Los impactos ambientales pueden ser catalogados, según la intensidad, bajo los rangos de notable, muy alto, mínimo o bajo, medio y alto; así mismo, son diferenciados por el momento en

que se manifiestan, de manera que un impacto ambiental se puede encontrar latente, inmediato o crítico, y por la persistencia puede ser catalogado como temporal o permanente (de Mosquera, 1999).

Para Arboleda (2008), los impactos son visibles no sólo en el ambiente sino también sobre la salud y la seguridad humana a medida que, pueden ser traducidos en la generación de enfermedades, epidemias y el aumento de plagas en su hábitat. De igual manera, para las instituciones, empresas y economías locales o regionales, los impactos también resultan problemáticos ya que se traducen en costos adicionales (generalmente en salud) que se deben incurrir debido a los cambios y malestares se generan.

4.1.2.1. Identificación de Impactos y Efectos Ambientales. Una vez conocida la actividad, el medio ambiente que la rodea y la interacción entre éstos, se puede iniciar el estudio preliminar de impactos. Este tipo de estudio permite acercarse a las actividades y sus efectos sin entrar en detalles, con el fin de prever de manera inicial las consecuencias que traerán al proyecto dichas actividades sobre parámetros medioambientales y tener una idea de cuáles serán los factores más afectados. Visiblemente, cada entorno y proyecto en particular tiene sus actividades y sus factores medioambientales; por tanto, no se puede elaborar una lista única de acciones y factores, pero existen parámetros comunes en la mayor parte de los casos (Rodríguez, 2005).

Para dar inicio al estudio de impactos ambientales, Arboleda (2008), sugiere la realización de un procedimiento compuesto por dos actividades secuenciales:

> …la primera, es la identificación de los impactos y corresponde a la determinación de la existencia de un cambio en alguna condición ambiental por efecto de una acción de un proyecto o actividad. En la segunda, la evaluación de los impactos ambientales, también conocida como valoración, consiste en determinar la significancia de los cambios identificados en el paso anterior, mediante el uso de unidades o escalas apropiadas y utilizando algunos de los métodos existentes (Arboleda, 2008. p. 51).

Para la realización del estudio de impactos ambientales, es necesario acudir a las metodologías que permiten la identificación y posteriormente, la evaluación de los impactos. A continuación, se relacionan algunas de ellas.

4.1.2.2. Metodologías para la Identificación y Evaluación de Impactos y Efectos Ambientales. A pesar de la existencia de diversas metodologías para la identificación de impactos ambientales, se precisa comprender, que la importancia de este primer paso dentro del estudio de impactos, radica en la determinación de su significancia, es decir, si se originan cambios directos de consideración sobre un atributo ambiental socialmente importante. Para determinar la significancia del impacto, FEARO (1986) citado en Arboleda (2008), sugiere priorizar las afectaciones sobre cinco categorías principales a saber:

- la amenaza a los medios de subsistencia (pérdida de especies comerciales importantes o de su hábitat, cosechas o capacidad futura para producir estas, etc.)
- las modificaciones al estilo de vida tradicional.
- la amenaza a recursos valiosos (ejemplo: Patrimonio arqueológico o histórico, paisaje, ecosistemas, recreación, estética, etc.)
- los conflictos de uso de suelo (limitación de suelo disponible y los usos propuestos excluyentes)
- el desbalance entre oferta y demanda de recursos (Por ejemplo: la oferta de los recursos locales o regionales no tiene capacidad para responder a las demandas impuestas por un proyecto o actividad).

Una vez se conocen las categorías sugeridas anteriormente, se pueden determinar las posibles alteraciones de los elementos y aspectos ambientales.

La primera clasificación de las metodologías de identificación de impactos ambientales la desarrolló Warner (1974), quien logró definir los métodos en cinco grupos principales: Métodos "Ad hoc", técnicas gráficas mediante mapas y superposiciones, listas de chequeo, matrices y diagramas (Encina, 2013).

Arboleda (2008) por su parte, realiza otra clasificación, diferenciando las metodologías en directas e indirectas. En el primer caso, los métodos indirectos, no evalúan explícitamente un impacto ambiental, sino que valoran las consecuencias ambientales del proyecto calificando las interacciones proyecto- ambiente. En este grupo se encuentran las listas de chequeo, el Método de Leopold, el Método Ballelle- Columbus y Método de Superposición de Mapas (Arboleda, 2008).

Los métodos directos, por lo contrario, inician con la identificación mediante un listado de impactos que deben ser evaluados individualmente para determinar su significancia. Existen muchas metodologías con este propósito, dentro de las que se encuentran, por ejemplo: el Método

EPM o Método Arboleda, Método de Conesa Simplificado, Método Integral y el Método de los Criterios Relevantes Integrados (Arboleda, 2008).

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que suponen un desmejoramiento de la calidad del agua, se recomiendan las matrices causa-efecto. Según Arroyo (2007), éstas matrices son métodos cualitativos, preliminares y muy apropiados para valorar alternativas de un mismo proyecto. Arboleda (2008), argumenta que son una lista de actividades precisas para el desarrollo del proyecto, con base en una tabla de doble entrada y un listado de indicadores de impactos, conformando una matriz usada para la detección de las relaciones causa-efecto y para la definición cualitativa o cuantitativa de dichas relaciones. Como ejemplo de estas matrices se encuentran: La matriz de Leopold, Johnson y Bell, Conesa, Batelle Columbus, Moore y Sorensen (Arroyo, 2007; Arboleda, 2008).

En el presente estudio se utilizó el Método Matricial Conesa Simplificado sugerida por autores como Arboleda (2008) y Arroyo (2007), debido a que es un método completo, práctico y cuantitativo para evaluar este tipo de problemáticas ambientales.

4.1.2.3. Método Matricial Conesa Simplificado. La matriz elaborada por Vicente Conesa y otros colaboradores en el año 1997, que tiene como finalidad la evaluación de impactos ambientales, resulta ser compleja en su implementación. Por tal motivo, algunos expertos en el tema de identificación de impactos ambientales realizaron una simplificación del método, utilizando criterios y algoritmos del método original, pero sin cumplir todos los pasos que establecen sus creadores en la propuesta inicial (Arboleda, 2008). A continuación, se presentan los criterios de evaluación determinados dentro de la matriz Conesa Simplificada.

Criterios o Atributos de los Impactos a Evaluar en el Método de Conesa Simplificado

Los criterios de evaluación utilizados por el método Conesa simplificado para la evaluación de impactos ambientales se presentan a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1.

Criterios de Evaluación Método Conesa Simplificado

Criterios		Significado
Signo	(+, -)	Hace alusión al carácter benéfico (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.
Intensidad	IN	Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto. Para ponderar la intensidad se considera: mínima afectación 1 y 12 la expresión de la destrucción total del factor en el área en la que se produce el efecto.
Extensión	EX	Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno de la actividad (% de área, respecto al entorno, en que se manifiesta el efecto). Si la acción produce un efecto muy localizado, se considera que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el impacto no admite una ubicación precisa del entorno de la actividad, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será Total (8).
Momento	MO	Se refiere al tiempo transcurrido entre la acción y la aparición del impacto. Se valora de la siguiente manera: Inmediato 4, mediano plazo 2, (1 a 5 años); largo plazo 1, (más de 5 años).
Persistencia	PE	Se refiere al tiempo que el efecto se manifiesta hasta que se retorne a la situación inicial en forma natural o a través de medidas correctoras. Se valora de la siguiente manera: Fugaz 1; temporal 2 entre 1 y 10 años; permanente 4 mayor a 10 años.
Reversibilidad	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medios naturales después de que la acción ha finalizado. A la reversibilidad se le asignan los siguientes valores: corto plazo 1 (menos de un año); mediano plazo 2 (1 a 5 años); irreversible 4 (más de 10 años)
Recuperabilidad	MC	Mide la posibilidad de recuperar total o parcialmente las condiciones de calidad ambiental iniciales como consecuencia de la aplicación de medidas correctoras (intervención humana). Se valora así: Recuperable inmediato 1, recuperable a medio plazo 2, mitigable o compensable 4, irrecuperable 8.

Criterios		Significado
Sinergia	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total o efecto global provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente, no simultánea. Se le otorga los siguientes valores: Sin sinergismo 1, sinérgico 2, muy sinérgico 4.
Acumulación	AC	Se refiere al aumento del efecto cuando persiste la causa. La asignación de valores se efectúa considerando: No existen efectos acumulativos 1, existencia de efectos acumulativos 4.
Efecto	EF	Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción, puede ser directo o primario e indirecto o secundario. Se pondera de la siguiente manera: Indirecto o secundario 1, efecto directo o primario 4.
Periodicidad	PR	Este atributo hace referencia al ritmo de aparición del impacto. Se la asigna los siguientes valores: Irregular o discontinuos 1, periódicos 2, continuos 4.

Fuente: Arboleda (2008); Conesa, (2010)

Importancia del Impacto Ambiental

Según Arboleda (2008), los criterios enunciados anteriormente, se evalúan y se califican de acuerdo a lo establecido en el método original y se obtiene la siguiente ecuación de importancia:

$$I= 3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC \qquad (1)$$

Donde:

IN: Intensidad o probabilidad de ocurrencia

EX: Extensión

MO: Momento

PE: Persistencia o duración

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia

AC: Acumulación

EF: Efecto.

PR: Periodicidad

MC: Recuperabilidad

Conesa (2010), sostiene que, una vez obtenido el resultado de la ecuación de importancia, los valores pueden variar entre 13 y 100 unidades. De acuerdo a lo establecido con el reglamento de la Evaluación de Impactos Ambientales (EIA español), los impactos pueden presentar la siguiente significancia: "*los valores inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente; valores entre 25 a 50, son impactos moderados; valores entre 50 y 75 son considerados severos y valores superiores a 75, son críticos"* (Arboleda, 2008. p. 90).

4.1.3. La Valoración Económica de los Bienes y Servicios Ambientales

Los problemas ambientales han sido ubicados y descritos dentro de lo que se conoce como las fallas del mercado, es decir, "s*ituaciones en donde el libre mercado no produce bienestar óptimo"* (Sterner, 2007 citado en Terán, 2017). El medio ambiente en general está relacionado con las fallas del mercado por los conceptos de externalidad, bien público y recursos de uso común. Características que según McNeely (1988), se originan por la posibilidad de ganar dinero en forma inmediata por el uso irracional de un recurso, sin tener que costear el agotamiento y degradación del mismo, siendo los costos postergados en el futuro y asumidos generalmente por la sociedad.

Una situación adicional frente al tema ambiental radica en el vacío de información para la toma de decisiones de los individuos, y ante esto, la valoración económica ambiental (VEA) brinda una posible medición ex ante o ex post de la regulación ambiental, buscando aportar información para la toma de decisión de las políticas ambientales. Algunos autores plantean que desde la VEA se logra completar este vacío con algún tipo de conjetura. Pese a ello, estas conjeturas difícilmente logran acercarse a la realidad asociada al fenómeno de estudio dificultando así, la asignación optima de los recursos y generando a la postre impactos ambientales (Arrow, 1986 citado en Cristeche y Penna, 2008).

Pese a las dificultades que presentan las VEA, Azqueta (2002), reconoce dos tipos de enfoques para el desarrollo del análisis económico de los impactos ambientales: inicialmente, considera la posibilidad de usar el criterio de costo- beneficio estándar, el cual compara los

beneficios y costos asociados a una acción particular. En este enfoque se precisa identificar los impactos ambientales asociados y la asignación de un valor económico a los resultados que se deriven de los mismos. Para el caso de la Esmeralda, se pretende determinar los impactos y efectos que genera la pérdida de calidad ambiental de la quebrada que, a su vez, genera una disminución en el bienestar de la población. Al referirse a bienestar se introduce un concepto clave en el análisis de los recursos naturales, Contreras (2009), sostiene que todos aquellos cambios en el medio ambiente se miden en términos monetarios, basados en el concepto de *utilidad*. El objetivo principal de este enfoque (inicialmente abordado por Azqueta, 2002), es seleccionar proyectos que incrementan la utilidad social total, entendida como el bienestar social. El aumento de la disponibilidad de consumo de bienes traducidos en comida, ropa, servicios, así como también, la disposición de un aire más limpio, servicios de recreación ambiental, calidad de agua mejorada y la preservación de los ecosistemas, termina por describir un nivel máximo de bienestar para la sociedad que el bienestar perdido, éste último, representado por el desgaste de recursos tanto económicos como naturales que la actividad productiva impone (Azqueta, 2002; Contreras, 2009).

El segundo enfoque determinado por Azqueta (2002), supone un análisis del costo-eficiencia y consiste en encontrar la manera más eficiente de alcanzar un objetivo ambiental particular. Es importante destacar que el enfoque indica cuál es la alternativa más eficiente, pero no evalúa si los beneficios esperados justifican los costos en los que debe incurrirse. Sin duda, la tarea más difícil para la economía ambiental es la realización de ejercicios de valoración económica de los impactos ambientales asociados a diferentes acciones o proyectos, estos estudios conllevan en sí, los análisis de costo beneficio o costo- eficiencia (Azqueta, 2002).

4.1.3.1. Fundamentos Teóricos que miden el Bienestar del Individuo. Asentada en un marco conceptual basado en los fundamentos microeconómicos de la teoría de preferencias reveladas y la economía del bienestar, la valoración económica ambiental de los recursos naturales, busca definir el cambio en el bienestar de los agentes económicos a raíz de impactos generados en el ambiente.

Asumiendo que el ambiente se puede integrar en el análisis económico y que la valoración económica ambiental busca observar el cambio en el bienestar de los agentes económicos, resulta útil conceptualizar algunas medidas de bienestar que surgen desde la visión de los consumidores racionales, quienes buscan maximizar su satisfacción de acuerdo a la restricción presupuestaria

propia. Las medidas de bienestar hicksianas analizadas en la valoración son la variación compensatoria y la variación equivalente, y como medida de bienestar marshalliana se establece el excedente del consumidor (Azqueta, 1994).

Definidas por Azqueta (1994), la variación compensatoria (VC) es la máxima cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a pagar (DAP) para acceder a un cambio favorable o bien sea la mínima cantidad que un individuo está dispuesto a aceptar (DAA) como compensación por aceptar cambio desfavorable. Así mismo, la variación equivalente (VE), es la máxima cantidad de dinero que un individuo está dispuesto a pagar (DAP) por evitar un cambio desfavorable o la mínima cantidad de dinero que está dispuesto a aceptar (DAA) como compensación por renunciar a un cambio favorable. Vásquez, Cerda y Orrego (2007), afirman que la VC y la VE miden el área debajo de la curva de demanda hicksiana para medir el nivel de utilidad inicial y final, representando una forma directa medidas de bienestar, debido a la proporción del indicador monetario de la utilidad de cada individuo.

Por otro lado, el excedente del consumidor (EC) representado por la curva marshalliana y el precio (Vásquez, Cerda y Orrego, 2007), es denominado la medida tradicional del bienestar del consumidor. Se utiliza para cuantificar el bienestar que los individuos obtienen por la compra de bienes y servicios, suponiendo que se comercian en el mercado. Para un individuo la desaparición de dicho ambiente supone una pérdida evidente de bienestar y la conservación del mismo, lo incrementa.

Descrita esta situación, existen individuos dispuestos a pagar el excedente del consumidor que reciben de un bien ambiental, para su conservación (en un futuro). Este excedente del consumidor es el exceso de disposición a pagar sobre lo que se especifica como costo para el individuo. Debido a la incertidumbre de la oferta y debido a la aversión al riesgo de las personas, un individuo estaría dispuesto a pagar más del excedente del consumidor esperado (ECE) para asegurar que puede hacer uso del bien ambiental más adelante (Ver figura 1). La disposición a pagar total se denomina precio de opción (PO) y comprende el excedente del consumidor sumado al valor de opción (VO) (Pearce y Turner, 1990; Osorio y Correa, 2004).

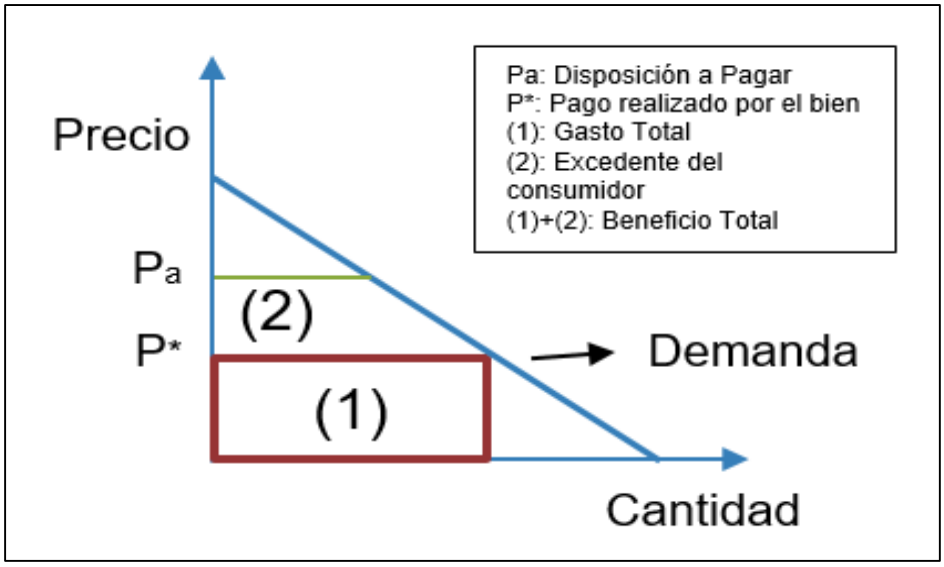
Las ecuaciones referentes a el precio de opción y el valor de opción estarían determinadas de la siguiente manera:

$$PO = ECE + VO \quad (2)$$

$$VO = PO - ECE \quad (3)$$

Figura 1.

Curva de Demanda y el Excedente del Consumidor



Fuente: Adaptada de Pearce y Turner, (1990); Osorio y Correa, (2004).

Vásquez, Cerda y Orrego (2007), sostienen que el excedente del consumidor reflejará correctamente el cambio en la utilidad o en el bienestar del individuo sólo si la utilidad marginal del ingreso es constante. Así mismo, los autores añaden que para la evaluación de estos cambios en el bienestar es necesario la incorporación del nivel de calidad ambiental (q) dentro de la función de utilidad de un individuo. La función U=U (x, q); donde (q) es un vector de bienes ambientales o de calidad de los mismos. Asociada a la anterior función, encontramos una función indirecta de utilidad v (p, q, m) y una función de gastos e (p, q, U). en relación a las anteriores funciones se puede llegar a definir medidas de bienestar ante cambios en (q) para una mejora en la cantidad de bienes ambientales o calidad ambiental.

4.1.3.2. El Enfoque del Valor Económico Total de un Recurso (VET). El paradigma del valor utilitarista antropocéntrico generalmente clasifica los bienes y servicios del ecosistema de acuerdo como son utilizados por el ser humano. Cristeche y Penna (2008), afirman que el valor del uso es una determinación del servicio ambiental, que suele caracterizarse como el Valor Económico Total (VET) y es igual a la suma de todos los valores de uso directos e indirectos, sumado a los valores de no uso y de opción.

La ecuación del Valor Económico Total (VET) se expresa de la siguiente manera:

$$VET = VU+VNU = (VUD+VUI+VO) + (VL+VE) \quad (4)$$

Para definir cada tipo de valor, se recurre a Freeman (1993), quien define los valores de uso (VUD) como el valor asociado con el uso "*in situ"* de un recurso. A su vez este tipo de valor se subdivide en valor de uso directo, indirecto y de opción. Izko y Burneo (2003), distinguen el valor de uso directo por la relación existente de la utilización inmediata de un recurso que tiene como objetivo principal satisfacer una necesidad, obtener un beneficio económico o simple sensación del deleite. Dentro de esta categoría, Izko y Burneo (2003), identifican los valores de uso del recurso para actividades comerciales y no comerciales; los usos comerciales pueden ser para producción industrial en el ámbito local, nacional e internacional, mientras, los usos no comerciales son generalmente de orden local y pueden ser de vital importancia para la subsistencia de poblaciones rurales y pobres (leña, caza, plantas medicinales y comestibles, por ejemplo).

La definición de los valores de uso indirecto (VUI) proporcionada por Izko y Burneo (2003), hacen referencia a la mayoría de funciones ecológicas que cumplen el bosque, el páramo y demás ecosistemas; este tipo de valor se otorga a los beneficios no consumibles directamente, pero su existencia es fundamental para la generación de otros bienes o servicios. Como ejemplo, Izko y Burneo (2003), hacen referencia al papel de los bosques por su contribución al control de erosión, filtración de agua subterránea, entre otros.

Los valores de opción (VO) se derivan del valor asignado a la protección de un activo para utilizarlo en un futuro. Por ejemplo, existen personas que, aunque en la actualidad no hagan uso de algún ecosistema o de sus atributos, prefieren tener abierta la opción de hacerlo en algún

momento futuro, por lo que cualquier cambio en la característica de dicho ecosistema supone un cambio en su bienestar (Izko y Burneo, 2003).

Algunos autores han desarrollado el concepto del valor de cuasi- opción, el cual refleja el beneficio neto obtenido al posponer una decisión de usar o no un recurso, en espera de tener mayor información (Cayo, 2014).

Krutilla (1967), sugirió que los valores de no uso, se evidencian cuando los individuos, pese a no utilizar un recurso o servicio ambiental, los valoran. El valor de no uso incluye el valor de legado (VL) y el valor de existencia (VE) (Krutilla, 1967 citado por Cordero, Moreno y Kosmus, 2008).

Algunos autores no difieren en estos dos últimos tipos de valores, sin embargo, la definición de Francke (1997) citado en Cordero, Moreno y Kosmus (2008), permite diferenciar el valor de legado, pues éste se encuentra representado en el deseo de que las futuras generaciones gocen de una cierta dotación de recursos naturales. Izko y Burneo (2003) por su parte, definen el valor de existencia, como el valor que puede tener un ecosistema, sus componentes y atributos para un grupo de personas, que no utilizan directa e indirectamente, ni piensan hacerlo en el futuro, pero que valoran el simple hecho de que exista en determinadas condiciones de degradación o desaparición, supone una pérdida de bienestar.

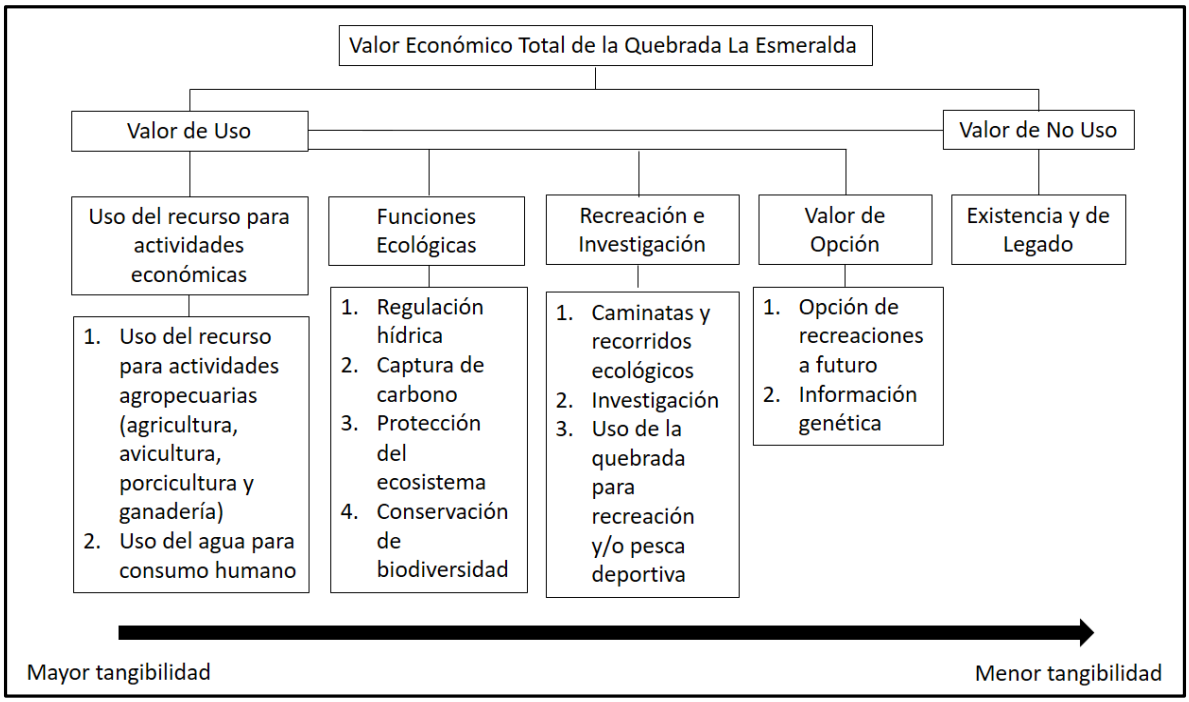
Pese a que la ecuación muestra una mayor aproximación al valor real de un recurso, existen algunas relaciones o sub- funciones en los sistemas ecológicos que están sostenidas de algún modo, manteniendo unido todo. Dichas interacciones, afirma Pearce y Moran (1994), no se han podido cuantificar económicamente. Es así como El Valor Económico Total, conocido como VET, es más amplio que la evaluación tradicional costo- beneficio, permite incluir tanto los bienes y servicios tangibles (tradicionales) como las funciones de los ecosistemas, además de los valores asociados de uso del recurso mismo (Cordero, Moreno y Kosmus, 2008).

Conceptualmente, la determinación del Valor Económico Total de un recurso, requiere identificar la sumatoria de los bienes y servicios del ecosistema, es decir, la suma de los valores de uso y no uso (Carson y Mitchell, 1993). Pese a lo anterior, Izko y Burneo (2003), advierten que emplear el VET no garantiza el *"valor total"* de los ecosistemas, ni que es necesario llegar a él. Simplemente, se debe tener presente que el cálculo del VET es una agregación de distintas formas de valor, que permite calcular de manera aproximada un valor económico "*capturable del ambiente".*

A continuación, se presenta en la Figura 2, una adaptación de la propuesta de Carson y Mitchell (1993), acerca de los diferentes tipos de valor que determinan el valor económico total de la quebrada La Esmeralda. Para el presente caso, los valores se encuentran agrupados de izquierda a derecha según el nivel de tangibilidad.

Figura 2.

Valor Económico Total de los Servicios Ambientales de la Quebrada La Esmeralda



Fuente: Tomado de Carson y Mitchell (1993)

A partir del análisis documental, se puede percibir cierto acercamiento a la situación actual de la quebrada La Esmeralda. Lograr estimar su Valor Económico Total (VET) requiere tener en cuenta los beneficios que ofrece el cuerpo hídrico, cuya cuantificación monetaria se puede realizar con base en diferentes métodos de valoración económica, para escoger la metodología idónea se realiza a continuación la explicación de algunas de ellas.

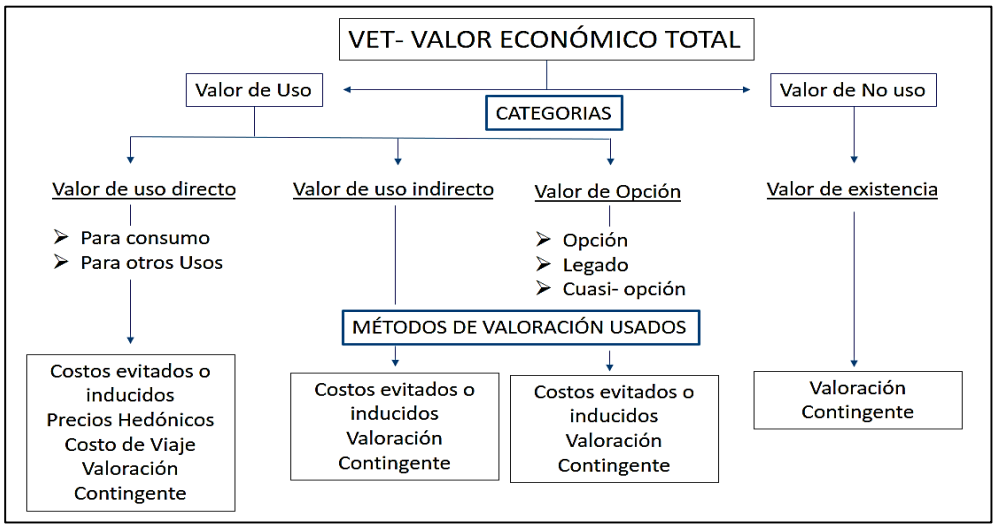
4.1.3.3. Clasificación de Metodologías de Valoración Económica Ambiental. Carson y Mitchell (1993), diferencian dos tipos de métodos de valoración económica ambiental: los métodos indirectos y directos. Los métodos indirectos o de preferencias reveladas, se basan en el comportamiento de los consumidores para derivar el valor que los individuos le asignan a los bienes ambientales dentro del proceso de maximización de utilidad. Los segundos, llamados métodos directos o de preferencias declaradas, buscan incorporar mercados hipotéticos de bienes ambientales para aproximar la disponibilidad a pagar de los individuos por conservar o mejorar la calidad ambiental.

Según expresa Ugarte (2000), dentro de métodos indirectos se toman en cuenta los precios de mercado existentes y los cambios en la productividad, dentro de los cuales se encuentra el método de Transferencia de Beneficios, Precios Hedónicos, Costo de Viaje, Costo de Sustitución, Costos de Mitigación, Función del Daño y Costos por Perdida de Salud. El enfoque directo por su parte, se utiliza cuando el recurso o el servicio no tiene precio reflejado en los mercados existentes, por lo cual, se asocian con bienes de carácter público. Los métodos directos son la Valoración Contingente y Valoración Conjoint (Ugarte, 2000; Azqueta, 1994).

Para determinar o escoger el método a utilizar, fue necesario tener presente el bien o servicio a evaluar, así mismo, identificar la existencia de un mercado con dicho bien o servicio. A continuación, se presenta la relación de los tipos de valores a analizar y los métodos recomendados para estimar su valor según La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2003).

Figura 3.

Clasificación de los Valores Económicos de los Recursos Naturales y los Métodos Recomendados a Utilizar



Fuente: Tomado de Ecosistemas del Milenio (2003).

Con base en la clasificación realizada por los Ecosistemas del Milenio (2003), se logró apreciar que la Metodología de Valoración Contingente tiene mayor aplicabilidad en la estimación de los diferentes valores económicos de los recursos naturales. Por tal motivo, se escoge esta metodología para el presente estudio, puesto que no sólo se busca calcular los valores de uso directo, sino también, estimar los valores de uso indirecto y los valores de opción.

A continuación, se realiza la explicación de la Metodología de Valoración Contingente, sus características y algunas consideraciones claves para su aplicación.

4.1.3.4. La Metodología de Valoración Contingente (MVC). Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2003), la MVC es una de las más populares para evaluar los beneficios derivados de los bienes y servicios no mercadeables.

Su aplicación se hace necesaria cuando, el bien o servicio a evaluar no se asocia con ningún otro que posea mercado; dada esta imposibilidad, es necesario recolectar información a través de preguntas a usuarios del bien, con lo que se crea un mercado hipotético, por medio del cual se

busca la estimación de un precio para el bien en cuestión (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2003).

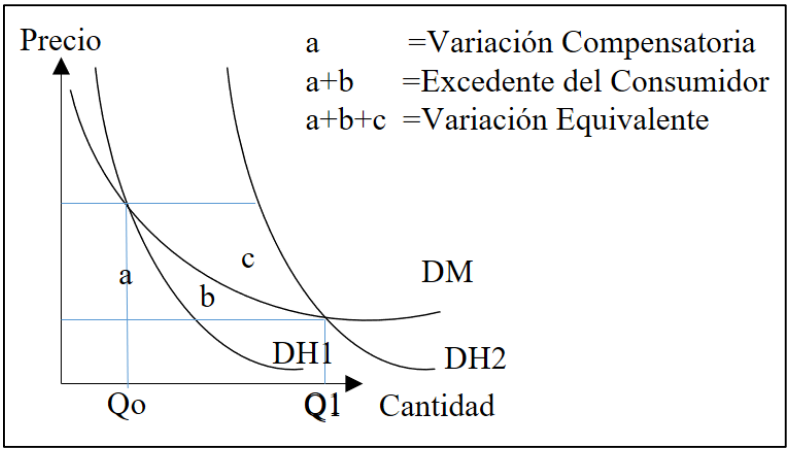
La MVC busca determinar el valor económico que las personas otorgan a los cambios en el bienestar derivados en la oferta de un bien ambiental. A partir de ello, se debe analizar el cambio que sufrió el recurso que se quiere valorar y establecer la población afectada por dicho cambio. Se realiza por medio de encuesta y se pregunta acerca de la máxima disposición a pagar (DAP) o disposición a aceptar (DAA) por el cambio del bien ambiental (estas dos opciones que permite el MVC se abordarán más adelante). Finalmente, la información es recopilada y por medio de estimaciones econométricas y estadística descriptiva, se estima el valor total asignado al recurso (Osorio y Correa, 2004).

Fundamento Económico de la MVC

Con base en la cuantificación en el cambio de bienestar de las personas ante un proyecto propuesto mediante el excedente del consumidor (demanda marshalliana), este método permite determinar la afectación sobre el bienestar de consumidor o productor por medio de la variación de algunas variables (por ejemplo, el precio). Se analiza el efecto de la utilidad por medio de la demanda hicksiana (demanda compensada) para mantener constante el nivel de utilidad. Esta medición se realiza a través de la variación equivalente y la variación compensatoria (Errázuriz, 2004). A continuación, se presentan las áreas de cada medida de bienestar:

Figura 4.

Áreas de las Medidas de Bienestar: VC, EC y VE



Fuente: Errázuriz, (2004)

La MVC recolecta información de las preferencias por medio de un instrumento de investigación basado en encuestas. Pearce y Moran (1994), identifican algunas partes principales o aspectos relevantes en los instrumentos de valoración contingente, entre las que se encuentran la descripción del bien o servicio a evaluar, el mercado hipotético, la disposición a pagar o a aceptar, el vehículo de pago y las características socioeconómicas y demográficas (Ver Apéndice B).

4.1.3.5. Principales Problemas de la Implementación del Método de Valoración Contingente. Machado (2016), establece los principales problemas en la implementación de la Metodología de Valoración Contingente, relacionados con la omisión de variables (la cual puede producir desvíos en los coeficientes estimados), las especificaciones incorrectas, es decir, la forma funcional de la ecuación estimada debe ser congruente con el fenómeno que se pretende estudiar. El término de la perturbación estocástica que viole alguno de los supuestos clásicos y, por último, el tamaño de la muestra debe ser representativo para poder obtener resultados confiables.

Si bien estos problemas deben considerarse en la implementación de la MVC, numerosos autores enfatizan en la presencia de problemas fundamentales basados en diferentes tipos de sesgos. Contreras (2009), enumera algunos de ellos:

- *Del punto de partida*, descrito por Terán (2017), como la situación en la cual la pregunta de DAP o DAA se le asocia una cantidad sugerida, es decir, la respuesta del entrevistado tiende a acercarse a la cantidad que los entrevistadores determinaron.
- *Del vehículo de pago*, esta situación se presenta cuando existe una diferencia sistemática en las respuestas del entrevistado y depende principalmente por el medio postulador para recolectar los pagos de los individuos (Spash, 2003, citado en Contreras, 2009).
- Del entrevistador, ocurre cuando el entrevistado por temor a parecer poco solidario, declara una respuesta más elevada de la DAP (Contreras, 2009).
- *Estratégico*, ocurre cuando un individuo tiene incentivos para declarar diferente respuesta a su valoración real. Ya sea correcta o incorrectamente, el entrevistado considera que dependiendo de la DAP que declare, será beneficiado o perjudicado en la provisión del bien que se está valorando, manipulando la DAP.
- *Hipotético*, se da cuando las personas entrevistadas no se ven comprometidas en ningún momento a responder la encuesta, declaran datos ficticios pues no consideran la opción de realizar transacciones reales.

La MVC requiere un estudio cuidadoso para diseñar la encuesta, toda vez que permita disminuir los sesgos instrumentales descritos anteriormente. Pese a las constantes críticas sobre la validez del método como una opción que proporciona medidas fiables sobre valores de uso y no uso de los recursos naturales (Contreras, 2009), ha logrado incorporarse como una de las metodologías de valoración ambiental más estudiados en los últimos años. A continuación, se presentan algunos estudios de valoración contingente realizados en el panorama internacional.

4.1.3.6. Algunas Aplicaciones de la MVC en el Panorama Internacional. Las principales aplicaciones de la MVC tienen como objeto el uso recreativo y la preservación medioambiental (Kriström y Riera, 1997). Según Riera (1994), el principal país que generó estudios sobre el tema es Estados Unidos, seguido de algunos países del centro y norte de Europa. La introducción de esta metodología en los países de habla hispana ha sido tardía, pero los estudios realizados muestran un gran potencial en su aplicación, en especial España que en la actualidad lidera algunos temas sobre todo en materia de la economía ambiental.

Como ejemplo de los estudios españoles y sus avances, encontramos discusiones referentes a los procedimientos economicistas que presentan limitaciones en la fijación de los actores implicados influyendo así, en los valores otorgados al ambiente. Valores que se encuentran dentro de un enfoque tradicional basado en el paradigma racional interfiriendo en la priorización y selección de alternativas ambientales (Jiménez, Aguarón y Escobar, 2001). Los mercados para servicios ambientales de protección de cuencas están siendo cada vez más aplicados especialmente en América Latina. Aunque el principio básico detrás del uso de mercados para tratar las externalidades del uso del suelo por medio de recompensas es atractivo y conceptualmente simple, su puesta en práctica puede complicarse por aspectos legales, científicos y económicos (Porras, 2003).

En los estudios de la MVC también se han abordado temas específicos de las regiones, los casos se basan principalmente en sistemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), dirigidos a la compensación de los daños a través de un mercado. Para ello, los investigadores definen el objetivo que puede responder a tres tipos de categorías: primero, puede estimar la disposición a pagar por los servicios y beneficios que proporciona un recurso hídrico, el recurso suelo, o los recursos paisajísticos que comprende el ecosistema que habita, así mismo, puede estimar la disposición a pagar de los habitantes por preservación y conservación del recurso natural para usos

futuros y tercero, puede estimar la disposición a recibir como compensación de un cambio en el bienestar social local (Hek, Kiersch y Mañon, 2004).

En América Latina, el mayor número de estudios se reporta en Argentina, no obstante, los logros en Chile y Perú han sido significativos en la medida que la aplicación de la MVC ha permitido el análisis, la identificación, cuantificación y valoración de los bienes y servicios ecosistémicos del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH), reconociendo la importancia que tiene para el sistema socioeconómico la existencia del GEMCH. Salgado et al., (2015) lograron identificar los beneficios del ecosistema traducidos en la provisión de alimentos asociadas a las actividades pesqueras, la disponibilidad de materias primas para la elaboración de harina y aceite de pescado.

Dentro de los avances chilenos se pudo incorporar en los estudios del método económico de valoración otros tipos de análisis, ejemplo de ello, es el estudio cualitativo de las encuestas en donde, incorporaron la selección de Focus Group, en cuatro localidades diferentes: Valdivia de Paine, Parcelación Las Mercedes, Santa Inés y Pataguilla, y La Capilla de Caleu. En la elección de estas localidades se buscó abarcar grupos con diferentes características de manera de obtener así una mayor diversidad en las respuestas y lograr una mayor representatividad de la población (Errazuriz, 2004). Otro análisis integrado en la MVC, lo realizó Toasa (2015), acompañando el estudio con parámetros como la calidad del agua por medio de análisis físico químicos, logrando además valores económicos, valores de captación, recuperación, protección, insumo a la producción de la zona de importancia hídrica, costos administrativos y operativos que conllevan a la dotación del recurso hídrico en la red municipal del cantón Cevallos.

Otros casos relevantes fueron los realizados en el Río Colorado, comprendiendo que los humedales del Delta del Río Colorado constituyen uno de los ecosistemas más ricos y de mayor importancia ecológica en toda la región de la Cuenca Baja del Río Colorado en Estados Unidos y México (Glenn et al., 1996 citado en Sanjurjo, 2006). Se logró con la valoración económica argumentar que la prioridad de la gestión ambiental debía garantizar los flujos del agua indicando que la conservación de la zona delta del rio Colorado beneficiaba el ecosistema (Sanjurjo e Islas, 2007). Al estimar el valor económico y social de restaurar el ecosistema se reflejaban los beneficios a pescadores, a la reproducción de especies marinas comerciales, servicios ecológicos como refugio de aves migratorias y valores de cultura e identidad de las comunidades cercanas.

En los casos colombianos, Serna (2013) logró realizar un ejercicio pionero en la caficultura de Colombia; el investigador manifestó inconformidad con los resultados obtenidos respecto a la relación entre variables. Según los resultados, el ejercicio requería un mayor trabajo en el proceso de refinamiento de la encuesta para obtener respuestas cerradas y concretas en aquellas variables de interés, sin dejar opciones de respuestas ambiguas o subjetivas por parte del encuestador o del encuestado. Respecto al modelo, consideró, que presentaba limitaciones y frente al ejercicio encontró restricciones de dinero y tiempo, que intervienen en el proceso amplio de capacitación previa sobre el concepto erosión y metodología, lo que no pretende restar importancia al innovador método y su aplicación práctica en forma pionera para la valoración de recursos ambientales asociados con la erosión del suelo, para la zona cafetera central de Colombia.

4.2. Marco Legal

La existencia de los bienes y servicios ambientales garantizan el bienestar de la vida en la tierra, por tal motivo, se hace necesaria la aplicación de políticas e instrumentos para la regulación y control de las actividades humanas sobre los ecosistemas.

En el marco internacional, el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (PNUMA), actúa como promotor, educador y facilitador para la promoción del uso racional y el desarrollo sostenible mundial.

En el marco normativo nacional, es importante referir la Constitución Política de Colombia de 1991, la cual considera obligaciones del Estado en los artículos 79 y 80, estableciendo su deber en la protección de la diversidad e integridad del ambiente, la conservación de las áreas de especial importancia ecológica y el fomento en la educación para el logro de los fines propuestos, así mismo, tiene como objetivo la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo sostenible, conservación, restauración o sustitución. A partir de las sanciones legales y la exigencia de los daños causados, debe prevenir y controlar los factores del deterioro ambiental (Constitución política de Colombia, 1991, Art.79 y Art. 80).

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de las autoridades, decretos, leyes y normas en el contexto nacional e internacional que regulan la protección, control y vigilancia del estado de los recursos naturales:

Tabla 2.

Marco Legal Internacional y Nacional.

Autoridades, Normas y Tratados del Medio Ambiente (en temas de gestión de residuos y calidad del recurso agua)				
Internacional		**Nacional**		**Estado**
ONU	A través del Programa de Las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) es la principal institución encargada del manejo ecológico de los recursos naturales a nivel internacional.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	(Anteriormente Ministerio del Medio Ambiente), se encarga de orientar el ordenamiento ambiental del territorio, definir las políticas y regulaciones a las que se sujetan la recuperación, conservación y protección de los recursos naturales renovables y del ambiente de la nación.	
		Las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en municipios y distritos	Entes corporativos de carácter público creados por ley, dotados de autonomía administrativa y financiera, encargados de administrar dentro del área de su jurisdicción el medio ambiente y los recursos renovables. Además, de propender por el desarrollo sostenible de conformidad a las disposiciones legales y las políticas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.	
		Constitución Política de Colombia de 1991	Emitida por la Asamblea Constituyente, asegura en el art. 79 y art. 80 que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar educación para el logro de estos fines.	VIGENTE
		Política para la Gestión Integral de Residuos (GIRS) 1997	Presentada por el Ministerio del medio Ambiente y aprobada por el Consejo Nacional Ambiental en el año 1998, postula principios básicos, objetivos y estrategias específicas de trabajo conjunto para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de las GIRS.	VIGENTE

Autoridades, Normas y Tratados del Medio Ambiente

(en temas de gestión de residuos y calidad del recurso agua)

Internacional		Nacional		Estado
Convenio de Basilea	Es un acuerdo multilateral sobre el Medio Ambiente por medio del cual 170 países dentro del sistema de Naciones Unidas convinieron proteger el medio ambiente y la salud humana de los efectos nocivos provocados por la generación, manejo, movimiento transfronterizos y eliminación de desechos peligrosos. Fue adoptado en respuesta a fuertes propuestas públicas en os años 80, tras el descubrimiento de depósitos de desechos tóxicos en países en vía de desarrollo	Ley 9 de 1979 Medidas Sanitarias	Por medio de la cual, el Congreso de Colombia decreta normas generales, procedimientos y medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de residuos o materiales que pueden afectar las condiciones sanitarias del ambiente, de la salud y el bienestar humano.	VIGENTE
		Ley 99 de 1993 Ley General Ambiental de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.	VIGENTE
		Decreto ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al medio Ambiente.	VIGENTE
		Decreto 1076 de 2015	Compilación de las normas expedidas por el Gobierno Nacional en ejercicio de las facultades reglamentarias otorgadas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución política. Es el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. En él se encuentran los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso agua para uso en la sección 9 en el Art. 2.2.3.3.9.3., Art. 2.2.3.3.9.4., Art. 2.2.3.3.9.5. y Art. 2.2.3.3.9.6.	VIGENTE

Autoridades, Normas y Tratados del Medio Ambiente

(en temas de gestión de residuos y calidad del recurso agua)

Internacional	Nacional		Estado
provenientes del extranjero. Entró en vigor desde mayo de 1992.	Decreto 1210 de 2020	Por el cual se modifica y adiciona parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario de Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.	VIGENTE
	Resolución 2115 del 2007	Por medio del cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.	
	Resolución 1890 de 2011	Por la cual se enuncian alternativas para la disposición final de los residuos sólidos en los municipios y distritos que dieron aplicación a lo dispuesto en las Resoluciones 1390 de 2005, 1684 de 2008, 1822 de 2009 y 1529 de 2010	
	Resolución 0330 de 2017	Expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".	
	Resolución 1084 de 2018	Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se dictan otras disposiciones.	
	Resolución 1256 de 2021	Entre las disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales en el país, desliga los conceptos de recirculación y reúso y elimina un permiso.	
	Resolución 0076 de 2021	Por la cual se adopta el plan nacional de Suministro de Agua potable y Saneamiento Básico rural y se dictan otras disposiciones.	

Nota: Adaptada de información del Sistema Único de Información Normativa (Fecha de consulta: 03 de enero de 2022) Disponible en: http://www.suin-juriscol.gov.co/legislacion/normatividad.html)

5. Materiales y Métodos

5.1. Área de Estudio

5.1.1. Localización

El relleno sanitario clausurado La Esmeralda y la quebrada La Esmeralda se encuentra ubicados en la vereda Ciénaga Brava, corregimiento El Llanito, del Distrito Especial, Portuario, Industrial, Turístico y Biodiverso de Barrancabermeja, en la zona noroccidental sobre el kilómetro 8 de la vía al municipio de San Vicente de Chucurí, antigua vía nacional Barrancabermeja-Bucaramanga (Ver figura 5).

Figura 5.

Relleno Sanitario y Quebrada La Esmeralda. Distrito Especial de Barrancabermeja.



Fuente: Google Earth Pro. Fecha de imagen: 28/09/2022. 05:12 p.m.

5.1.2. Zona de Vida a la cual Pertenece la Zona Objeto de Estudio

Según la clasificación de zona de vida o clasificación de formaciones vegetales del mundo, la zona objeto de estudio pertenece al bosque húmedo tropical (bh-T), presentando temperaturas superiores a 28,2° C, precipitaciones promedias anuales de 2.823 m.m, humedad relativa del 88% y una altitud de 79 metros sobre el nivel del mar (Holdridge, 1987 citado en Pedraza, 2014).

5.1.3. Enfoque de la Investigación

El enfoque de la presente investigación es cuantitativo, debido a que es secuencial y probatorio; cada etapa requiere la realización de la anterior, buscando la generación de resultados que en su mayoría son numéricos de datos recolectados y obtenidos. Estos datos son probados a través de la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y comparar con base en teorías existentes expuestas con anticipación en el documento (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

5.1.4. Hipótesis

La Valoración Económica Ambiental permitirá obtener el Valor Económico Total del potencial mejoramiento de la calidad de agua de la quebrada La Esmeralda.

5.2. Diseño Metodológico

La metodología utilizada en el proyecto fue de tipo descriptivo explicativo, en razón a que en el primer momento se buscó información relevante acerca de un tema u objeto desconocido y poco estudiado, seguido a esto, se reseñaron las características de la situación o fenómeno de estudio y, además, sirvió para preparar el terreno, abriendo camino hacia los otros niveles investigativos (Salkind, 1998 citado en Hernández, Fernández y Baptista., 2010).

La estructura de la presente investigación responde al desarrollo de tres (3) objetivos específicos, como se evidencia a continuación:

5.2.1. Objetivo Específico I: Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda

Esta etapa correspondió al trabajo de campo de la investigación e inició con la caracterización físico, química y microbiológica del cuerpo hídrico afectado. Para llevar a cabo la recolección de información, se utilizaron los materiales y equipos que se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Materiales y Equipos de Apoyo para la Toma de Muestras de Agua

Materiales	Equipos de apoyo
Recipientes plásticos y de vidrio estandarizados	GPS
Pipetas	Brújula
Tubos de ensayo	Sonda Multiparamétrica HANNA HI 9828
Libreta de apuntes	Cámara digital
Bata	Computador portátil
Reactivos	
Guantes	
Tapabocas	

Fuente: Elaboración propia

Se establecieron dos momentos en la toma de las muestras de agua; según las características climáticas de la zona: el primer muestreo, se realizó el 17 de diciembre de 2017 (en época de sequía), y posteriormente, el 1 de mayo de 2018 se realizó el segundo muestreo (identificado este mes con altas precipitaciones).

Se escogieron los parámetros principales que afectan la calidad de agua por vertimientos o descargas de lixiviados con base en la Guía Ambiental para los Rellenos Sanitarios del Ministerio del Medio Ambiente (2002) y los estudios realizados por Prieto et al., (2009); se tomaron alrededor de dieciséis (16) parámetros más representativos según los autores consultados. De los 16 parámetros, 10 fueron tomados para el análisis físico, químico y microbiológico: pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cromo (Cr), Mercurio (Hg), Plomo (Pb), Sulfatos, Fósforo Total (P Total). El muestreo se realizó en la quebrada La Esmeralda que se encuentra aguas abajo de la ubicación del relleno sanitario clausurado La Esmeralda.

Las muestras se tomaron siguiendo las instrucciones de la Guía de Campo para la toma de muestras de agua según el Laboratorio de Calidad Ambiental de CORANTIOQUIA (2002) y con base en la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2002). Posteriormente, se

transportaron acorde a la cadena de custodia de la muestra para tal fin al laboratorio de consultas industriales de la Universidad Industrial de Santander (UIS).

Así mismo, se utilizó la sonda multiparamétrica HANNA HI 9828 para tomar los 6 parámetros restantes. Los parámetros tomados y analizados *in situ* fueron: conductividad, oxígeno disuelto (DO), temperatura, salinidad, sodicidad y sólidos disueltos totales. Con un muestreo por triplicado, se tomaron tres (3) puntos de referencia que presentan las siguientes coordenadas:

Tabla 4.

Ubicación de los Puntos y Tomas de Muestras

Punto	Coordenadas
1 Quebrada La Esmeralda	X: 1029915 Y: 1272553 81 msnm
2 Brote de Lixiviado	X: 1030012 Y: 1272588 77 msnm
3 Aguas abajo cerca piscina Lixiviados	X: 1030001 Y: 1272598 81 msnm

Fuente: Elaboración propia

Los valores obtenidos en la caracterización físico- químicos y microbiológicos fueron relacionados con los criterios admisibles según el Decreto 1076/2015 que deroga al Decreto 1594/1984 respecto a los usos del agua. La comparación se basó en determinar el cumplimiento de los criterios de calidad admisibles descritos en dicho decreto para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico en la sección 9 en el artículo 2.2.3.3.9.3., artículo 2.2.3.3.9.4., artículo 2.2.3.3.9.5. y artículo 2.2.3.3.9.6. (anteriormente, art. 38, art. 39, art. 40 y art.41). Dichos artículos indican los requerimientos que debe tener el agua para su potabilización mediante tratamiento convencional o desinfección, además, de los criterios necesarios para destinar el recurso para uso agrícola, pecuario e incluso, uso recreativo. Criterios que se encuentran adjuntos en el Apéndice C.

5.2.1.1. Índice de Calidad de Agua (ICA). Posterior a la toma de muestras, se realizó la calificación y corroboración de la calidad del agua. El nivel de alerta se analizó con base del cálculo estadístico del Índice de Calidad de Agua (ICA) del IDEAM (2011). A partir de cinco (5) variables se utilizó la siguiente fórmula del indicador:

Figura 6.

Fórmula del ICA

$$ICA_a = \sum_{i=1}^{9} (Sub_i * w_i)$$

Fuente: IDEAM (2011)

Donde:

ICAa: Es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua i en el tiempo i, evaluado con base en n variables.

- Wi: Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.
- Subi: Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo i, registrado durante la medición realizada, del período de tiempo establecido.
- i: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5, o 6 dependiendo de la medición del ICA que se seleccione.

El cálculo de cada variable se realizó por medio de diferentes ecuaciones ya establecidas por el indicador. Una vez calculadas las ecuaciones, se ponderaron los valores resultantes. El peso de cada variable es igual a 0,20 o el 20% del peso total= 100% (IDEAM, 2011). Una vez calculado el índice de cada parámetro, es decir, el índice de oxígeno disuelto (IDO), el índice de pH (IpH), el índice de sólidos suspendidos totales (ISST), el índice de conductividad (IC) y el índice de la demanda química de oxígeno (IDQO), se multiplicó por los pesos establecidos y posteriormente, se sumaron. La sumatoria se comparó con los rangos establecidos en la Tabla 5 y se determinó el nivel de riesgo o calificación del agua según el Índice de Calidad de Agua (ICA).

Tabla 5.

Calificación ICA

Señal de alerta	
0 - 0,25	Muy mala
0,26 - 0,5	Mala
0,51 - 0,7	Regular
0,71 - 0,9	Aceptable
0,91 - 1	Buena

Fuente: IDEAM (2011)

Posterior al diagnóstico basado en la caracterización y evaluación la calidad del agua, se prosiguió con la identificación, evaluación y descripción de los impactos generados por los vertimientos provenientes del relleno sanitario al recurso agua de la quebrada La Esmeralda.

5.2.2. Objetivo específico II: Descripción de las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada La Esmeralda

A partir de los resultados de la caracterización físico-química y microbiológica, además del puntaje del ICA obtenido, se desarrolló el objetivo específico dos (2). Esta etapa abordó inicialmente con análisis matriciales, se escogió la Matriz Conesa Simplificada. Cabe resaltar que ésta matriz ha sido específicamente recomendada para evaluar los impactos y efectos ambientales de los recursos hídricos en condiciones desfavorables según Arboleda (2008).

5.2.2.1. Método Matricial Conesa Simplificado. Esta matriz de doble entrada relacionó los elementos ambientales alterados, los posibles impactos y las etapas de ejecución del relleno sanitario La Esmeralda en las cuales se generó dicha afectación. Posterior a la identificación, se procedió a la evaluación de los impactos ambientales a partir de los diez criterios propios de la matriz, los cuales se encuentran relacionados la siguiente tabla:

Tabla 6.

Criterios de Evaluación de la Matriz Conesa Simplificada

Criterio/Rango		Calificación	Criterio/ Rango		Calificación
Naturaleza	Impacto	+	Intensidad	Baja	1
	Benéfico	-	(IN)	Media	2
	Impacto		(Grado de	Alta	4
	perjudicial		destrucción)	Muy alta	8
				Total	12
Extensión	Puntual	1	Momento	Largo Plazo	1
	Parcial	2	(MO)	Medio Plazo	2
	Extensa	4	Plazo de	Inmediato	4
	Total	8	manifestació	Crítico	(+4)
	Crítica	(+4)	n		
Persistencia	Fugaz	1	Reversibilid	Corto Plazo	1
	Temporal	2	ad (RV)	Medio Plazo	2
	Permanente	4		Irreversible	4
Sinergia	Sin sinergismo	1	Acumulació	Simple	1
	(simple)	2	n (AC)	Acumulativo	4
	Sinérgico	4	Incremento		
	Muy sinérgico		Progresivo		
Efecto	Indirecto	1	Periodicidad	Irregular o aperiódico	1
	(secundario)	4	(PR)	o discontinuo	2
	Directo			Periódico	4
				Continuo	
Recuperabilidad	Recuperable	1	Importancia (I)		
	inmediato	2	I=(3IN+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)		
	Recuperable a	4			
	Mediano Plazo	8			
	Mitigable o				
	compensable				
	Irrecuperable				

Fuente: Arboleda, (2008)

Una vez se evaluaron los diez criterios para cada uno de los impactos identificados, se calculó la importancia del impacto ambiental a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{I\ I= 3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC} \quad (5)$$

La importancia del impacto en cada uno de los casos tomó los valores entre 13 y 100 unidades. Posteriormente, se contrarrestaron los valores resultantes en la Etapa I con las siguientes calificaciones:

- Impactos Irrelevantes o compatibles: cuando presente valores menores a 25
- Impactos Moderados: valores entre 25 y 50
- Impactos Severos: Valores entre 50 y 75.
- Impactos Críticos: valores superiores a 75.

Una vez desarrollada la matriz Conesa Simplificada, se inició con la recopilación de información cualitativa y cuantitativa de las poblaciones objeto de estudio. Lo anterior se realizó por medio de la observación directa del investigador, así como también, con base en el instrumento de análisis que se recomienda dentro de la Metodología de Valoración Contingente: la encuesta semiestructurada. Adicionalmente, se recopiló información teórica e informes epidemiológicos de los años 2015, 2016 y 2017 del Distrito Especial de Barrancabermeja, para describir, corroborar y relacionar los impactos significativos identificados y evaluados, con la disminución del bienestar de los habitantes y los recursos ambientales afectados de la zona de influencia del relleno sanitario La Esmeralda.

5.2.2.2. Aplicación del Método de Valoración Contingente (MVC). El conocimiento de las condiciones actuales de la calidad del agua de la quebrada la Esmeralda, advierte sobre la disminución del bienestar social, por lo que, todas las posibles soluciones que mitiguen la contaminación, son vistas o percibidas por los habitantes del sector, como soluciones positivas y de aceptación frente al proyecto formulado. Es así, como la disposición a realizar un pago adicional por parte de las familias afectadas directa e indirectamente, se encuentra condicionada por los proyectos que cumplan con ciertos requisitos:

1) Garanticen mejores condiciones en la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda para hacer uso adecuado del recurso en actividades agropecuarias,

2) Mejoren la potabilidad y aprovisionamiento de agua para el consumo, evitando riesgos en salud humana y no humana,

3) Garanticen que el uso del agua para actividades recreativas y disminuya el riesgo por contacto directo,

4) Garanticen la conservación de especies de fauna y flora identificadas en la zona.

Para acceder a la información fue necesario formular un cuestionario de valoración contingente, es decir, una encuesta semiestructurada. La encuesta se formuló con preguntas de respuestas dicotómicas en su mayoría, múltiples respuestas y en menor medida, preguntas con respuestas abiertas (Ver Apéndice D y Apéndice E).

Los tres bloques de preguntas que conformaron el cuestionario fueron basados en la estructura propuesta por Azqueta (1994) y se relacionan en la Tabla 7:

Tabla 7.

Información de la Encuesta Semiestructurada

Información de la Encuesta Semiestructurada	
Bloque 1. Información relevante sobre el bien u objeto de estudio	Característica: El entrevistado debe tener información suficiente y precisa, que permita identificar el problema planteado. Se presentan fotografías, dibujos, cifras, entre otros.
Bloque 2. Modificación del objeto de estudio	Característica: Este bloque de preguntas busca presentar el estado inicial y los cambios de la modificación en las condiciones del bien o servicio que presenta para los individuos.
Bloque 3. Indaga sobre las características socioeconómicas relevantes del entrevistado	Característica: Incluye edad, estado civil, renta, nivel de estudio. Importantes para la contribución y determinación de las preferencias de los individuos.

Fuente: Azqueta, (1994)

El formato inicial de encuesta se adaptó a partir de los estudios de disposición a pagar por cambios ambientales. Inicialmente se formularon alrededor de 35 variables para la población directamente afectada (habitantes de la zona rural). Posteriormente se agruparon las más representativas en tres categorías principales: en la primera, se encuentran las preguntas que relacionan la conciencia de la población sobre el medio ambiente, las problemáticas existentes y

los posibles responsables de la contaminación de la quebrada La Esmeralda; seguido a ello, las preguntas relacionadas con las características demográficas y socioeconómicas de la población y características de las viviendas. Por último, se formularon preguntas enfocadas en la percepción de la ciudadanía, sobre la pertinencia de pago por la mejora del recurso agua mediante la implementación de una planta de tratamiento de lixiviados (mercado hipotético).

De treinta y cinco (35) variables se escogieron veintiún (21), debido a la importancia de las mismas para el análisis de la disposición a pagar, aunado a la frecuencia de uso establecida en los diferentes estudios consultados.

A continuación, se realiza una breve descripción de cada una de las variables planteadas para la presente investigación:

Tabla 8.

Variables de Estudio

Variable	Notación	Concepto	Característica
Disposición a Pagar	DAP	Disposición a pagar del individuo por el proyecto de implementación de la planta de tratamiento de lixiviados llevada a cabo por el gobierno municipal con participación de la comunidad barranqueña.	Continua y cuantitativa (Rangos)
Sexo	Sex	Mujeres (0) Hombres (1)	Dicotómica
Edad	Ed	Datos a partir de 18 años y menores a 72 años	Continua y cuantitativa
Número de integrantes en la familia	NoPersHog	Número de personas que conforma el hogar	Continua y cuantitativa
Pago por servicio de agua	PrecioAgua	Valor que asignan al pago mensual por el servicio de agua potable	Continua y cuantitativa

Variable	Notación	Concepto	Característica
Nivel de Estudios	NivelEstu	Niveles de estudios alcanzados: Ninguno, Primaria, Secundaria, Técnico o Tecnológico, Profesional Pregrado o Profesional Posgrado.	Continua y cuantitativa
Percepción Importancia del ambiente	ImporMed	En esta pregunta se intentó saber si las personas consideraban el medio ambiente importante en su vida cotidiana.	Dicotómica
Calificación Calidad Agua	CalificaAgua	Las opciones de respuesta fueron: a) Buena b) Regular c) Mala d) No sabe/ No responde	Continua y cualitativa
Percepción actividades causantes de contaminación del agua	CCA	a) Actividades productivas agropecuarias, b) Descarga de basuras c) Contacto con las piscinas de lixiviados del relleno sanitario d) Actividades relacionadas con la extracción	Múltiples respuestas
Percepción de los Principales causantes de contaminación	CausanteContamin	a) Gobierno Nacional o Departamental b) Administración Municipal, c) Autoridades ambientales, d) Comunidad, e) Empresas privadas	Pregunta abierta
Percepción sobre recuperación fuentes hídricas	ExisteManerRecuH2O	Si considera que existe forma de recuperar la calidad del agua de las quebradas, caños y ciénagas contaminadas de Barrancabermeja No (0) Si (1)	Dicotómica

Variable	Notación	Concepto	Característica
Conocimiento de cuerpos hídricos de la zona	ConoceCuerp	Si tiene conocimiento de los cuerpos de agua de la zona objeto de estudio No (0) Si (1)	Dicotómica
Contacto directo con cuerpos hídricos de la zona	ContactoAgua	Si actualmente tiene contacto directo con las fuentes hídricas mencionadas No (0) Si (1)	Dicotómica
Percepción afectación en humanos	AfecPersona	No (0) Si (1)	Dicotómica
Percepción existencia de contaminantes en agua	PerceExistConta	No (0) Si (1)	Dicotómica
Percepción de relación de contaminación y enfermedades a humanos y no humanos	PercepcionEnfer	Si considera que pueden presentarse enfermedades producto del contacto o ingesta del agua potable de Barrancabermeja No (0) Si (1)	Dicotómica
Disposición para participar en la recuperación de la calidad de agua	ParticipaRec	Si se encuentra dispuesto a participar en planes, programas, proyectos, campañas y demás para la recuperación de la calidad del agua de las fuentes hídricas No (0) Si (1)	Dicotómica
Enfermedades por contacto o ingesta de agua	EnfermedadesCAgua	Presenta enfermedades o sintomatologías que relaciona con el consumo o contacto con el agua potable de Barrancabermeja	Dicotómica

Variable	Notación	Concepto	Característica
Gastos por consultas médicas mensuales	GastoConsul	Valor que asigna al pago de las consultas médicas familiares mensuales	Cuantitativa
Gastos por medicamentos mensuales	GastoMedic	Valor que asigna al pago de los medicamentos familiares por mes	Cuantitativa
Percepción pertinencia del proyecto	PercepProyec	Si considera el proyecto expuesto una solución frente a la problemática de la contaminación de lixiviados.	Elección múltiple
Ingresos familiares	IngresosFami	Valor promedio de los ingresos mensuales familiares	Cuantitativa
Egresos Familiares	EgresosFami	Valor promedio de los egresos mensuales familiares	Cuantitativa

Fuente: Elaboración y formulación propia

Una vez determinadas las anteriores variables, se efectuó el análisis descriptivo de cada una, realizando tablas de frecuencia con sus respectivos gráficos.

5.2.3. Objetivo específico III: Estimación de la Disposición a Pagar (DAP) de la Comunidad Rural y Urbana por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada la Esmeralda a Través de las Preferencias Declaradas

Finalmente, para el desarrollo de la Etapa III fue necesario tener en cuenta algunos aspectos relevantes encontrados en la bibliografía consultada. Para la presente investigación, dichos aspectos fueron determinados de la siguiente manera:

5.2.3.1. Disposición a Pagar (DAP). En cuanto a la Disposición a Pagar (valor expresado por familia en pesos moneda corriente-mensual), se planteó con la modalidad de pregunta abierta. Se decidió implementar este tipo de pregunta, para evitar el sesgo de punto de partida expuesto por Terán (2017). Bajo la modalidad de pregunta, el autor asegura que una vez se realiza la pregunta y se le permite responder de manera abierta, el entrevistado menciona el monto dispuesto a pagar, sin influir en la decisión del entrevistado ni condicionar su respuesta.

En el presente ejercicio, los censados y encuestados manifestaron cuánto estarían dispuestos a pagar (aportar) por el potencial mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda, acción que sustenta el pago por los servicios ambientales de los que la población se ve beneficiada con el consumo de agua para uso doméstico, actividades recreativas, para el uso del recurso para actividades agropecuarias y el sustento de la vida del ecosistema.

5.2.3.2. Mercado Hipotético. La presente investigación propuso como mercado hipotético la puesta en marcha de una planta de tratamiento de lixiviados. Dicha planta de tratamiento se encuentra construida en los predios del relleno sanitario clausurado, pero requiere de inversión para su funcionamiento. El objetivo del proyecto es garantizar el mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda para sus diversos usos. Por medio de la utilización de procesos químicos eficientes, se busca disminuir la presencia de elementos tóxicos y metálicos en el agua de la quebrada La Esmeralda. Esta acción podría garantizar la disminución en riesgos por el consumo directo e indirecto (humano y actividades agropecuarias), por contacto (actividades recreativas o domésticas) y los riesgos de restringir un ambiente sano (disminución de especies fauna y flora de la zona). El tiempo en el que incurre la adecuación de la planta de tratamiento y la apertura se estableció para el año 2023 y los principales responsables de ejecutar dicho proyecto serían la Alcaldía Municipal de Barrancabermeja y la empresa de acueducto municipal.

5.2.3.3. Vehículo de Pago. Para el presente ejercicio, se utilizó un incremento adicional del precio del servicio del agua potable emitido en las facturas mensuales de la empresa de acueducto municipal.

5.2.3.4. Las Respuestas Protesta. Se tomaron en cuenta las respuestas protesta y se preguntó a las personas censadas y encuestadas el motivo por el cual rechazaban el pago por el mejoramiento de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda.

5.2.3.5. Validación del Cuestionario. Con base en lo propuesto por Arribas (2004), se validó el cuestionario previamente bajo el sometimiento de dos pruebas piloto. Inicialmente se aplicó la prueba piloto 1 al 10% de la muestra establecida, para corroborar la pertinencia de las preguntas, la modalidad de pregunta de DAP y el formato.

Se realizaron dos tipos de cuestionarios, inicialmente se formuló el de la población directamente afectada (35 preguntas), y posteriormente, se formuló el cuestionario para población indirectamente afectada (39 preguntas). El formato inicial, luego de realizarse la prueba piloto tuvo modificaciones en cuanto a la formulación de las preguntas y respuestas. Posteriormente, se aplicó el formato a las dos poblaciones del estudio.

5.2.3.6. El Modelo Escogido. Con base en estudios anteriores de la MVC se propuso realizar el ajuste de datos mediante un modelo de probabilidad logística. Debido al carácter de respuestas binarias o dicotómicas, los modelos de elección discreta son los más recomendados por León (1996) y Hanemann y Kanninem (1999). Es por lo anterior, que se escoge el Modelo Logit y Probit para el ajuste de la función logística acumulativa (Agüero et al., 2005).

Se planteó un modelo que buscara explicar la valoración económica ambiental de las poblaciones por los valores de uso directo e indirecto derivados de la quebrada La Esmeralda. La DAP estuvo contemplada en función de veintiún (21) variables escogidas. Inicialmente, se realizó un análisis bivariado entre la variable dependiente *Dispuesto a Pagar* por el mejoramiento de la calidad de agua y las demás variables independientes para encontrar asociaciones, es decir, aplicando la prueba ji-cuadrado para probar la hipótesis nula (H0= las dos variables cualitativas son independientes). La significancia usada fue del 5% (α=0.05), es decir, los valores de la significancia observada menor a 0.05 conducen a rechazar la hipótesis nula y por ende afirmar que entre las variables existe asociación.

Finalmente, con un número reducido de variables resultantes del análisis bivariado, se realizó la regresión logit, determinando la relación existente entre la variable dependiente en función de quince (15) variables independientes que presentaban mejor resultado en cuanto a su

significancia, se incluye una a una las variables hasta encontrar el pseudo R más alto. La función se planteó en el siguiente modelo econométrico:

$$\textbf{DispuestoPagarA} = \beta_1 + \beta_2\ \text{Sexo} + \beta_3\ \text{edad} + \beta_4\ \text{NIvelEstudios} + \beta_5\ \text{CaudanteContaminacion} + \beta_6\ \text{PerceExisteContaminantes} + \beta_7\ \text{AfecPersonas} + \beta_8\ \text{ParticipaRecuperacion} + \beta_9\ \text{enferemdadesCAgua} + \beta_{10}\ \text{PrecioAgua} + \beta_{11}\ \text{SaludPercepBuena} + \beta_{12}\ \text{RGastoMedic} + \beta_{13}\ \text{PercepProyecto} + \beta_{14}\ \text{IngresosFami} + \beta_{15}\ \text{EgesosFami} + \beta_{16}\ \text{Estrato} + \mu \quad (6)$$

Adicionalmente, para la validación de los resultados y la correlación entre los ítems del instrumento, se utilizó el ALFA CRONBACH (1951), que permitió medir el error factorial específico y el error por respuesta al azar para los datos suministrados por los participantes en la encuesta (Oviedo y Arias, 2005).

La evaluación de la consistencia interna del cuestionario a través de la medida de la fiabilidad alfa Cronbach, dio como resultado el valor de 0,7144. Según las puntuaciones de Oviedo y Arias (2005), se logró confirmar que los ítems midieron un mismo constructo y se encontraban altamente correlacionados (Ver Apéndice F).

5.2.3.7. Valor Económico Total de la Quebrada La Esmeralda

5.2.3.7.1. Valor de Uso Directo. Para estimar el valor de uso directo de la quebrada La Esmeralda, se realizó la encuesta a la población que ha destinado a lo largo del tiempo, el recurso agua en los siguientes usos: consumo humano, actividades productivas de pesca, ganadería, avicultura, porcicultura y recreación.

5.2.3.7.2. Valor de Uso Indirecto. Una vez recopilada la información de la población ubicada cerca de los predios del relleno sanitario clausurado, y en vista de los servicios ambientales adicionales que se derivan de la quebrada para el Distrito Especial de Barrancabermeja, se estableció la realización de un muestreo adicional con base en la población ubicada en el casco urbano del Distrito Especial. Esta población si bien no tiene en su mayoría contacto directo con el cuerpo hídrico, necesita la calidad del recurso por ser usuarios aguas abajo de la ciénaga que los abastece de agua potable.

5.2.3.7.3. Valor de Opción. Para estimar el valor de opción se realizó una pregunta adicional de DAP en la población directa e indirectamente afectada. Se preguntó a las personas si se encontraban en la disposición de realizar un pago adicional en el recibo del servicio de acueducto para preservar y conservar el ecosistema de la quebrada La Esmeralda, indicando que dichos elementos ambientales garantizaban su posible utilización en el futuro.

5.2.3.7.4. Valor de Legado y Valor de Existencia. Conforme al alcance de la investigación, las limitaciones de tiempo y presupuesto, no se contempló dentro del presente estudio, la realización de las encuestas a poblaciones establecidas fuera del perímetro urbano y rural del Distrito Especial de Barrancabermeja.

Por lo anterior, no se tuvo en cuenta la estimación de los valores de legado y de existencia.

5.3. Diseño Muestral

5.3.1 Determinación de la Población (Directos Afectados)

Se cuantificaron las familias que se encontraban ubicadas alrededor de la quebrada La Esmeralda, realizando el recorrido, se encontraron 8 familias conformadas por 32 personas. Por el tamaño de la población, se decidió realizar un censo para tener mayor nivel de representatividad de la población. Las personas encuestadas debían cumplir con tres características principales:

a. La persona encuestada debía ser mayor de edad (18 años) y menor de 72 años
b. debía ser residente permanente de la zona
c. no encontrarse ubicado a más de un (1) kilómetro de la quebrada La Esmeralda.

Dentro de la población rural (N=32 personas), sólo 26 de ellas, cumplían a cabalidad con las tres (3) características anteriormente mencionadas, por lo que fueron 26 personas a las cuales se les realizó el censo.

5.3.2 Determinación de la Muestra (Indirectos Afectados- población urbana del Distrito Especial)

Debido a la importancia de garantizar la calidad del recurso agua de la quebrada La Esmeralda, por su cercanía y conexión con la ciénaga que provee de agua potable a la zona rural de Barrancabermeja, fue necesario contemplar los valores de uso indirecto que derivan los pobladores urbanos del Distrito Especial. Según el Censo General realizado por el DANE (2005), se proyectó para el año 2016 un total de 173.417 habitantes del casco urbano de Barrancabermeja, quienes se encuentran representados por diferentes estratos socioeconómicos, edades, y niveles de escolaridad.

La muestra probabilística de esta población, fue determinada por medio del muestreo simple aleatorio, aplicando la fórmula de población infinita (para población mayor a 100.000 unidades) sugerida por Hernández et al., (2010):

$$n = \frac{Z^2 \hat{P} \hat{Q}}{E^2} \qquad (7)$$

Donde:

n: Tamaño de muestra

Z: Nivel de confianza de la Tabla de distribución normal

E: Margen de error

Q: probabilidad que no ocurra el objeto de estudio

P: probabilidad que ocurra el objeto de estudio

Los datos fueron:

Z: Nivel de confianza 90%, valor de Z=1,64

P: (0,50)

Q: (1-p) = (0,50)

E: 0,05

Realizado el cálculo, el tamaño de la muestra (n) fue: ***n = 268 personas.***

6. Resultados y Análisis

6.1. Objetivo Específico I: Diagnóstico de la Calidad del Agua de la Quebrada La Esmeralda

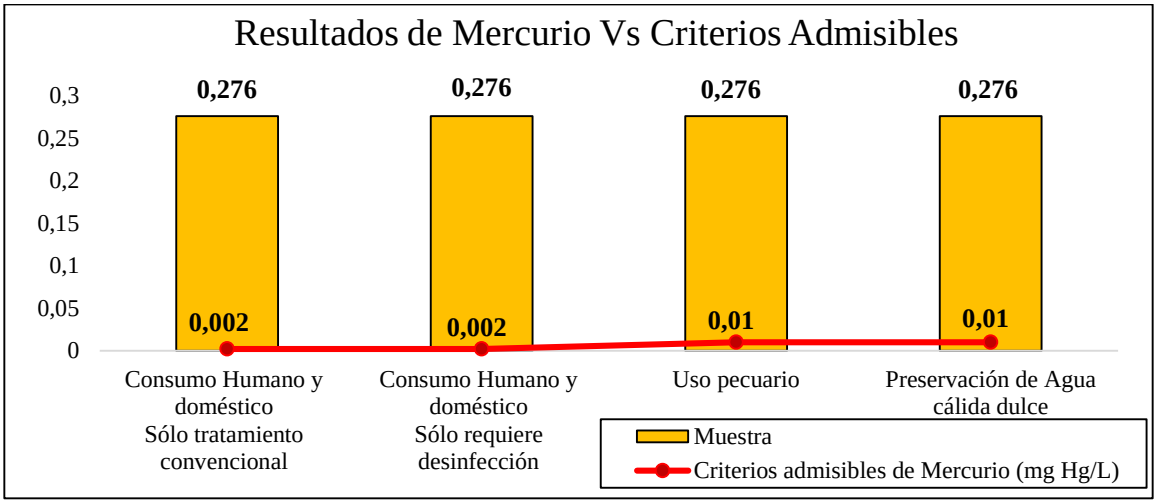
El desarrollo del presente objetivo inició a partir de la caracterización físico-química y microbiológica del cuerpo de agua.

6.1.1. Caracterización de los Parámetros Físico, Químicos y Microbiológicos de la Quebrada La Esmeralda

Los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada La Esmeralda permitieron determinar los posibles usos del agua según los criterios del Decreto 1076/2015 (Todos los resultados de laboratorio se encuentran en el Apéndice G y Apéndice H). En la Figura 7, 8 y 9 se evidenciaron 3 parámetros metálicos (Mercurio, Plomo y Cromo) que se encuentran por encima de los límites establecidos y permisibles en la normatividad colombiana, a continuación, se relacionan los resultados obtenidos.

Figura 7.

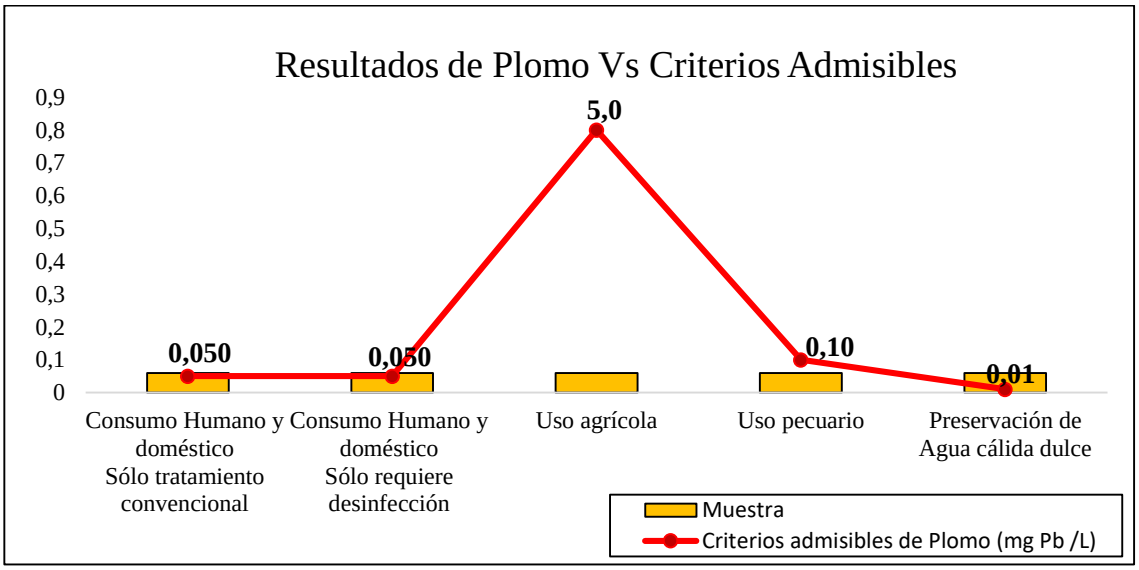
Resultados de Nivel de Mercurio en el Agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015



Fuente Elaboración propia

Figura 8.

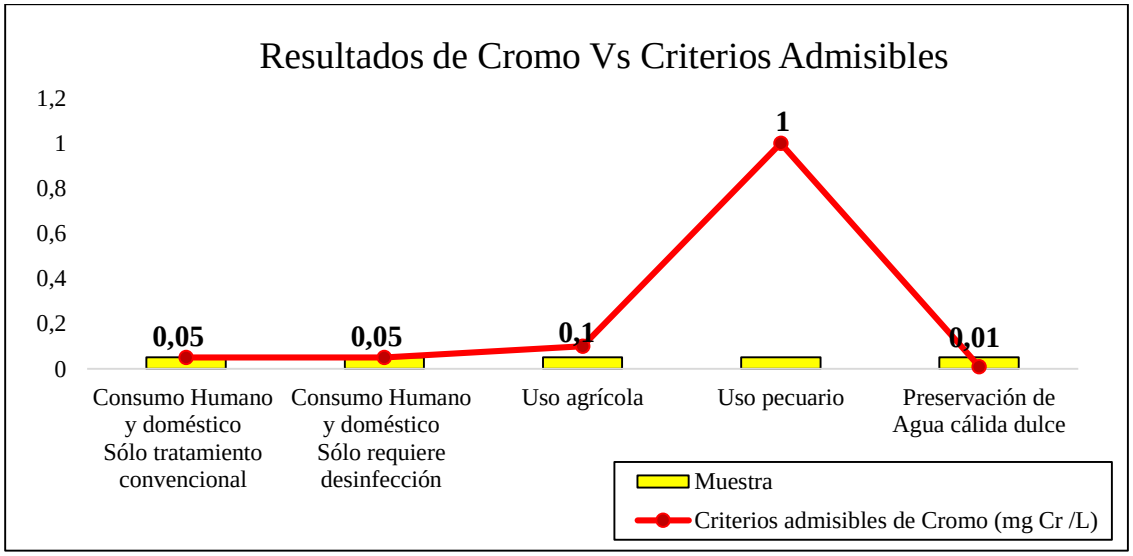
Resultados de Nivel de Plomo en el Agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015



Fuente Elaboración propia

Figura 9.

Resultados de Nivel de Cromo en el agua de Quebrada La Esmeralda y los Criterios Admisibles según Decreto 1076/2015



Fuente Elaboración propia

Los niveles de concentración de Plomo, Cromo y Mercurio indicaron que el agua de la quebrada La Esmeralda, no puede ser destinada para consumo humano, tampoco para actividades agropecuarias y resulta desfavorable su utilización para tales fines. Como se pudo observar en las figuras anteriores, los niveles de Mercurio sobrepasan todos los criterios permisibles según el Decreto 1076/2015 para la destinación del recurso agua en todas las actividades, el Plomo presenta un nivel de concentración mayor al límite permisible para el consumo humano que requiere sólo de tratamiento convencional y desinfección. Por su parte, el nivel del Cromo se encuentra en los límites permisibles para consumo humano, pero desfavorable para la preservación del agua cálida dulce.

Según Prieto et. al, (2009), las características propias de estos elementos metálicos, en su mayoría, se asocian al carácter acumulativo y bioacumulativo, así como no biodegradable de los mismos. Gómez et al., (2004) sustentan que el comportamiento de los metales pesados y su solubilidad en el agua se encuentra fuertemente relacionado por las condiciones del ambiente; condicionantes que identificó Lobban et al., (1985), como elementos relacionados con los cambios de pH, la fuerza iónica y salinidad, conductividad eléctrica, entre otros (Lobban et al., 1985 citado en Gómez et al., 2004).

Adicionalmente, los resultados reflejaron valores de la DBO (220 mg/L) y DQO (344,35 mg/L) altos. A pesar de no ser contemplados en el Decreto 1076/2015, se realizó la comparación sugerida por Pedraza (2014), con base en los rangos establecidos por la escala de clasificación de la calidad del agua por la Demanda Bioquímica de Oxígeno. Los valores resultantes indicaron que el agua de la quebrada La Esmeralda se encuentra fuertemente contaminada por presentar valores del DBO iguales o superiores a 120 mg/L. De la misma manera, el resultado de la escala de la Demanda Química de Oxígeno mostró que el recurso en la zona de estudio se encuentra fuertemente contaminado, por presentar valores de DQO iguales o superiores a 200 mg/L. La descripción de esta contaminación, según el autor, corresponde a aguas superficiales con fuerte impactos de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales en los dos casos.

Sumado a lo anterior, Lozada, Vélez y Patiño (2009), afirman que las aguas que presentan los niveles altos de DQO y DBO y sobrepasan los rangos expuestos por la Unesco (1996), determinan una contaminación orgánica e inorgánica de la fuente hídrica. Esto sugiere que a la quebrada La Esmeralda siguen llegando sustancias oxidables que posiblemente están aumentando

la concentración de los dos parámetros y pueden incidir en el riesgo químico presente en la quebrada.

6.1.1.1. El muestreo in situ. El muestreo triplicado realizado in situ en época de sequía y época de lluvias, reportó los valores de la Tabla 9 y la Tabla 10 para los tres (3) puntos establecidos sobre la quebrada la Esmeralda: quebrada la Esmeralda (Punto 1), Brote de lixiviados (punto 2) y Aguas abajo de piscina de lixiviados (Punto 3) (Resultados extendidos en el Apéndice H).

Tabla 9.

Resultados in situ Época Sequía

Parámetros	Unidades	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
		PROM	Desv. Estándar	PROM	Desv. Estándar	PROM	Desv. Estándar
Conductividad	µS/cm3	207,33	0,58	1151,67	0,58	319,97	0,06
Conductividad	mScmA	214,03	0,06	1208,33	0,58	333,70	0,61
Oxígeno Disuelto	ppm	8,97	0,01	18,02	0,01	19,89	0,18
Oxígeno Disuelto	%	109,77	0,29	255,87	0,58	238,50	0,00
Temperatura	°C	26,73	0,06	27,50	0,01	26,92	0,03
Salinidad	PSU	0,11	0,01	0,57	0,00	0,15	0,00
Sodicidad	PSI	14,62	0,00	14,62	0,02	14,66	0,00
Solidos disueltos totales	M∩cm	0,0048	0,0000	0,00083	0,00012	0,0031	0,0000
	ppmTds	104,00	0,00	576,33	0,58	162,00	0,00
pH	Unidades de pH	8,3	0,07	7,7	0,02	7,9	0,05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10.

Resultados in situ Época de Lluvias

Parámetros	Unidades	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
		PROM	Desv. Estándar	PROM	Desv. Estándar	PROM	Desv. Estándar
Conductividad	µS/cm3	157,00	0,00	589,33	0,58	280,17	0,29
Conductividad	mScmA	162,00	0,00	614,67	1,15	292,03	0,06
Oxígeno Disuelto	ppm	0,37	0,01	24,49	0,45	29,85	0,26
Oxígeno Disuelto	%	319,90	0,10	309,03	0,06	366,00	1,73
Temperatura	°C	26,63	0,01	27,47	0,00	26,78	0,00
Salinidad	PSU	0,07	0,00	0,25	0,01	0,13	0,00
Sodicidad	PSI	14,60	0,01	14,61	0,01	14,64	0,02
Solidos disueltos totales	M∩cm	0,0064	0,0000	0,0021	0,0002	0,0035	0,0000
	ppmTds	78,0	0,0	297,0	0,0	142,0	0,0000
pH	Unidades de pH	7,2	0,01	6,9	0,01	7,6	0,00

Fuente: Elaboración propia

Entre los resultados obtenidos sobresalen algunos parámetros, ejemplo de ello son los valores de pH que estuvieron en el rango comprendido entre 7,2 y 8,3 unidades de pH para los dos momentos de la toma de muestras. Referente a los niveles de pH, el recurso agua se encuentra en condiciones neutrales con ligera tendencia a la alcalinidad. En época de lluvias, se puede percibir una ligera disminución de los valores: en el brote de lixiviado (punto 2), se registró 6,9 unidades de pH (nivel de acides ligero). Este resultado puede ser relacionado por la escorrentía constante que se presenta en los meses de altas precipitaciones o como bien lo expresa Gómez et al., (2004), por posibles infiltraciones. Infiltraciones que en la quebrada La Esmeralda, pudieron ser relacionadas con el desbordamiento de la piscina de lixiviados del Relleno Sanitario clausurado La Esmeralda y, debido a su cercanía, se identificó dicho evento como principal fuente de contaminación.

La temperatura como factor limitante para la mayoría de los organismos acuáticos, adquiere gran importancia en el desarrollo y evolución de las propiedades físicas y biológicas de las especies (Villanueva y Esquivel, 2012). Pese a que el valor más alto fue 27,5 °c en el punto de

muestreo *Brote del lixiviado*, los datos obtenidos reflejan básicamente una similitud en los muestreos realizados al presentar valores entre 26,6 y 27,5 °c, con desviaciones estándares entre 0 y 6%.

Respecto a la conductividad eléctrica, los valores fluctuaron en los diferentes puntos de muestreo; el valor más alto detectado en los dos momentos registrados fue en el punto 2 (Brote del lixiviado). Los valores encontrados varían entre 589,33 y 1151,67 µS/cm. Los niveles más altos de conductividad eléctrica son relacionados por diversos autores con la conectividad de factores externos. Gómez et al., (2004), afirman que la conductividad eléctrica depende de los bajos niveles de pH, componente que agudiza el nivel de contaminación, especialmente cuando el agua presenta mayores niveles de acidez, salinidad, toxicidad metálica y sedimentación.

El oxígeno disuelto mostró una sobresaturación (Valores de OD mg/L >12) en la mayoría de las muestras realizadas; la medición de oxígeno disuelto obtenida, reflejó niveles superiores a los normales, esto indica, que sólo en el punto 1, en época de sequía, se generan las condiciones adecuadas para la vida de la gran mayoría de las especies de peces y otros organismos acuáticos. Según Villanueva y Esquivel (2012) sostienen que dicho parámetro debe ser contemplado en la identificación de impactos, por ser el más importante entre los gases disueltos que se encuentra en las aguas naturales, ya que definen en gran parte la biodiversidad y la supervivencia biótica.

6.1.2. Cálculo del Índice de Calidad del Agua (ICA- IDEAM)

De acuerdo a los rangos establecidos por el ICA del IDEAM (2011*)*, la calidad del agua que actualmente es destinada para consumo humano, uso recreativo, vida acuática y uso agrícola se clasificó de mala calidad, pues el resultado obtenido fue del ICA= 0.47 (Ver tabla 11).

Tabla 11.

Índice de Calidad de Agua Caño La Esmeralda

Parámetros	Unidades	Resultado	W			I		W*I	ICA
Conductividad	uS/cm3	207,33	0,2			IC	0,301	0,060	**0,477**
DQO	mg O2/L	344,35	0,2			IDQO	0,125	0,025	
OD	mg O2/L	8,973	0,2	PSOD	8,17	IOD	0,081	0,016	
pH	Unidades	8,39	0,2			IpH	0,87	0,175	

Parámetros	Unidades	Resultado	W	I		W*I	ICA
SST	mg/L		0,2	ISST	1	0,2	
Temperatura	°C	26,7					

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) reportó un nivel medio/alto de deterioro de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda. Según Lozada, Vélez y Patiño (2009), la calidad del agua sufre mayores niveles de deterioro a medida que avanza en su recorrido y al contacto con actividades humanas. Los resultados obtenidos en el río Cauca, por ejemplo, mostraron deterioro y afectaciones por la presencia de descargas de origen domésticos, agropecuarios, agrícolas, industriales y urbanas (Lozada, Vélez y Patiño, 2009).

Amado et al. (2006), aplicó el ICA en la cuenca del río Amajac (México), y obtuvo una calificación de calidad de agua media (ICA = 50-69) para abastecimiento público, uso recreativo, vida acuática, uso agrícola, industrial o con fines de navegación en el 29% de los sitios muestreados. El 59 % de los cuerpos de agua estuvieron en la categoría de contaminados dentro del intervalo ICA de 30 a 49, valores con los que el líquido sólo podría tener uso industrial o agrícola con tratamiento. El 12% de los cuerpos de agua medidos, estuvieron altamente contaminados (ICA menor a 30); esto convirtió el recurso prácticamente inaceptable para cualquier uso. Los componentes que más influenciaron en la contaminación del agua del río Amajac fueron el Oxígeno Disuelto (OD) y los Coliformes Fecales.

Como se menciona anteriormente, el valor del ICA obtenido en el presente estudio fue 0,477 (47%), presentó un nivel de calidad 2 (deterioro medio/alto). Corroborando los resultados con los hallazgos de Lozada, Vélez y Patiño (2009), se definió que las fuentes hídricas que presentan dicha calificación son consideradas inaceptables para consumo humano. En las condiciones actuales el recurso sólo puede tener destinación para uso industrial o uso agrícola con tratamiento. En cuanto a los orígenes de contaminación, en el presente caso, los parámetros más significativos en el cálculo del ICA, correspondieron al Oxígeno Disuelto (OD) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

A partir de los resultados obtenidos y con base en los diferentes métodos utilizados para la determinación de la calidad del agua, se pudo establecer su estado actual. Según las características físicas químicas y microbiológicas del recurso agua de la quebrada La Esmeralda, conforme a los

análisis realizados en el Laboratorio de Consultas Industriales, la comparación con los criterios admisibles para su uso según el Decreto 1076/2015 y el muestreo in-situ, se puede constatar un estado actual de deterioro. Lo anterior, debido a los altos niveles de concentración de metales pesados como el cromo, plomo y mercurio, así como también, los valores de DBO y DQO.

Así mismo, la investigación del estado del arte, estudios de diferentes autores y demás literatura sobre los lixiviados, permitió relacionar su deterioro con el contacto directo entre la quebrada con los lixiviados provenientes del relleno sanitario clausurado La Esmeralda.

La calificación del agua por medio del cálculo de ICA, corroboró una vez más, que el agua de la quebrada La Esmeralda requiere de manera inmediata medidas correctivas efectivas para disminuir los niveles y concentraciones altas de sustancias contaminantes en el cuerpo hídrico.

El diagnóstico de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda, evidenció un problema latente el cual se traduce en la generación de riesgos de presencia de enfermedades y otras afectaciones a comunidades humanas y no humanas en la medida que no se establezcan estrategias de mitigación del daño y mejoramiento del recurso hídrico. En las condiciones actuales el agua no puede ser apta para su uso en diversas actividades de consumo, agrícolas, pecuarias y recreativas.

A continuación, se realiza la descripción de las numerosas afectaciones por el uso del recurso de la quebrada La Esmeralda identificadas en la presente investigación.

6.2. Objetivo específico II: Descripción de las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada La Esmeralda

6.2.1. Identificación de Impactos Ambientales

Posterior a la evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda y siguiendo los pasos propuestos por Arboleda (2008) para realizar un diagnóstico más integrado sobre la calidad ambiental de un recurso, se inició la identificación de los impactos ambientales por medio de una matriz de doble entrada. En la primera columna se agruparon los elementos ambientales y seguido a ello, los impactos. En la casilla siguiente, se relacionaron las etapas de ejecución en las cuales se manifestó el impacto. A continuación, se resume la tabla que permitió la identificación de impactos ambientales y los elementos afectados (Ver Tabla 12).

Tabla 12.

Identificación de Impactos ambientales producto actividades del relleno Sanitario Clausurado La Esmeralda

Identificación de Impactos Ambientales en el área de influencia del Relleno Sanitario Clausurado			
Elemento Ambiental	**Impactos Ambientales**	**Etapas del Proyecto**	
		Funcionamiento/ Ejecución	**Posclausura**
Agua de la quebrada	Contaminación por metales (Cr, Pb, Hg)	X	X
	Alteración de la calidad del agua para uso agrícola y pecuario	X	X
	Alteración de la calidad del agua para actividades recreativas	X	X
	Contaminación del agua que sirve para sustento para la fauna acuática	X	X
Vegetación y Fauna	Afectación en la salud animal por consumo de agua contaminada	X	X
	Afectación en el desarrollo y crecimiento de las especies vegetales por contacto con agua contaminada	X	X
Población Rural y urbana	Afectación en la salud humana por consumo y uso doméstico del recurso hídrico	X	X
	Perdida del uso recreativo de la quebrada por alto grado de contaminación	X	X
Paisaje	Pérdida de los componentes del paisaje	X	X

Fuente: Elaboración propia

El resumen de la matriz de doble entrada, permitió clasificar algunos impactos ambientales en las etapas de funcionamiento o ejecución y en la etapa de posclausura. Los impactos ambientales fueron agrupados en once (11) ítems y se enuncian a continuación:

a) Contaminación del agua por plomo

b) Contaminación del agua por cromo

c) Contaminación del agua por mercurio

d) Contaminación del agua para consumo humano

e) Contaminación de agua para actividades agrícolas

f) Contaminación del agua para actividades pecuarias

g) Contaminación del agua para actividades recreativas

h) Afectación en el desarrollo y crecimiento de flora silvestre

i) Contaminación de agua que sirve como sustento de la fauna acuática

j) Afectación en la salud de la fauna silvestre (mamíferos, aves y reptiles) por consumo de agua contaminada

k) Pérdida del paisaje.

Posterior a la identificación, se realizó la calificación de los diez (10) criterios establecidos en el Método Matricial Conesa Simplificado. La calificación se realizó conforme a lo propuesto por el método inicial, cada uno de los impactos ambientales identificados fueron evaluados por tres expertos y los valores de cada uno de los criterios se determinaron conforme al significado de evaluación método. La calificación se realizó de manera individual, relativa y con base en los rangos establecidos, los valores estuvieron entre 2 y 8 puntos. Una vez terminado este paso, se promediaron las calificaciones otorgadas por cada evaluador, se realizó un promedio cada uno y se alimentó la matriz. Posterior a ello, se realizó el cálculo de la ecuación de importancia del impacto para los criterios intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación efecto y periodicidad. Los promedios de la calificación y del cálculo de la ecuación de importancia se relacionan en la Tabla 13.

Tabla 13.

Matriz Conesa Simplificada para Valoración de la Importancia de Impactos Ambientales

Impacto Ambiental	Criterio de Evaluación											Ecuación de Importancia del impacto
	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I = (3I+2EX+Mo+PE+RV+SI +AC+EF+PR+MC)
Contaminación del agua por plomo	(-)	4	4	2	2	4	2	4	4	2	2	42
Contaminación del agua por cromo	(-)	4	4	2	2	4	2	4	4	2	2	42
Contaminación del agua por mercurio	(-)	8	8	4	2	4	4	4	4	2	2	66
Contaminación del agua para consumo humano	(-)	8	4	2	2	4	2	4	4	2	2	54
Contaminación de agua para actividades agrícolas	(-)	4	4	2	2	4	2	4	4	2	2	42
Contaminación del agua para actividades pecuarias	(-)	4	4	2	2	4	2	4	4	2	2	42

Impacto Ambiental	Criterio de Evaluación											Ecuación de Importancia del impacto
	NAT	I	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	I = (3I+2EX+Mo+PE+RV+SI +AC+EF+PR+MC)
Contaminación del agua para actividades recreativas	(-)	2	2	2	2	4	2	4	4	2	2	32
Afectación en el desarrollo y crecimiento de flora silvestre	(-)	2	2	4	4	4	2	4	4	2	2	36
Contaminación de agua que sirve como sustento de la fauna acuática	(-)	4	8	4	2	4	4	4	4	2	2	54
Afectación en la salud de la fauna silvestre (mamíferos, aves y reptiles) por consumo de agua contaminada	(-)	4	8	4	2	4	2	4	4	2	2	52
Pérdida del paisaje	(-)	2	2	2	2	4	2	4	4	2	2	32

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los criterios de evaluación del Método Conesa Simplificado, siete (7) impactos de los once (11) identificados, se encuentran en el límite permisivo para ser categorizados como impactos moderados (calificación entre 26 y 50) y cuatro (4) de ellos, se encuentran en el rango que los categoriza como severos (entre 51 y 70) como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14.

Valoración de Impactos Ambientales a través de Matriz Conesa Simplificada

Nombre de Impacto Ambiental	Resultado de Ecuación de Importancia	Clase de Efecto
a) Contaminación del agua por plomo	42	Moderado
b) Contaminación del agua por cromo	42	Moderado
c) Contaminación del agua por mercurio	66	Severo
d) Contaminación del agua para consumo humano	54	Severo
e) Contaminación de agua para actividades agrícolas	42	Moderado
f) Contaminación del agua para actividades pecuarias	42	Moderado
g) Contaminación del agua para actividades recreativas	32	Moderado
h) Afectación en el desarrollo y crecimiento de flora silvestre	36	Moderado
i) Contaminación de agua que sirve como sustento de la fauna acuática	54	Severo
j) Afectación en la salud de la fauna silvestre (mamíferos, aves y reptiles) por consumo de agua contaminada	52	Severo
k) Pérdida del paisaje	32	Moderado

Fuente: Elaboración propia.

Los impactos ambientales evaluados en la tabla anterior, corroboraron la incidencia de la concentración del Mercurio como una presión severa sobre el entorno natural que provoca alteraciones fisicoquímicas y microbiológicas de la quebrada La Esmeralda, imposibilita la utilización de la misma en diferentes actividades humanas y obstaculiza el sustento para la fauna acuática.

Así mismo, se calificaron impactos moderados por la contaminación del Cromo y Plomo. Según Villanueva y Esquivel (2012), los impactos moderados en especial los que presentan

tendencia a ser compatibles con el ambiente, pueden ser corregidos y minimizados con la suspensión de las actividades humanas sobre el factor ambiental o con la implementación de medidas correctivas. Cabe resaltar, que las recuperaciones de los impactos moderados requieren cierto tiempo para el logro de los estados químicos y ecológicos del agua.

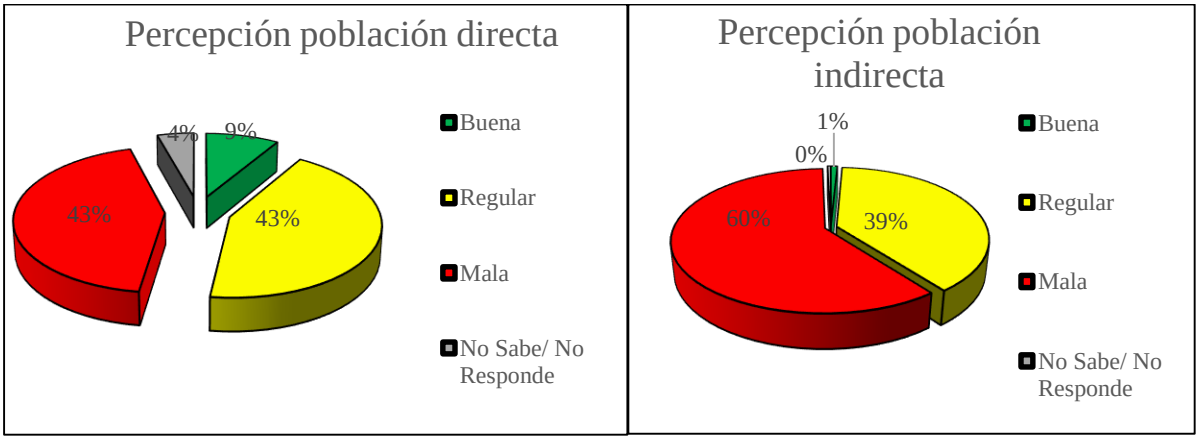
Por el contrario, los impactos severos difícilmente pueden lograr que los recursos afectados vuelvan a su estado inicial. Bajo esta premisa, la recuperación de la quebrada La Esmeralda exige la introducción de medidas correctivas que permitan llevar a niveles aceptables los estados químicos, físicos y microbiológicos del recurso agua, ya que la utilización de la misma en las condiciones actuales, constituye un riesgo que posibilita la toxicidad y enfermedades a humanos, animales y afectación de las especies vegetales.

Corroborando lo anterior, la presente investigación tomó como insumo las respuestas del censo y la encuesta semiestructurada realizada a la población de Barrancabermeja en la zona rural y urbana, para la descripción de las problemáticas causadas por la contaminación de la quebrada La Esmeralda producto de los vertimientos de lixiviados al cuerpo hídrico.

La población censada y encuestada calificó la calidad del agua de los caños, ciénagas y quebradas del Distrito Especial. Los resultados obtenidos fueron diferenciados de la siguiente manera:

Figura 10.

Percepción de las Poblaciones sobre la Calidad del Recurso Agua en Ciénagas, Quebradas y Caños de Barrancabermeja



Fuente: Elaboración propia

La calificación que se encuentra en la figura 10, evidencia una inconformidad por parte de los habitantes censados y encuestados respecto a la calidad del agua en las diferentes ciénagas, quebradas y caños del Distrito Especial de Barrancabermeja en general: menos del 10% de los pobladores asentados en los predios cercanos a La Esmeralda calificaron la calidad del agua en la categoría buena, mientras el 86% consideraron que las características físicas del recurso se encuentran en la categoría regular y mala (43% en cada una). Por su parte, el 60% de los encuestados en la zona urbana de Barrancabermeja, aseguran que las ciénagas, quebradas y caños del Distrito Especial, se encuentran con altos grados de contaminación, resultados que se corroboran en la caracterización realizada en el "Plan de Desarrollo del Municipio de Barrancabermeja 2012- 2015", dónde se revelan altos niveles de sedimentación y contaminación en las ciénagas San Silvestre y Miramar, así como sedimentación de la ciénaga El Llanito y contaminación en la ciénaga Juan Esteban (Bueno, 2012).

Contrario a lo anterior, la Secretaría de Medio Ambiente (2016), aseguró que la calidad del agua de la ciénaga San Silvestre tuvo un nivel de contaminación de baja a media, caracterizada por presencia de aceites y grasas, con niveles de sedimentación y eutrofización en un grado bajo. Según el diagnóstico realizado, la calidad del agua es buena y sólo en algunos puntos del monitoreo resultó siendo aceptable. La Secretaría de Medio Ambiente (2016), comparó los análisis realizados en el año 2005 y argumentó que existe mejoramiento del comportamiento en la calidad del agua debido a las intervenciones y controles que se han realizado en el cuerpo de agua posteriormente.

En la toma, análisis y presentación de resultados de muestras de la calidad de agua de los diferentes cuerpos hídricos del Distrito Especial de Barrancabermeja realizada por Quintero (2018), se evidenció que 63% de los cuarenta puntos de captación estudiados, presentaron condiciones de calidad media y 30% buena, influenciados principalmente por coliformes fecales y totales a lo largo de la ciénaga San Silvestre. Para la Quintero (2018), las afectaciones de este tipo provienen de actividades antrópicas derivadas de la ganadería, asentamientos domésticos, entre otros.

Dentro de sus hallazgos, Quintero (2018) encontró un punto crítico, el cual evidenció índices de contaminación por materia orgánica, sólidos suspendidos y contaminación media por mineralización, comportamiento que se relacionó con las actividades propias de descarga de lodos por parte de la empresa Aguas de Barrancabermeja (Quintero, 2018).

Así mismo, el diagnóstico del estado actual de la ciénaga San Silvestre incluyó presiones antrópicas sobre el cuerpo hídrico referentes a actividades recreativas y agropecuarias (Secretaría de Medio Ambiente, 2016).

Pese a las anteriores consideraciones, la población directa e indirectamente afectada tuvo coincidencia de respuesta, pese a que la pregunta tuvo múltiples respuestas, los dos grupos identificaron el contacto directo de los lixiviados provenientes de los rellenos sanitarios, como principal causa de contaminación de las fuentes hídricas en el casco urbano y rural de Barrancabermeja. A continuación, se presenta en la Tabla 15 y Tabla 16 el porcentaje de coincidencia de cada respuesta según las 26 personas censadas y las 268 personas encuestadas.

Tabla 15.

Causas de la Contaminación de las Fuentes Hídricas

Causas de la Contaminación según Población Directamente Afectada				
Familia	**Actividades productivas agropecuarias**	**Descarga de basuras**	**Actividades relacionadas con extracción**	**Contacto con lixiviados provenientes de relleno sanitario clausurado**
1		2		2
2	1	3		4
3				1
4	1	2		1
5	1	1	1	1
6		1		3
7	1	2		3
8		1	1	2
Número de personas	4/26	12/26	2/26	17/26
Coincidencia de respuestas	15,3%	46,15%	7,69%	65,38%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16.

Causas de la Contaminación de las Fuentes Hídricas

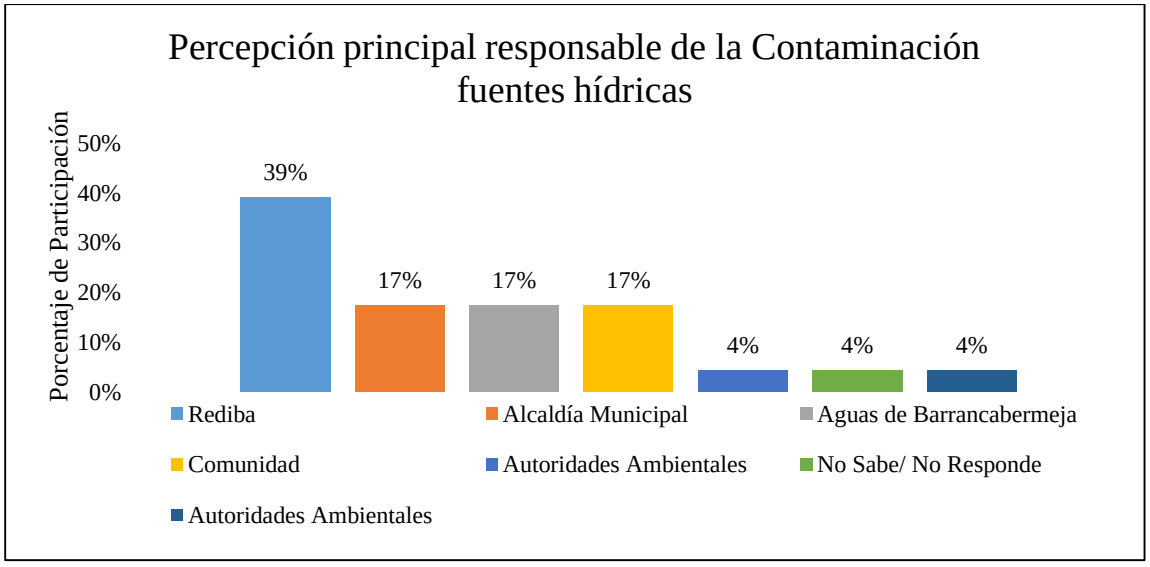
Causas de la Contaminación según Población Indirectamente Afectada				
	Actividades productivas agropecuarias	**Descarga de basuras**	**Actividades relacionadas con extracción**	**Contacto con lixiviados provenientes de relleno sanitario clausurado**
Número de personas	25/268	121/268	128/268	150/268
% coincidencia de respuesta	9,32%	45,14%	47,76%	55,97%

Fuente: Elaboración propia

Por consiguiente, los habitantes de la zona urbana y rural del Distrito Especial que hicieron parte del censo y la encuesta semiestructurada atribuyeron la mayor responsabilidad a las empresas Rediba S.A. E.S.P. (39%) y Ecopetrol S.A. (30%) por los niveles de contaminación y la disminución de calidad del recurso agua (Ver Figura 11 y Figura 12).

Figura 11.

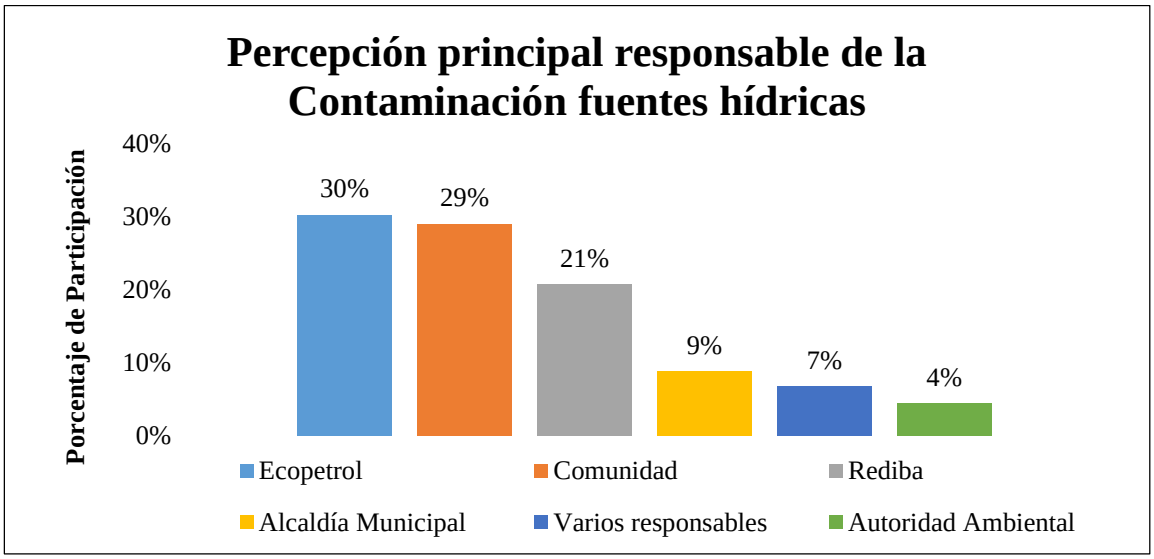
Percepción de la Población Directamente Afectada Sobre Principal Responsable de Contaminación.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12.

Percepción de la Población Indirectamente Afectada Sobre Principal responsable de Contaminación



Fuente: Elaboración propia

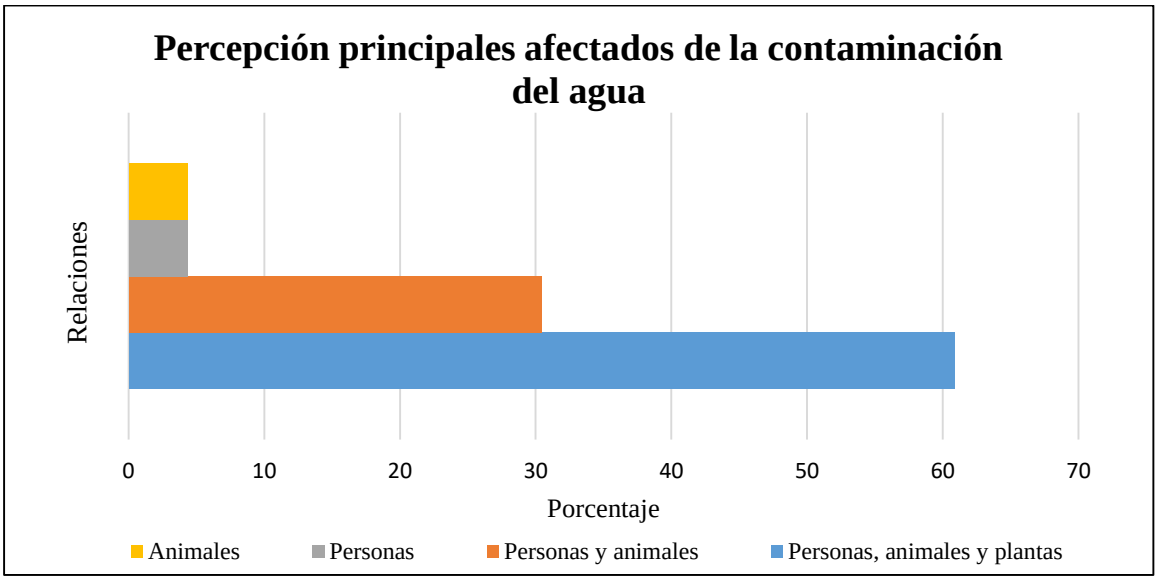
Los habitantes censados y encuestados de Barrancabermeja, ubicaron al sector empresarial y las autoridades locales, como primeros y segundos responsables de todas aquellas transformaciones en el ambiente, especialmente en las zonas de influencia de los humedales, caños y quebradas del Distrito Especial de Barrancabermeja. Revelaron que dicha contaminación se relaciona con la falta de planificación urbana, sumado a un inadecuado manejo de los recursos naturales dentro de las actividades económicas industriales.

A su vez, reconocieron la existencia de prácticas, costumbres y hábitos de los habitantes del Distrito Especial en la zona urbana y rural concernientes a la disposición de los desechos domiciliarios, que agudiza la contaminación de los cuerpos de agua y fomenta la disminución del bienestar de la comunidad y la disminución de calidad de los recursos que oferta el medio ambiente.

Respecto a los principales afectados por la contaminación del agua de la quebrada La Esmeralda, la población en general señaló cerca del 61% tres elementos ambientales principales: personas, animales y plantas (Ver Figura 13).

Figura 13.

Percepción de Principales Afectados por la Contaminación del Agua



Fuente Elaboración propia

Posterior a la identificación de los principales elementos ambientales impactados: población humana, flora y fauna de la zona objeto de estudio, se describen sus características.

6.2.2. Características de los Elementos Ambientales Impactados de la Zona Objeto de Estudio

Las poblaciones afectadas fueron diferenciadas en dos grupos a saber: la población directamente afectada y la población indirectamente afectada.

6.2.2.1. Población Directamente Afectada. Este tipo de población corresponde a los habitantes cuyos predios se encuentran aledaños a la quebrada La Esmeralda, conformado por 8 familias, 32 personas en su totalidad que presentan las siguientes características socioeconómicas y demográficas (Ver Tabla 17).

Tabla 17.

Caracterización Socioeconómica Población Directamente Afectada

Características Socioeconómicas			
	Variables	**Número de personas (Frecuencia)**	**% Participación**
1.	**Sexo**		
	Femenino	12	38%
	Masculino	20	62%
2.	**Edad**		
	Entre 0 y 12 años	6	19%
	Entre 12 y 25 años	1	3%
	Entre 25 y 40 años	7	22%
	Entre 40 y 55 años	11	34%
	Entre 55 y 72 años	5	16%
	Desde 72 años en adelante	2	6%
3.	**Ocupación**		
	Ama de casa	7	26,9%
	Agricultores	5	12,2%
	Cocinero	1	3,84%
	Comerciante	5	12,2%
	Independiente	1	3,84%
	Vendedor	3	11,5%
	Cuidador Finca	2	7,60%
	Pescador	2	7,69%
4.	**Nivel de Estudios alcanzados**		
	Ninguno	9	28,12%
	Primaria	15	46,88%
	Secundaria	8	25%
	Universitarios	0	0%
5.	**Nro. Personas en el hogar**		
	1 y 2 personas	2	25%
	3 y 4 personas	4	50%
	4 y 5 personas	0	0%
	6 y 7 personas	2	25%

Características Socioeconómicas			
	Variables	**Número de personas (Frecuencia)**	**% Participación**
6.	**Estrato socioeconómico**		
	1 y 2	8	100%
	2 y 3	0	0%
	3 y 4	0	0%
7.	**Ingresos Familiares**		
	Menos de 1 SMLV	4	50%
	Entre 1 y 2 SMLV	4	50%
8.	**Egresos familiares**		
	Menos de 1 SMLV	4	50%
	Entre 1 y 2 SMLV	4	50%
9.	**Promedio pago por servicios**		
	Acueducto		
	No realizan pago	7	87,5%
	20.000 pesos	1	12,5%
	Electricidad		
	No realizan pago	6	75%
	25.000 pesos	1	12,5%
	70.000 pesos	1	12,5%
10.	**Tiempo de residencia en predio**		
	Menos de 2 años de residencia	1	12,5%
	Entre 2 y 5 años	4	50%
	Entre 6 y 12 años	3	37,5%
11.	**Tipo de servicios Médicos**		
	EPS	16	50%
	SISBEN	14	43,75%
	Particular	2	6,25%

Fuente: Elaboración propia

Los datos de la tabla 17, son los resultados obtenidos en el censo realizado a la población directamente afectada. Las 8 familias tienen una representatividad femenina de 38% y masculina de 62%; 56% de los habitantes se encuentran entre los 25 a 55 años. Así mismo, la conformación de las familias en su mayoría (50%), está en la categoría de 3 y 4 personas por núcleo familiar.

El estrato socioeconómico en el que se clasifican las viviendas y/o predios es 1 y se observó que los servicios de agua potable y electricidad han sido obtenidos de la parte urbana del Distrito Especial de Barrancabermeja, por medio de mangueras y cables instalados por interés de los mismos habitantes. Sólo el 12,5% de los pobladores manifestaron realizar pago efectivo por el servicio del agua, mientras el 25% realizaron pago efectivo por el servicio eléctrico. Para la preparación de los alimentos, la población utiliza pimpinas de gas propano, que han adquirido durante el tiempo por su propia cuenta.

Además de las inconformidades en el tema ambiental, los censados manifestaron descontento respecto a las vías de acceso de los predios; la movilización se dificulta más, en épocas de lluvias, debido a las características propias de las carreteras rurales destapadas. Dicha situación se complica cuando deben acudir al Hospital Regional en casos de emergencia, sin embargo, alrededor del 40% asisten al Centro Médico El Danubio por su cercanía. El servicio de salud recibido es 50% por medio de EPSs, 43,75% se encuentran afiliados al SISBEN y el 6,25% acuden a servicios particulares.

En cuanto al nivel de escolaridad, la población en su mayoría ha logrado culminar sus estudios primarios y secundarios (cerca al 72%), mientras el 28,12% expresó no haber culminado nivel académico alguno.

6.2.2.2. Población Indirectamente Afectada. La población indirectamente afectada se encuentra representada por 268 personas encuestadas. Los resultados fueron obtenidos de la muestra aleatoria simple de la población residentes en el casco urbano del Distrito Especial (173.417 habitantes). A continuación, se relacionan los resultados en la tabla 18.

Tabla 18.

Caracterización Socioeconómica Población Indirectamente Afectada

Características Socioeconómicas		
Variables	**Número de personas (frecuencia)**	**% Participación**
1. Sexo		
Femenino	154	57,46%
Masculino	114	42,53%

Características Socioeconómicas			
	Variables	**Número de personas (frecuencia)**	**% Participación**
2.	**Edad**		
	Entre 0 y 12 años	0	0%
	Entre 12 y 25 años	164	61,19%
	Entre 25 y 40 años	82	30,59%
	Entre 40 y 55 años	13	4,85%
	Entre 55 y 72 años	5	1,86%
	Desde 72 años en adelante	4	1,49%
3.	**Ocupación**		
	Ama de casa	17	6,34%
	Independiente	20	7,46%
	Empleado público	22	8,20%
	Estudiante	166	61,94%
	Empleado empresa privada	28	10,44%
	Desempleado	15	5,59%
4.	**Nivel de Estudios alcanzados**		
	Ninguno	2	0,07%
	Primaria	6	2,23%
	Secundaria	193	72,01%
	Técnico/Tecnología	39	14,55%
	Profesional Pregrado	25	9,32%
	Posgrado	3	0,037%
5.	**Nro. Personas en el hogar**		
	1 y 2 personas	58	21,64%
	3 y 4 personas	108	40,29%
	4 y 5 personas	73	27,23%
	6 y 7 personas	24	8,95%
	7 en adelante	5	1,86%
6.	**Estrato socioeconómico**		
	1 y 2	130	48,50%
	3 y 4	119	44,40%
	5 y 6	19	7,08%
7.	**Ingresos Familiares**		

Características Socioeconómicas			
	Variables	**Número de personas (frecuencia)**	**% Participación**
	Menos de 1 SMLV	75	27,98%
	Entre 1 y 2 SMLV	125	46,64%
	Entre 2 y 3 SMLV	46	17,16%
	Más de 4 SMLV	22	8,20%
8.	**Egresos familiares**		
	Menos de 1 SMLV	88	32,83%
	Entre 1 y 2 SMLV	134	50%
	Entre 2 y 3 SMLV	34	12,68%
	Más de 4 SMLV	12	4,47%
9.	**Promedio pago por servicios**		
	Acueducto		
	Hasta 15.000 pesos	15	5,59%
	Entre 15.000 y 30.000 pesos	67	25%
	Entre 15.000 y 45.000 pesos	82	30,39%
	Entre 45.000 y 60.000 pesos	37	13,80%
	Entre 60.000 y 75.000 pesos	12	4,47%
	Entre 75.000 y 90.000 pesos	20	7,46%
	Entre 90.000 y 105.000 pesos	7	2,61%
	Más de 105.000 pesos	9	3,35%
	No Sabe/ No Responde	19	7,08%
10.	**Tipo de servicios Médicos**		
	EPS	185	69,02%
	Régimen especial (Ecopetrol)	23	8,58%
	SISBEN	44	16,41%
	Servicios Médicos Pre- pagados	6	2,23%
	Particular	5	1,86%
	Ninguno	5	1,86%

Fuente: Elaboración propia

La población indirectamente afectada fue representada en 57% y 43% por el género femenino y masculino, respectivamente. Más del 91% de los encuestados se encontraban en el

rango de 18 y 40 años. Los mayores participantes en realización de las encuestas fueron estudiantes (62%), seguido de empleados de empresas privadas (10,4%) y empleados públicos (8,20%). La participación de amas de casa dentro del presente estudio fue del 6,3%.

Los resultaron mostraron que el 0,07% de la población no ha logrado la culminación de algún nivel de estudios, mientras un alto porcentaje ha logrado culminar estudios secundarios (72%), y en menor medida, alrededor del 14% ha realizado estudios técnicos y tecnológicos. El número de población profesional a nivel de pregrado y posgrado, en conjunto, alcanzó el 10%.

Las familias según el presente estudio, tienen una conformación de hogares, en el mayor de los casos de 3 y 4 personas (40%), así mismo, los ingresos promedio por familias se encuentran entre 1 y 2 Salarios Mínimos Legales Vigentes (50%), cifra que se relaciona con los estratos socioeconómicos que prevalecen: 48,50% de los encuestados pertenecen a estratos 1 y 2, mientras el 44,4 % corresponde a los estratos 3 y 4.

En la zona urbana del Distrito Especial, los habitantes tienen mayor acceso a los servicios públicos, alrededor del 70% de los encuestados revelaron que cuentan con dos servicios básicos: agua potable y electricidad. El servicio de gas en los estratos 1 y 2, algunas veces es adquirido por medio de pimpinas de gas propano. La calidad de estos servicios en algunos barrios del Distrito Especial logra presentar algunas dificultades: acerca del servicio de acueducto, la población manifestó que en varias épocas del año el aspecto físico del agua presenta turbiedad, color y olor a barro o pescado. Adicionalmente, manifestaron que numerosas veces en el año, el servicio es suspendido por la empresa prestadora del servicio para mantenimientos del sistema de acueducto.

6.2.2.3. Caracterización del Componente Flora. Para realizar la caracterización del componente flora, fue necesario identificarlas con ayuda de un experto forestal y un habitante de la zona en el primer momento de la investigación, cuando se realizó el trabajo de campo. Se determinó que la vegetación del área objeto de estudio se encuentra conformada por coberturas vegetales herbáceas, arbustivas y arbóreas. La cobertura herbácea corresponde mayormente a hierbas y pastizales (Gramíneas) que no sobrepasan alturas de 1,50 metros. Las principales especies herbáceas encontradas son:

Tabla 19.

Principales Especies Herbáceas de la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Pasto Comino	*Homolepsis aturensis*	POACEAE
Bicho	*Cassia tora*	FABACEAE
Bledo	*Amaranthus dubius*	AMARANTHACEAE
Escobillo	*Sida rhombifolia*	MALVACEAE
Dormidera	*Mimosa púdica*	FABACEAE
Verruguita	*Irbachia alata*	GENTIANACEAE
Coquito	*Cyperus rotundus*	CYPERACEAE
Pasto Puntero	*Hyparrhenia rufa*	POACEAE
Maciega	*Paspalum virgatum*	POACEAE
Vende Aguja	*Imparata cilindrica*	POACEAE
Rabo de Zorra	*Andropogon bicornis*	POACEAE
Baboso	*Peltaea speciosa*	MALVACEAE
Tote	*Rhyncosphora nervosa*	CYPERACEAE
Patetórtola	*Croton hirtus*	EUPHORBIACEAE
Paja de Tigre	*Panicum rudgei*	POACEAE

Fuente: Elaboración propia

La cobertura arbustiva se singulariza por presentar individuos que se ramifican desde el inicio del tallo, no sobrepasan los 3 metros de altura. En esta categoría se destacaron las siguientes especies:

Tabla 20.

Principales Especies Arbustivas de la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Chilco	*Chromolaena odoratum*	ASTERACEAE
Venturosa	*Lantana cámara*	VERBENACEAE
Bejuco Quemador	*Davila cuntii*	DILLENIACEAE
Lulo de Monte	*Solanum amistum*	SOLANACEAE
Tabaquillo	*Isertia haenkeana*	RUBIACEAE

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Mortiño	*Clidemia capirellata*	MELASTOMATACEAE
Zarza	*Mimosa pigra*	FABACEAE
Huesito	*Lindackeria nitida*	FLACOURTIACEAE

Fuente: Elaboración propia

Igualmente, se evidenciaron coberturas arbóreas en forma de árboles dispersos en el terreno y algunos en la orilla de la quebrada La Esmeralda. Las principales especies se relacionan a continuación:

Tabla 21.

Principales Especies Arbóreas de la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Hobo	*Spondias mombin*	ANACARDIACEAE
Malagano	*Luehea seemanii*	TILIACEAE
Móncoro	*Cordia gerascanthus*	BORAGINACEAE
Cantagallo	*Erythrina fosca*	FABACEAE
Suan	*Ficus dendrocida*	MORACEAE
Guarumo	*Cecropia perltata*	CECROPIACEAE
Guácimo	*Guazuma ulmifolia*	STERCULIACEAE
Pategallina	*Sheflera moorototonii*	ARALIACEAE
Escobillo	*Xylopia emarginata*	ANNONACEAE
Pepeburro	*Xylopia aromática*	ANNONACEAE
Guamo Macho	*Inga edulis*	FABACEAE
Chicható	*Muntingia calabura*	TILIACEAE
Cedrón	*Simaba cedrón*	SIMAROUBACEAE
Ceiba Bonga	*Ceiba pentandra*	BOMBACACEAE
Gallinero	*Pithecellobium dulce*	FABACEAE
Higuerón	*Ficus insípida*	MORACEAE
Manchador	*Vismia bacífera*	CLUSIACEAE

Fuente: Elaboración propia

6.2.2.4. Caracterización del Componente Fauna. La fauna silvestre se encuentra representada por grupos de aves, mamíferos, reptiles y algunos peces, siendo el grupo de aves el que mayormente tiene representatividad en el área objeto de estudio. Las listas que se presentan a continuación fueron obtenidas a través de avistamientos y tradición oral de los habitantes.

Tabla 22.

Principales Aves en la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Tortolita	*Columbina talpacoti*	COLUMBIDAE
Azulejo	*Thraupis episcopus*	THRAUPIDAE
Cardenal	*Ramphocelus dimidiatos*	THRAUPIDAE
Toche	*Icterus chrysater*	ICTERIDAE
Cocinera	*Crotophaga major*	CUCULIDAE
Gallinazo	*Coragyps atratus*	CATHARTIDAE
Gavilán	*Buteo magnirostris*	ACCIPITRIDAE
Coronita	*Euphonia lanirostris*	THRAUPIDAE
Colibrí	*Colibri cyanotus*	TROCHILINAE
Paloma Torcaz	*Leptotila verreaxi*	COLUMBIDAE
Chichafria	*Pitangus sulfurathos*	TYRANNIDAE
Golondrinas	*Hirundo rustica*	HIRUNDINIDAE
Pericos	*Botrogeris jugularis*	PSITTACIDAE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23.

Principales Mamíferos en la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Fara	*Didelphis marsupialis*	DIDELPHIDAE
Ñeque	*Dasyprocta punctata*	DASYPROCTIDAE
Ardilla	*Sciurus granatensis*	SCIURIDAE
Armadillo	*Dasypus novemcinotos*	DASYPODIDAE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24.

Principales Reptiles en la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Lagarto Común	*Cnemidophorus lemniscatus*	TEIIDAE
Lobo Pollero	*Tupinambis tequixin*	TEIIDAE
Iguana	*Iguana iguana*	IGUANIDAE
Culebra Guardacamino	Dendrophidion bivattatus	COLUBRIDAE
Talla X	*Bothrops atrox*	VIPERIDAE
Boa	*Boa constrictor*	BOIDAE
Babilla	*Caiman crocodilus*	ALLIGATORIDAE
Falsa Coral	Lampropeltis triangulum	COLUBRIDAE

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25.

Principales Peces en la Zona Objeto de Estudio

Nombre Regional	Nombre Científico	Familia
Moncholo	*Hoplias malabaricus*	ERYTHRINIDAE
Barbudo	*Pimelodus clarias*	PIMELODIDAE
Mojarra	*Petenia kraussi*	CICHLIDAE

Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Afectaciones Ambientales, Sociales y Económicas Relacionadas a la Contaminación de la Quebrada La Esmeralda

Una vez conocidos los componentes ambientales impactados (población humana, fauna y flora) por el vertimiento de lixiviados del relleno sanitario a la quebrada La Esmeralda, se agruparon las posibles afectaciones ambientales, sociales y económicas, que inciden negativamente el bienestar de los residentes de la zona urbana y rural del Distrito Especial (Ver Tabla 26).

Tabla 26.

Afectaciones Ambientales, Sociales y Económicas Relacionados a la Contaminación de la Quebrada La Esmeralda

Grupos	Afectaciones Relacionados con la Contaminación de la Quebrada La Esmeralda
Grupo 1	Aumento de enfermedades producto del consumo humano y no humano del agua de la quebrada.
Grupo 2	Disminución de los ingresos en consecuencia de la pérdida o tardanza de plantaciones agrícolas, originada por la mala la calidad de agua y acumulación de metales.
Grupo 3	Disminución de los ingresos de actividades pecuarias, debido a los riesgos en salud que representa el uso del agua como abrevadero para especies pequeñas y grandes.
Grupo 4	Disminución de la pesca, producto de la contaminación del caño.
Grupo 5	Disminución de prácticas recreativas, a causa de la aparición de enfermedades por contacto con el agua.
Grupo 6	Perdida del aspecto paisajístico, a causa de las características del agua que reducen la posibilidad de un ambiente sano.

Fuente: Elaboración propia

Las afectaciones ambientales, sociales y económicas identificadas y agrupadas anteriormente, evidencian una posible disminución del bienestar de la población del Distrito Especial, al ser utilizada el agua en su condición actual desfavorable.

Para confirmar la incidencia de cada una de las alteraciones dentro de la disminución de bienestar, se procedió a la confrontación de los resultados obtenidos en el censo y la encuesta

semiestructurada de los residentes de Barrancabermeja en la zona rural y urbana, con diferentes estudios que han desarrollado el tema.

Las afectaciones fueron resumidas en cuatro (4) ítems principales:

1. Aumento del riesgo de adquirir enfermedades por consumo y uso del agua de la quebrada La Esmeralda.
2. Disminución de ingresos de actividades productivas agropecuarias.
3. Contaminación de los componentes naturales, disminución cualitativa y cuantitativa de la quebrada para prácticas recreativas.
4. Pérdida del paisaje.

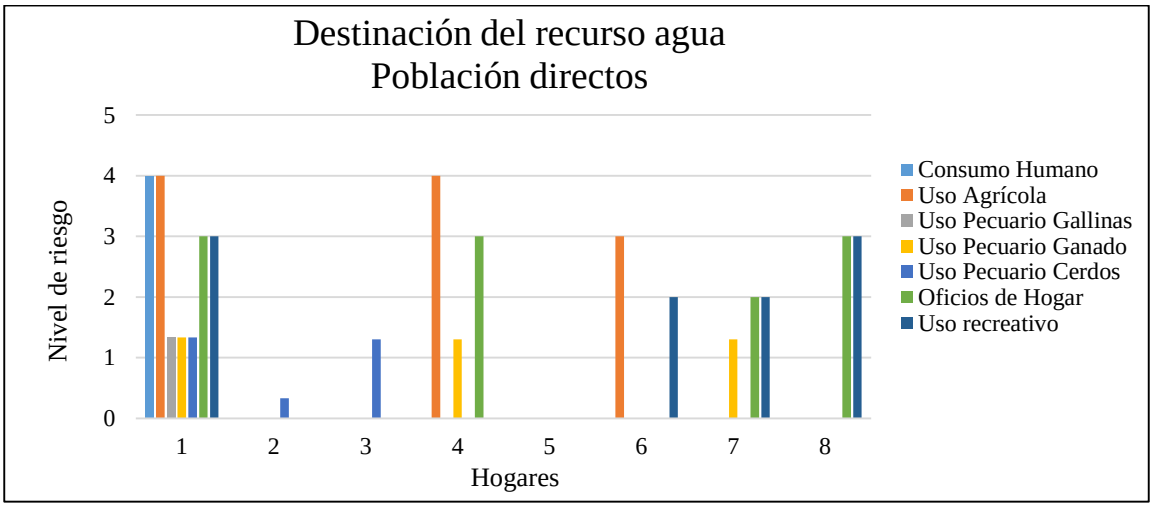
A continuación, se describen las afectaciones que fueron agrupadas en los cuatro ítems principales:

6.2.3.1. Aumento del Riesgo de Adquirir Enfermedades por Consumo y Uso del Agua de la Quebrada La Esmeralda. Para dar inicio a la descripción y análisis de las afectaciones ambientales, sociales y económicas se acude a autores como Briñez, Guarnizo y Arias (2012), quienes afirman que la calidad del agua para uso y consumo humano termina siendo un factor determinante en las condiciones de vida de las poblaciones, sin duda alguna, las características del líquido pueden favorecer tanto la prevención como a la transmisión de agentes que causan enfermedades. La contaminación de la quebrada La Esmeralda, por la presencia de metales pesados, permitió determinar que de ninguna manera se puede hacer uso del agua de la quebrada, toda vez que ello conlleva a la generación de riesgos para la salud de la población, la flora y fauna.

A pesar de los resultados, la quebrada La Esmeralda sigue siendo la segunda fuente de abastecimiento de agua para los ocho (8) hogares aledaños al relleno sanitario clausurado, el recurso es utilizado en las siguientes actividades:

Figura 14.

Destinación del Recurso Agua de Hogares Directamente Afectados



Fuente Elaboración propia

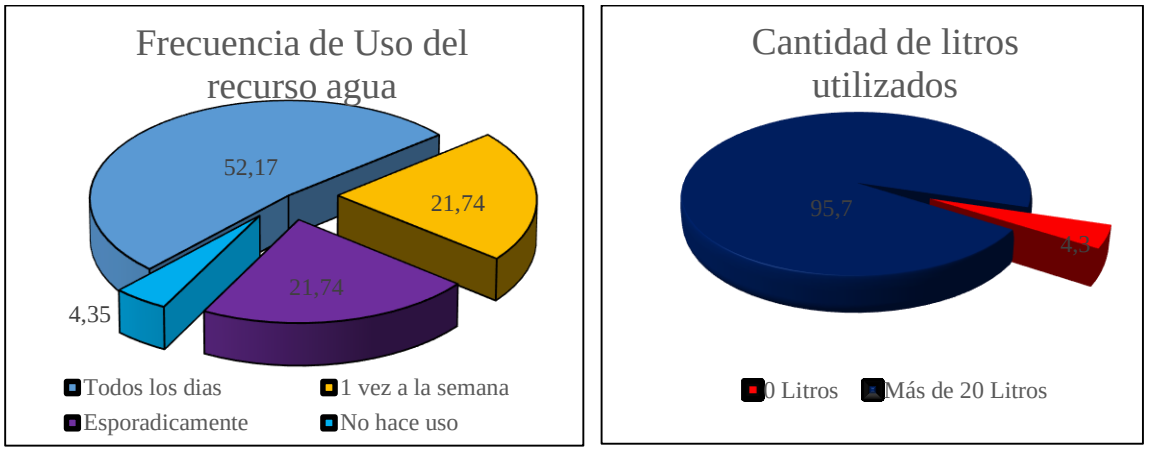
La destinación del agua de la quebrada la Esmeralda, es utilizada por las 8 familias en un 75% para uso pecuario (coincidencia en respuesta): el 32,14% hace uso del recurso para cría de bovinos; 32,14% para actividades de cría de cerdos y, 10,71% destina el recurso para la avicultura.

A su vez, los resultados del censo permitieron determinar que la misma proporción de personas hacen uso de agua para recreación (75% de coincidencia en respuesta) y el 62,5% de las personas hacen uso del agua de la quebrada para oficios del hogar. El recurso agua destinado para uso agrícola tuvo coincidencia de respuesta en un 37,5%, mientras el 12,5% aseguran utilizar el agua de la quebrada para consumo humano.

Dentro de la frecuencia de uso registrada por los habitantes del sector, el 52,17% manifestaron hacer uso del agua todos los días; 21,74% una vez a la semana y 21,74 esporádicamente. Sólo el 4,35% manifestaron no hacer uso de la quebrada en la actualidad. El 95,7% de los pobladores utiliza cantidades mayores a 20 litros del recurso cada vez que lo necesitan para sus quehaceres (Ver figura 15).

Figura 15.

Frecuencia de Uso y Cantidad de Litros Utilizada por los Habitantes del Sector



Fuente Elaboración propia

Respecto a los habitantes de la zona urbana del Distrito Especial de Barrancabermeja, sólo el 7% manifestaron tener contacto directo con la quebrada La Esmeralda, aseguran que la frecuencia de uso es esporádicamente (1 vez al mes) y los usos para los que son destinados los 20 litros de agua o más, son netamente para oficios del hogar.

Confrontando los resultados obtenidos en las dos poblaciones, se pudo determinar una mayor exposición de la población asentada en los predios cercanos a la quebrada La Esmeralda sobre las afectaciones inmediatas en salud a causa del consumo y contacto directo con el recurso agua. Los hogares que utilizan el recurso en la mayoría de sus actividades cotidianas se encuentran más expuestos a la presencia de enfermedades tanto de sus integrantes como de los animales que poseen. Para corroborar dicha afirmación Lozada, Vélez y Patiño (2009), sugieren que una vez el agua pierde su calidad, la población se encuentra expuesta ante el tipo de riesgo agudo, relacionado con la posibilidad de enfermarse de manera inmediata con dosis infecciosas bajas como la contaminación microbiológica. Para estos casos la población establecida en los predios rurales reveló, que en los últimos años es más frecuente la aparición de alergias, irritaciones en la piel y dermatitis, especialmente cuando los niños hacen uso del agua para recrearse y jugar cerca de la quebrada, adicionalmente el 50% de los hogares censados agregó, presentar enfermedades gastrointestinales regularmente.

Pese a que la mayoría de las personas encuestadas en la zona urbana del Distrito Especial no tienen contacto directo cada día con el agua de la quebrada La Esmeralda, 39% identificó

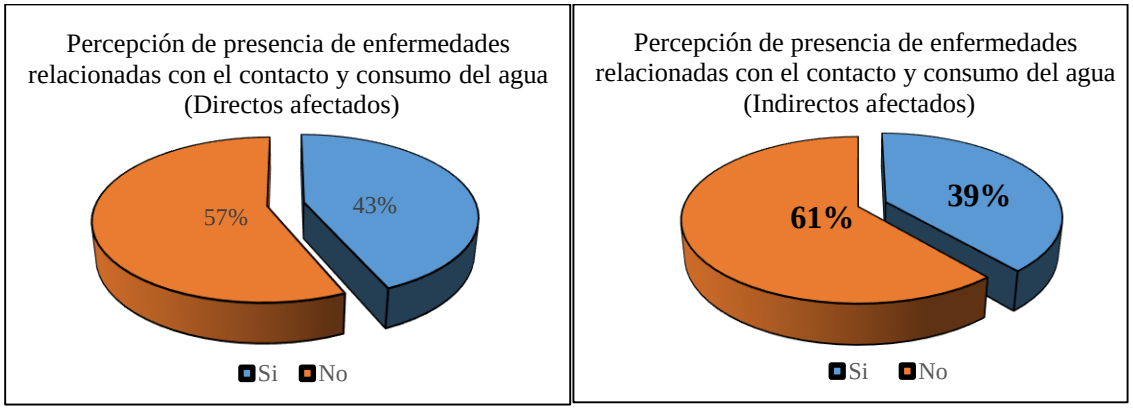
algunos síntomas similares: alrededor del 22% reveló presentar enfermedades relacionadas con dermatitis, sarpullidos, alergias en la piel, hongos y 11% enfermedades diarreicas agudas (EDAS). En diversos estudios realizados, se atribuyen los efectos gastrointestinales y dérmicos al consumo elevado del cromo, se ha logrado sustentar que la exposición directa y crónica no controlada, puede repercutir en la salud de las poblaciones y no sólo existe este riesgo, se ha logrado percibir cierto grado de afectación a las poblaciones que viven a su alrededor (Porras, 2010).

Lozada, Vélez y Patiño (2009) aseguran, además, que existe un riesgo mayor o crónico que se evidencia a través del tiempo por la presencia de contaminantes de la naturaleza química como compuestos orgánicos e inorgánicos después del contacto en periodos largos de exposición, las poblaciones de la zona de estudio añadieron que presentan casos de hipertensión (4%), problemas de atención en niños (1%) y cáncer (menos del 1%).

La mayoría de personas en los dos tipos de muestreo relacionaron estas sintomatologías y enfermedades con el uso y consumo del agua recibida en los domicilios debido a las características físicas del agua (Ver figura 16). Sin embargo, la Secretaría de Salud Municipal de Barrancabermeja sustentó posterior a la realización de la toma de muestras de 2015, 2016 y 2017, que la calidad del agua que se proveía a la ciudad no representaba riesgos mayores para la salud de los habitantes de Barrancabermeja.

Figura 16.

Percepción de Manifestación de Enfermedades Producto del Contacto y Uso del Recurso Agua



Fuente Elaboración propia

Los fuertes cuestionamientos acerca de la calidad del recurso por parte de la población del Distrito Especial de Barrancabermeja continuaron para el año 2018, las autoridades ambientales, en cabeza del Secretario de Salud del municipio (en ese momento), confirmaron la realización de monitoreos semanales del agua y con ello, la no existencia de riesgos para el consumo. El Secretario de Salud aseguró, en dicho momento, que no existía problema con el tema microbiológico que sería el causante de un proceso infeccioso, es decir, en temas gastrointestinales no existiría un evento masivo al tomar el agua potable de Barrancabermeja[1]. Contrario a las afirmaciones se prevé la necesidad de ahondar con las investigaciones, pues diversos funcionarios manifiestan que no se han abordado a fondo los análisis del agua referentes a otro tipo de contaminantes que representan riesgo debido al uso del recurso agua[2].

Pese a las negaciones de la Secretaría de Salud respecto a la relación de los riesgos en materia de salud pública con el consumo y uso del agua en el Distrito Especial, se logró encontrar en los informes epidemiológicos para los años 2015, 2016 y 2017, 120 casos de intoxicaciones en el periodo comprendido entre el 2015 y mediados del 2016; ocho casos específicos de Eventos de Notificación Obligatoria (ENO) reportadas al SIVIGILA (Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública) padecidos por usuarios residentes en Barrancabermeja, enfermedades relacionadas con el consumo de agua o alimentos contaminados por microorganismos, parásitos o sustancias tóxicas (Secretaría de Salud, 2015; 2016).

Según reportes entregados por la misma Secretaría de Salud (2016), durante el transcurso del año 2016, los casos de intoxicación sumaban alrededor de 136 eventos reportados, sin incluir los casos de enfermedades crónicas como hepatitis A, polio, parasitosis y cáncer, que relacionaron Briñez, Guarnizo y Arias (2012) con la disminución de la calidad del agua.

[1] Fernando Cárdenas, Secretario de Salud del Distrito Especial indicó que existen resultados que demuestran que, pese al color y turbiedad del agua, los habitantes del Distrito pueden hacer consumo del líquido sin temor a sufrir alguna enfermedad. Fuente: LAFM. 31 de enero de 2018. Artículo: Agua de Barrancabermeja es apta para el consumo humano, según autoridades. https://www.lafm.com.co/colombia/agua-de-barrancabermeja-es-apta-para-el-consumo-humano-segun-autoridades

[2] Julián López, Superintendente delegado para los Servicios Públicos, Alcantarillado y Aseo de la Superintendencia de Servicios, desencadenó las investigaciones ante las denuncias de presencia de mercurio en el agua, manifestó la necesidad de realizar visitas al terreno para elaborar un análisis más profundo del agua, buscaba obtener los documentos específicos que demostraban un debido proceso en la toma de muestras registradas en el Sistema de Información de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano (SIVICAP). Encontró que algunas variables no habían sido abordadas en los análisis. Fuente: Dígame.com.co. 04 octubre de 2017. Artículo: El agua de Barrancabermeja no es potable. http://www.digame.com.co/el-agua-de-barrancabermeja-no-es-potable/

6.2.3.2. Disminución de Ingresos de Actividades Productivas Agropecuarias. Como se menciona en el primer acápite, el recurso agua es utilizado en los predios de la zona rural para actividades agropecuarias, el desarrollo de las practicas productivas se ha visto afectado por el incremento de los costos de producción y por la disponibilidad de la calidad del recurso. Caso particular resultan ser los cultivos de la zona rural, cuya característica principal es que son de tipo pancoger, éstos satisfacen las necesidades domésticas y los excedentes son destinados a la venta. Respecto al tema, 57% de los habitantes censados manifestaron haber percibido cambios en los cultivos por el tamaño de los frutos, el retraso en los tiempos de cosechas, el menor crecimiento de las plantas y en la necesidad de incrementar las cantidades de fertilizantes (Ver Figura 17).

Figura 17.

Percepción en Cambios en los Cultivos y Percepción de las Maneras de Afectación de los Mismos



Fuente Elaboración propia

Lucho et al., (2005) citado en Prieto et al., (2009), atribuyen dichos cambios de las propiedades físicas de las plantas a la bioacumulación de los metales; argumentaron que la bioacumulación es frecuente debido a la propiedad física de los metales, es decir, se asocian al carácter acumulativo, bioacumulativo y a la no biodegradabilidad de los mismos. En su estudio, reportaron lugares en los cuales se realizaron riegos con aguas residuales y en consecuencia resultó una acumulación de metales por los usos del suelo provenientes de actividades antropogénicas. Los metales como el cadmio, níquel y plomo se acumulan en los tejidos foliares de las hojas y su concentración en las plantas representaron daños según el grado de acumulación.

Prieto et al., (2009) percibió, además, que los suelos regados con aguas residuales, acumularon, de la misma manera materiales metálicos y provocaron rápidamente la afectación

directa de los órganos de las plantas, incluso hasta ocasionar su muerte (Sauerbeck, 1991; Prieto et al., 2009).

Referente a los fertilizantes y, a sabiendas de la reducción de la calidad del agua, Perdomo (2005) reconoció la necesidad de incorporar no sólo nutrientes esenciales a las aguas (N, P y K), sino también, oligoelementos de metales pesados, que se incorporan al agua y al suelo para mejorar los resultados de las cosechas (Perdomo, 2005 citado en Prieto et al., 2009).

Según los afectados directos, el aumento de fertilizantes, el retraso en los tiempos de cosecha, la disminución en tamaño de los frutos y el bajo crecimiento de las plantas, han influido en la calidad de la cosecha a tal punto que el producto se ha desvalorizado, y por ende se han reducido los ingresos económicos.

La actividad ganadera, porcicultura y avicultura se desarrolla a menor escala en la zona objeto de estudio y se ha visto afectada por dos razones principales: la mala calidad del agua de la quebrada La Esmeralda y la colindancia con los predios del relleno sanitario, ya que éste se encuentra en completo estado de abandono y los animales acceden con facilidad a dicho predio del relleno sanitario clausurado La Esmeralda[3]. Los pobladores relataron que en repetidas ocasiones los animales se desplazan de sus predios en búsqueda de agua y alimento al relleno sanitario, bajo estas circunstancias, consideraron que las enfermedades que presentan puedan ser resultado del consumo de pastizales y aguas contaminadas, sin embargo, en la actualidad no existen estudios en la zona que confirmen dicha hipótesis.

En las condiciones anteriormente mencionadas, el desarrollo de la ganadería como actividad productiva, donde su entorno se encuentra contaminado, difícilmente se obtendrán utilidades debido a la baja calidad en la producción para cría, levante y engorde de los semovientes.

[3] El señor Arnulfo Bohórquez, residente del predio más cercano a la piscina de lixiviados, quién hace parte de la población censada, asegura que en numerosas ocasiones sus animales (vacas, gallinas y patos) han caído en las piscinas de lixiviados, por falta de cerramientos de protección en la infraestructura de los predios del relleno sanitario La Esmeralda.

6.2.3.3. Contaminación de los Componentes Naturales, Disminución Cualitativa y Cuantitativa de la Quebrada para Prácticas Recreativas. El contexto socio- ambiental de los predios rurales cercanos al relleno sanitario La Esmeralda, ha girado en torno a las ciénagas, humedales y quebradas existentes, usufructuando los bienes y servicios que ofrecen los cuerpos hídricos, sin embargo, los componentes del ambiente a saber: flora, fauna, suelo, agua y aire, han sufrido notables perturbaciones en los últimos años por acciones antrópicas, la calidad del agua del cuerpo hídrico no es la mejor en razón a los contaminantes descargados, de igual manera el caudal ha disminuido ostensiblemente.

Bajo la anterior premisa, las practicas recreativas se han reducido a causa de la disminución del caudal de la quebrada y los impactos que se producen al tener contacto directo con el agua como son la presencia de irritaciones en la piel y la afectación en el sistema digestivo. Para algunos pobladores ha sido notorio desde años atrás, la aparición de alergias cutáneas o diarreas posterior a los baños en la quebrada. Testificaron que las actividades de pesca que se realizaban esporádicamente de manera deportiva y no para la venta, fueron suspendidas en razón a la escasez del recurso pesquero y por temor a que las pocas especies que se encuentran en el cuerpo de agua, estén contaminadas por los vertimientos de la piscina de lixiviados.

En el pasado, el pescado fue un alimento popular en la historia del Distrito Especial de Barrancabermeja, hoy en día los residentes de los predios rurales cercanos a la quebrada La Esmeralda manifiestan preocupación por la disminución de la diversidad y riqueza de las especies acuáticas. Prat y Ward (1994), plantearon que la presencia de una perturbación moderada y alta del agua, es causal directa de esta disminución de riqueza de las especies, teniendo como resultado la presencia de pocas especies representadas en grandes cantidades y en situaciones extremas de contaminación, solo sobreviven microorganismos como bacterias, algas y ciliados (Prat y Wars, 1994 citado en Pérez, 1999).

Las consecuencias de las perturbaciones humanas explicadas por Prat y Wars (1994), permiten determinar el agotamiento de algunas especies en la zona objeto de estudio. Las especies que no alcanzan a ser tolerables ante los eventos de contaminación, se ven reducidas parcial o totalmente, mientras las especies que toleran los niveles de contaminación, aumentan su cantidad desproporcionalmente. Como consecuencia, en la quebrada La Esmeralda se ha constituido un ecosistema lineal en cuanto a las relaciones e interacciones de los elementos ambientales (Prat y Wars, 1994 citado en Pérez, 1999).

Perea y Serrano (2006), relataron que a partir de la implementación del relleno sanitario La Esmeralda, se presenció una disminución de las cantidades de animales propias de la región y un aumento de insectos, roedores y gallinazos. Así mismo, en la quebrada, se percibió una reducción de especies animales, según lo manifestado por los pobladores directamente afectados. Actualmente, relatan que la fauna acuática se encuentra representada en su mayoría por las especies Barbudos, Mojarras y Moncholos. Adicionalmente, con las acciones del relleno sanitario y posterior a su clausura, se evidenciaron afectaciones en la cobertura vegetal, modificaciones del hábitat por las descargas de lixiviados en la quebrada y el contacto con los suelos de los predios cercanos (Perea y Serrano, 2006).

6.2.3.4. Pérdida del Paisaje. Sin duda alguna, se entiende que los vertimientos de lixiviados a los recursos del paisaje: agua, suelo, flora y fauna, producen alteraciones que provocan perturbación severa, es decir, los atributos físicos, químicos y biológicos son afectados. Sin embargo, el paisaje como ecosistema sigue funcionando. Dichos ecosistemas recuperan su curso a través del tiempo debido a la capacidad de resiliencia que poseen y a la supresión que produce la alteración.

Para el caso de la quebrada La Esmeralda, los efectos de vertimientos de lixiviados a los recursos del paisaje se han ido evidenciando en el largo plazo. En la actualidad, el recurso hídrico es el más afectado por la contaminación que producen los lixiviados al agua.

En términos generales, el paisaje del área objeto de estudio sufrió modificaciones, toda vez que sus coberturas vegetales iniciales cambiaron con la construcción del relleno sanitario y sus obras de infraestructura, cambio que se evidencia en el componente visual y estético del paisaje.

Para el desarrollo del segundo objetivo específico: descripción de las afectaciones producidas por los vertimientos provenientes del relleno sanitario clausurado a la quebrada La Esmeralda, fue necesario dar inicio con la identificación y evaluación de los impactos ambientales. Con este paso, se permitió establecer la severidad de algunos de ellos como lo fueron la contaminación de agua por mercurio, la contaminación de agua para consumo humano, contaminación de agua que sirve como sustento para la fauna acuática y la afectación en la salud en la fauna por consumo de agua.

Si bien es cierto, en un inicio se contempló la posibilidad que todos los impactos, debido a la concentración de metales pesados del recurso hídrico, podrían resultar severos, el cálculo de la

ecuación de importancia de la Matriz Conesa Simplificada conforme a la calificación de los expertos, reflejaron que siete de ellos fueron moderados.

La corroboración en este acápite de los resultados obtenidos con el método anterior, se realizó con el instrumento de análisis de la metodología de valoración contingente, el censo realizado a la población rural y la encuesta semiestructurada realizada a una muestra representativa de la población del Distrito Especial de Barrancabermeja, constató por medio de la percepción de la población no sólo las posibles causas de la contaminación del recurso agua de la quebrada La Esmeralda, sino también, los posibles culpables y afectados.

Dentro de los principales afectados por dicha contaminación, la población rural y urbana del Distrito Especial, identificó la población humana, la fauna y la flora. Una vez identificados, se procedió a la caracterización de la comunidad rural, la muestra representativa del Distrito Especial, los componentes fauna y flora del paisaje.

Finalmente, las afectaciones fueron resumidas en cuatro aspectos: el aumento del riesgo de adquirir enfermedades por consumo y uso del agua de la quebrada La Esmeralda, la disminución de ingresos de actividades productivas agropecuarias, la contaminación de los componentes naturales, disminución cualitativa y cuantitativa de la quebrada para prácticas recreativas y la pérdida del paisaje.

De los hallazgos más significativos se encontró que la población de mayor exposición a los riesgos son los ubicados en la zona rural del Distrito Especial, debido a su relación directa y la frecuencia de uso del recurso agua para el consumo, prácticas agrícolas, pecuarias y recreativas. Así mismo, manifestaron que perciben la relación de la generación de enfermedades por el consumo y uso del recurso (al rededor del 60% para cada caso).

En cuanto a las actividades productivas agrícolas, es de resaltar que, en los últimos años, la población rural considera que se han presenciado diversos cambios en sus cultivos, aumentando sus costos de producción en temas de la necesidad de incurrir en gastos adicionales para el crecimiento de sus cultivos, el retraso en los tiempos de cosecha y el tamaño de los frutos.

Respecto al paisaje, fue notable su modificación desde el momento de la implementación del relleno sanitario clausurado La Esmeralda. Pese a que, en la actualidad, en algunas zonas ha sido regenerativa la cobertura vegetal y algunas especies animales han logrado adaptarse a los cambios físicos y químicos del ambiente, el recurso agua sigue estando deteriorado. Su condición actual es sin duda, un limitante para el adecuado uso, la conservación de algunas especies que no

lograron mantenerse ante las nuevas condiciones de vida y la generación de bienes y servicios ambientales para el ecosistema.

A partir de la identificación y la descripción de las percepciones de afectaciones a las comunidades humanas y no humanas, al paisaje y ecosistema en general producto del recurso hídrico contaminado por el contacto con lixiviados del relleno sanitario clausurado, se procedió a la estimación de la disponibilidad a pagar para el mejoramiento de la calidad del agua como se presenta a continuación.

6.3. Objetivo Específico III: Estimación de la Disposición a Pagar (DAP) de la Comunidad Rural y Urbana por el Mejoramiento de la Calidad del Agua de la Quebrada la Esmeralda a Través de las Preferencias Declaradas

La Disposición a Pagar (DAP) se obtuvo a partir del grado de afectación que perciben los habitantes del censo realizado a los residentes de la zona rural y la encuesta aplicada a una muestra representativa de los habitantes de la zona urbana del Distrito Especial, ante la contaminación de la quebrada La Esmeralda. La importancia otorgada a la disminución del bienestar social, económico y ambiental por la generación de impactos y efectos negativos en las actividades de las personas, así como también, en la preservación de los componentes ambientales, generó como resultado una destinación potencial de recursos económicos por parte de la comunidad, para el mejoramiento y recuperación de la calidad del agua del cuerpo hídrico que los afecta directa e indirectamente, en la medida que imposibilita el disfrute y goce de los diversos beneficios otorgados por el medio ambiente en su vida cotidiana.

Cabe aclarar que, en la presente investigación, la estimación de la DAP por el mejoramiento de la calidad del agua, estuvo diferenciada según los valores otorgados por el uso directo, indirecto y de opción de las poblaciones por los bienes y servicios aprovechados en la actualidad. A continuación, se realiza el análisis descriptivo de cada uno de los valores que conforman el Valor Económico Total (VET) del recurso agua de la quebrada La Esmeralda.

6.3.1. Análisis Descriptivo del Valor de Uso Directo, Indirecto y de Opción

Para la realización del análisis descriptivo del valor de uso directo, se tomó como base los resultados del censo realizado a la población rural del Distrito Especial de Barrancabermeja. La muestra representativa de la zona urbana, hizo parte del cálculo del valor de uso indirecto. Finalmente, la estimación del valor de opción, se logró a partir de la conformación de una muestra cerrada en los dos grupos poblacionales.

En cada uno de los casos, los resultados fueron los que se registran en la Tabla 27:

Tabla 27.

Aceptación y Rechazo por DAP

Valor de Uso Directo				
Dicotómico Simple	**Abierta**			
	Total	**Hasta $5.000**	**Hasta $10.000**	**Hasta $15.000**
Dispuestos a Pagar	25	9	14	2
No Dispuestos a pagar	1	0	0	0
No sabe/No responde	0	0	0	0
Censo	26	9	14	2

Valor de Uso Indirecto							
Dicotómico Simple	**Abierta**						
	Total	**Hasta $5.000**	**Hasta $10.000**	**Hasta $15.000**	**Hasta $20.000**	**Hasta $25.000**	**Más de $30.000**
ispuestos a Pagar	156	87	40	0	23	3	3
No Dispuestos a pagar	95	0	0	0	0	0	0
No sabe/No responde	17	0	0	0	0	0	0
Tamaño de Muestra	268	87	40	0	23	3	3

Valor de Opción							
Dicotómico Simple	**Abierta**						
	Total	**Hasta $5.000**	**Hasta $10.000**	**Hasta $15.000**	**Hasta $20.000**	**Hasta $25.000**	**Más de $25.000**
Dispuestos a Pagar	123	56	25	11	22	5	4
No Dispuestos a pagar	127	0	0	0	0	0	0
No sabe/No responde	44	0	0	0	0	0	0
Tamaño de Muestra	294	56	25	11	22	5	4

Fuente: Elaboración propia

La disposición a pagar por el valor de uso directo tuvo una aceptación de 96% de la población censada (25 personas). La mayoría de los participantes del ejercicio de valoración contingente manifestaron estar dispuestos a contribuir monetariamente en la implementación de la planta de tratamiento de lixiviados que garantizará la disminución de la contaminación de metales y elementos tóxicos en la quebrada La Esmeralda. A su vez, más del 50% de la muestra representativa de la población urbana del Distrito Especial (156 personas), revelaron disposición a pagar para la ejecución del proyecto. Contrario a los anteriores resultados, el valor de opción reveló tener una menor disposición a pagar, cerca del 60% de la muestra cerrada (171 personas) indicaron no estar dispuestos a la realización de pago para la preservación y conservación de los recursos ambientales afectados.

Carson (1991), señala que en los ejercicios de valoración contingente no es extraño obtener como resultado altos porcentajes de rechazo, advierte que es posible encontrar que sólo el 20% y 30% de la población se encuentre en disposición a pagar. El autor relaciona los bajos niveles de aceptación de los mercados hipotéticos con el cumplimiento de ciertas condiciones que se derivan del desarrollo propio del ejercicio, cuando se cumplen tres (3) condiciones: (1) la toma de una muestra aleatoria, (2) la complejidad del escenario de valoración y, por último (3) el objeto de valoración de un bien que las personas no se encuentran acostumbradas a valorar y a pagar por su consumo (Carson, 1991 citado en Salazar y Suárez, 1998).

Considerando lo planteado por Freeman (1993), la respuesta protesta es excluida de los ejercicios de valoración contingente, pues no se requiere considerar los valores cero para la estimación de la DAP. Dicho lo anterior, en las estimaciones de valor de uso directo, indirecto y de opción mostradas a continuación, se excluyeron las respuestas protesta.

Se evidenció que las principales razones de negación a la participación del mercado hipotético fueron:

- El agua de los cuerpos hídricos es considerada un bien público
- Las autoridades locales y ambientales deberían garantizar su buen estado
- El pago de impuestos es alto en el municipio
- Los agentes o empresas responsables de la contaminación del recurso deben hacerse cargo de la descontaminación

Los anteriores motivos expresados por la comunidad coinciden en los hallazgos de Salazar y Suarez (1998), quienes encontraron un 16,4% de no participación en el ejercicio de valoración y las razones determinantes de los individuos fueron que "ya pagaban suficientes impuestos y se negaban a pagar por algo que consideraban patrimonio público".

A partir de las observaciones positivas, se obtuvo la DAP promedio por valor de uso directo de $8.600, valor de uso indirecto promedio de $9.455 y Valor de Opción promedio de $10.107 pesos mensuales. El valor máximo revelado fue de $50.000 entre los tres casos propuestos y el menor $1.000 pesos mensuales (Ver Tabla 28).

Tabla 28.

Valores Promedio de DAP

DAP según el tipo de Valor (Expresado en pesos)			
Estadístico	**Valor de Uso Directo**	**Valor de Uso Indirecto**	**Valor de Opción**
Media	8.600	9.455	10.107
Mediana	10.000	5.000	10.000
Moda	10.000	5.000	20.000
Desviación Estándar	3.069	7.158	7.886
Valor Máximo	15.000	50.000	40.000
Valor Mínimo	5.000	1.000	1.000
Observaciones	**25**	**156**	**123**

Fuente: Elaboración propia

Es válido resaltar que el mayor nivel de participación en el mercado hipotético con base en el número de observaciones para cada caso, se registró en la zona rural del Distrito Especial, sin embargo, el valor más alto respecto a la Disposición a Pagar ($50.000), fue revelado por la muestra representativa de la zona urbana. La distribución de los datos para los valores de uso directo, indirecto y de opción, demostraron el comportamiento asimétrico de los datos: para el primer caso (valor de uso directo), la mayoría de los resultados obtenidos se encontraron en la cola hacia la izquierda con una desviación estándar de $3.069 pesos, mientras en el valor de uso indirecto y de opción, la mayoría de los datos estaban sesgados hacía la derecha, con un valor de dispersión similar de $7.158 y $7.886 pesos respectivamente.

Con base en estos datos revelados por la comunidad se calculó la valoración de uso directo, indirecto y de opción. Se estimó según el nivel de participación de la población, la Disposición a Pagar anual para la implementación de la planta de tratamiento de lixiviados en los predios establecidos en el sector rural era $2.580.000 pesos anuales, mientras en la zona urbana la muestra poblacional arrojó el valor de $17.700.000 pesos anuales. Finalmente, para la preservación y conservación de las zonas acuáticas, las dos poblaciones reflejaron el valor de $14.918.400 pesos anuales (Ver Tabla 29).

Tabla 29.

Valor de Uso Directo, Indirecto y de Opción Anual

Valor Económico Total	Valor de Uso Directo	Valor de Uso Indirecto	Valor de Opción
DAP Individual promedio	$8.600	$9.455	$10.107
Número de personas Dispuestas a Pagar	25	156	123
DAP Total Mensual	$215.000	$1.475.000	$1.243.200
DAP Total Anual	**$2.580.000**	**$17.700.000**	**$14.918.400**

Fuente: Elaboración propia

6.3.2. Modelización de la Pregunta Dicotómica

La determinación de la probabilidad que un individuo frente a un conjunto de atributos efectúe una elección determinada en lugar de considerar alternativas se generó mediante un modelo de elección cualitativa; los individuos fueron enfrentados a una pregunta de respuesta dicotómica donde se presentó dos posibles resultados, cero (no disposición de pago) y uno (disposición a pagar). Con este tipo de variable dependiente y dicotómica, los modelos de regresión lineal y las estimaciones por el método de mínimos cuadrados ordinarios son considerados ineficientes, por lo que, se prosiguió a la utilización de las técnicas de análisis *Logit y Probit* caracterizadas por presentar una estructura de las perturbaciones con propiedades más deseables y aseguran, que los valores resultantes de la variable dependiente se encuentre en el intervalo cerrado (Salazar y Suarez, 1998).

Una vez confirmado el comportamiento de los datos diferente a la distribución normal, se escogió el modelo *Logit* para establecer la relación de las variables independientes con la Disposición a Pagar para cada uno de los valores de uso del recurso agua. Primero, se desarrolló la realización del análisis bivariado con los datos del censo de la población rural, sin embargo, los resultados demostraron que las variables independientes no presentaban asociación significativa con la variable *Dispuesto a Pagar* (Ver Apéndice I).

Posteriormente, se evaluaron los datos revelados en la zona urbana del Distrito Especial para describir la DAP por el valor de uso indirecto. Así mismo, la conformación de una base de datos cerrada entre las dos poblaciones permitió estimar la DAP por los valores de opción. Para encontrar las asociaciones o el nivel de representatividad de variables independientes y la variable dependiente dentro del modelo bivariado, se evaluó con base en la prueba ji-cuadrado (Chi2) y su probabilidad de ocurrencia.

El resumen de los valores resultantes del análisis bivariado se presenta en la Tabla 30:

Tabla 30.

Resumen de Análisis Bivariado

No.	Variable Dependiente	Variable Independiente	Notación	Valor de uso indirecto		Valor de opción	
				Pearson Chi2	Pr	Pearson Chi2	Pr
1	Disposición a Pagar	Nivel de Estudios	Nivel Estudios	2,6034	0,761	2,7858	0,733
2		Percepción Importancia Medio Ambiente	Impor Medio	2,6034	0,761	2,7858	0,733
3		Calificación Calidad Agua	Calificación Calidad H2O	1,8324	0,608	4,234	0,237
4		Principal Causante de contaminación Prácticas Agropecuarias	CCA Pagropecuarias	0,2025	0,653	0,137	0,7111

No.	Variable Dependiente	Variable Independiente	Notación	Valor de uso indirecto		Valor de opción	
				Pearson Chi2	Pr	Pearson Chi2	Pr
5		Principal Causante de contaminación Descarga de Basuras	CCDescarga de Basuras	0,3693	0,543	1,4066	0,236
6		Principal Causante de contaminación Actividades Extractivas	CCA Extraccion	1,2711	0,26	0,8125	0,367
7		Principal Causante de contaminación Contacto con rellenos sanitarios	CC Contacto Relleno	1,4238	0,233	0,0149	0,903
8		Principal Causante de contaminación otras /Todas actividades	Causante Contaminación Otros	18,1536	**0,02**	15,5437	**0,049**
9		Percepción de existencia de recuperar Agua	Existe Manera RecuH2O	0,0087	0,926	0,1852	0,667
10		Conocimiento de las fuentes hídricas del municipio	Conoce Cuerpo H2O	0,3942	0,53	0,2338	0,629
11		Existencia contacto con la quebrada	Contacto Agua Esmeralda	0,0172	0,896	0,1753	0,675
12		Percepción de Existencia de afectación en personas	Afec Personas	1,8157	0,178	3,7741	**0,052**

No.	Variable Dependiente	Variable Independiente	Notación	Valor de uso indirecto		Valor de opción	
				Pearson Chi2	Pr	Pearson Chi2	Pr
13		Percepción existencia de contaminantes en la quebrada	Perce Existe Cotaminantes	0,8662	0,352	2,49	0,115
14		Percepción Existencia de enfermedades relacionadas con la baja calidad del agua	Percepcion Enfermedad	0,031	0,86	0,2647	0,607
15		Disposición en participar en campañas o actividades de recuperación de calidad de la quebrada	Participa Recuperación	2,0866	0,149	3,2846	**0,07**
16		Presenta enfermedades relacionadas con contaminación de agua	Enfermedades CAgua	0,5273	0,468	0,4573	0,499
17		Gasto mensual en consultas médicas	RGasto Consulta	1,9667	0,579	1,0864	0,78
18		Gasto Mensual en Medicamentos	RGasto Medic	4,8115	0,186	10,138	**0,017**
19		Percepción del Proyecto	Percep Proyecto	6,762	**0,08**	3,1053	0,376
20		Ingresos familiares por mes	Ingresos Fami	3,707	0,295	3,0821	0,379
21		Egresos familiares por mes	Egresos Fami	0,4319	0,934	1,1311	0,77

Fuente: Elaboración propia

El análisis bivariado o de asociación aplicado para los valores de uso indirectos y de opción, con base en la prueba ji-cuadrado se utilizó para probar la hipótesis nula de que las dos variables cualitativas (dependiente- independiente) se comportaban de manera independiente. La significancia utilizada fue del 5% (α=0.05), dentro de los valores observados se buscó la significancia de las variables cuando presentaban probabilidades menores a 0,05.

El valor de la probabilidad permitió rechazar la hipótesis nula y, por ende, se logró afirmar que, entre algunas variables independientes respecto a la variable dependiente, existía asociación alguna. Para el valor de uso indirecto, se encontró asociación entre *DispuestoaPagar* (variable dependiente) y *CausanteContaminaciónOtros* (Pr=0,02) y *DispuestoaPagar* con *PercepProyecto* (Pr=0,08).

Respecto al valor de valor opción, la asociación de las variables fue entre *DispuestoaPagar* (variable dependiente) con *CausanteContaminaciónOtros* (Pr= 0,049), *AfecPesonas* (Pr=0,052), *ParticipaRecupera* (Pr= 0,07) y *RGastoMedic* (Pr= 0,017).

Identificadas las variables o atributos significativos, se corrieron los tres modelos Logit para la estimación de las asociaciones de la DAP en los valores de uso directo, indirecto y de opción. En los tres casos, se estimó la probabilidad de ocurrencia que la variable dependiente tomara el valor igual o cercano a 1, se midió la probabilidad de ocurrencia de los individuos frente a la disposición de pago de un precio por la implementación de la planta de tratamiento de lixiviados y por la preservación y conservación del medio ambiente, por ende, la DAP estaría sujeta a un número de atributos descriptivos significativos.

Para lograr el pseudo R más alto se incluyó una a una las variables independientes en los modelos. La salida de los resultados del modelo 1 (modelo de valor de uso directo), corroboró que ninguna de las variables independientes representaba la disposición de pago, incluso, el modelo presentaba problemas de multicolinealidad. Cabe resaltar, que el fenómeno de la multicolinealidad se produce cuando existe una relación lineal entre las variables independientes incluidas en el modelo, hecho que dificulta la estimación del efecto separado que cada una de las variables independientes pudieran ejercer en la predicción de la variable dependiente (Velasco, 1996).

El pseudo R cuadrado de McFadden = 2% (0,0254) determinó una vez más que el modelo no fue válido o como lo indican algunos autores no sirve por la baja significancia que representa (Ver Tabla 31).

Tabla 31.

Modelo Logit 1. DAP por Valor de Uso Directo

note: PERCEPCIÓNIMPORTANCIAMEDIOAMB omitted because of collinearity

note: CONSIDERAIMPORTANTELIMPIARLA omitted because of collinearity

Iteration 0: log likelihood = -10.626849

Iteration 1: log likelihood = -10.365713

Iteration 2: log likelihood = -10.357017

Iteration 3: log likelihood = -10.357013

Iteration 4: log likelihood = -10.357013

Logistic regression Number of obs = 26

LR chi2(4) = 0.54

Prob > chi2 = 0.9695

Log likelihood = -10.357013 Pseudo R2 = 0.0254

DISPOSICIÓNAPAGARPORAGUAPOT	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
SEXO	-.5084041	1.269976	-0.40	0.689	-2.997512	1.980704
EDAD	-.0197351	.0491652	-0.40	0.688	-.1160971	.0766268
NIVELESTUDIOS	-.0398943	.9272004	-0.04	0.966	-1.857174	1.777385
PERCEPCIÓNIMPORTANCIAMEDIOAMB	0	(omitted)				
Actividadesproductivasagropecu	-.5030728	1.362883	-0.37	0.712	-3.174274	2.168128
CONSIDERAIMPORTANTELIMPIARLA	0	(omitted)				
_cons	3.018417	3.810439	0.79	0.428	-4.449906	10.48674

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se incluyó el modelado de la DAP por los valores de uso indirectos. En esta oportunidad se obtuvo un mejor resultado con base en el Pseudo R cuadrado de McFadden = 0,4338, indicó que el modelo se ajustaba un 43,38%.

Lo anterior, reveló que las variables escogidas no representaban en su totalidad la DAP por el valor de uso indirecto del recurso agua, sin embargo, se encontraron tres variables significativas (Ver tabla 32).

Tabla 32.

Modelo Logit 2

logit DispuestoPagarA Sexo edad NIvelEstudios CaudanteContaminacion PerceExisteContaminantes AfecPersonas ParticipaRecuperacion EnferemdadesCAgua PrecioAgua SaludPercepBuena RGastoMedic PercepProyecto IngresosFami EgesosFa

> mi Estrato

Iteration 0: log likelihood = -79.72847

Iteration 1: log likelihood = -69.122281

Iteration 2: log likelihood = -69.057676

Iteration 3: log likelihood = -69.05756

Iteration 4: log likelihood = -69.05756

Logistic regression Number of obs = 118

LR chi2(15) = 21.34

Prob > chi2 = 0.0263

Log likelihood = -69.05756 Pseudo R2 = 0.4338

DispuestoPagarA	Coef.	Std. Err.	z	P>|z|	[95% Conf.	Interval]
Sexo	.0966863	.4667935	0.21	0.836	-.8182121	1.011585
edad	-.0144447	.0242513	-0.60	0.551	-.0619764	.033087
NIvelEstudios	.1379348	.2258617	0.61	0.541	-.304746	.5806156
CaudanteContaminacion	-.2449941	.1340933	-1.83	**0.048**	-.5078121	.0178238
PerceExisteContaminantes	-1.65396	1.277975	-1.29	0.196	-4.158744	.8508244
AfecPersonas	1.905634	1.248436	1.53	0.127	-.5412561	4.352524
ParticipaRecuperacion	-.0517601	1.029734	-0.05	0.960	-2.070001	1.966481
EnferemdadesCAgua	.021233	.4513088	0.05	0.962	-.863316	.9057821
PrecioAgua	-.0000181	9.06e-06	-2.00	**0.046**	-.0000359	-3.32e-07
SaludPercepBuena	-.3748639	.5067433	-0.74	0.459	-1.368062	.6183347
RGastoMedic	-.1433038	.2331884	-0.61	0.539	-.6003447	.3137371
PercepProyecto	-.8440869	.3529013	-2.39	**0.017**	-1.535761	-.152413
IngresosFami	-.1139245	.2683979	-0.42	0.671	-.6399748	.4121258
EgesosFami	.3034301	.3352037	0.91	0.365	-.3535571	.9604172
Estrato	.1583648	.2509249	0.63	0.528	-.3334389	.6501685
_cons	3.651247	1.818087	2.01	**0.045**	.0878618	7.214631

Logistic model for DispuestoPagarA

-------- True --------			
Classified |	D	~D |	Total
+ |	58	25 |	83
- |	12	23 |	35
Total |	70	48 |	118
Classified + if predicted Pr(D) >= .5			
True D defined as DispuestoPagarA != 0			
Sensitivity	Pr(+| D)	82.86%	
Specificity	Pr(-|~D)	47.92%	
Positive predictive value	Pr(D| +)	69.88%	
Negative predictive value	Pr(~D| -)	65.71%	
False + rate for true ~D	Pr(+|~D)	52.08%	
False - rate for true D	Pr(-| D)	17.14%	
False + rate for classified +	Pr(~D| +)	30.12%	
False - rate for classified -	Pr(D| -)	34.29%	
Correctly classified		**68.64%**	

Fuente: Elaboración propia

Se determinó la significancia de las tres variables independientes por medio de la evaluación que se realizó a los datos encontrados en la columna de “P>z”. Se pudo observar el valor de P del test colocando a prueba la hipótesis nula, la cual indica que el coeficiente de cada variable es = 0.

En este modelo se rechazó la H0 en tres casos, cuando P>z presentaba valores menores a 0,05 (5%), se confirmó que CausanteContaminación, PrecioAgua, PercepProyecto y la constante explicaban la DAP.

La "Prob>chi2"; presentó el valor P para el Test de la razón de verosimilitud, probando el rechazo a la hipótesis nula (H0), que indica que todos los coeficientes beta del modelo (los efectos) son = 0, respecto al nivel de confianza de 99%. Se evidencia que las variables en conjunto inciden en la determinación de la DAP.

Si bien el primer modelo presento problemas de multicolinealidad, el segundo modelo tampoco logró determinar una representación mayor de las variables independientes frente a la dependiente. Esta condición posiblemente se presenta por la omisión de variables explicativas o por la aplicación del instrumento de análisis a una muestra poblacional aleatoria.

Pese a considerar 24 variables expuestas e identificadas en la literatura de los ejercicios de valoración contingente, cabe la posibilidad de haber dejado de lado otros atributos que pudieron haber incidido en el modelo. Ahondar en preguntas referentes al arraigo, la temporalidad u otros aspectos, desde el enfoque cultural, probablemente influyó en los resultados óptimos del modelo.

El último modelo realizado fue el de los valores de uso de opción. La salida de resultados permitió determinar que el ajuste con base en el Pseudo R cuadrado de McFadden era menor que el modelo anterior y el ajuste en este caso fue de 13%. Probablemente, este porcentaje de ajuste no se considera optimo, debido a que se encuentra el valor del R cuadrado cercano a cero, por lo que la capacidad explicativa del modelo es reducida, sin embargo, Morrison (1972) argumenta que precisamente los valores de R cuadrado que normalmente se obtienen cuando se calculan correlaciones entre una variable dependiente binaria y las probabilidades predichas, resultan ser bajas, pero no implican, que el modelo no sea bueno (Morrison, 1972 citado en Velasco 1996).

El valor de Prob>Chi2= 0,001263 para el test de la razón de verosimilitud rechazó la H0, indicando que algunas variables tuvieron incidencia y se evidencia en la columna de P>z, cuando presentan valores menores a 0,05; bajo esta condición sólo dos variables independientes resultaron significativas incluyendo la pendiente (Ver tabla 33).

Tabla 33.

Modelo Logit 3

logit DispuestoPagarA Sexo edad NIvelEstudios CaudanteContaminacion PerceExisteContaminantes AfecPersonas ParticipaRecuperacion EnferemdadesCAgua PrecioAgua SaludPercepBuena RGastoMedic PercepProyecto IngresosFami EgesosFami Estratio

```
Iteration 0:   log likelihood =  -79.72847
Iteration 1:   log likelihood = -69.122281
Iteration 2:   log likelihood = -69.057676
Iteration 3:   log likelihood =  -69.05756
Iteration 4:   log likelihood =  -69.05756
Logistic regression                     Number of obs     =        128
                                        LR chi2(15)       =      21.34
                                        Prob > chi2       =     0.001263
Log likelihood =  -69.05756             Pseudo R2         =     0.1338
------------------------------------------------------------------------------
DispuestoPagarA |      Coef.   Std. Err.      z    P>|z|     [95% Conf. Interval]
           Sexo |   .0966863   .4667935     0.21   0.836    -.8182121    1.011585
```

logit DispuestoPagarA Sexo edad NIvelEstudios CaudanteContaminacion PerceExisteContaminantes AfecPersonas ParticipaRecuperacion EnferemdadesCAgua PrecioAgua SaludPercepBuena RGastoMedic PercepProyecto IngresosFami EgesosFami Estratio

edad	-.0144447	.0242513	-0.60	0.551	-.0619764	.033087
NIvelEstudios	.1379348	.2258617	0.61	0.541	-.304746	.5806156
CaudanteContaminacion	-.2449941	.1340933	-1.83	**0.068**	-.5078121	.0178238
PerceExisteContaminantes	-1.65396	1.277975	-1.29	0.196	-4.158744	.8508244
AfecPersonas	1.905634	1.248436	1.53	0.127	-.5412561	4.352524
ParticipaRecuperacion	-.0517601	1.029734	-0.05	0.960	-2.070001	1.966481
EnferemdadesCAgua	.021233	.4513088	0.05	0.962	-.863316	.9057821
PrecioAgua	-.0000181	9.06e-06	-2.00	**0.046**	-.0000359	-3.32e-07
SaludPercepBuena	-.3748639	.5067433	-0.74	0.459	-1.368062	.6183347
RGastoMedic	-.1433038	.2331884	-0.61	0.539	-.6003447	.3137371
PercepProyecto	-.8440869	.3529013	-2.39	**0.017**	-1.535761	-.152413
IngresosFami	-.1139245	.2683979	-0.42	0.671	-.6399748	.4121258
EgesosFami	.3034301	.3352037	0.91	0.365	-.3535571	.9604172
Estratio	.1583648	.2509249	0.63	0.528	-.3334389	.6501685
_cons	3.651247	1.818087	2.01	**0.045**	.0878618	7.214631

Logistic model for DispuestoPagarA

Classified	D	~D	Total
+	58	25	83
-	12	23	35
Total	70	48	118

Classified + if predicted Pr(D) >= .5

True D defined as DispuestoPagarA != 0

Sensitivity	Pr(+| D)	82.86%
Specificity	Pr(-|~D)	47.92%
Positive predictive value	Pr(D| +)	69.88%
Negative predictive value	Pr(~D| -)	65.71%
False + rate for true ~D	Pr(+|~D)	52.08%
False - rate for true D	Pr(-| D)	17.14%
False + rate for classified +	Pr(~D| +)	30.12%
False - rate for classified -	Pr(D| -)	34.29%
Correctly classified		**68.64%**

Fuente: Elaboración propia

Los resultados soportados con un 95% de confianza (P>z menor de 0,05), permite que se rechace la H0 para las variables: PrecioAgua (0,046), PercepProyecto (0,017) y la constante (0,045). Vale señalar que, con un 90% de confianza, se puede incluir como variable significativa CausanteContaminaciónOtros (0,068), al presentar un valor de P>z menor de 0,10, se encuentra explicando la disposición a pagar por el mejoramiento de la calidad del agua.

6.3.2.1. Las Variables Independientes Significativas. Pese a encontrar variables significativas en los modelos logísticos implementados, no coinciden con las variables identificadas en otros estudios sobre mejoras en la calidad del agua. Narváez (2009), identificó los ingresos del encuestado, la actividad realizada en el sitio y la evaluación sobre el servicio de agua potable recibido, como principales determinantes de la DAP.

Contrario a lo esperado, los coeficientes beta indicaron la existencia de la relación indirecta entre variables independientes y la variable dependiente. El modelo permite tipificar que en la medida que disminuya la variable CausanteDeContaminaciónOtros, el PrecioDelAgua y la PercepdelProyecto, aumenta la DAP.

La relación indirecta entre la variable independiente *causante de contaminación* con la variable dependiente *Disposición a Pagar* puede ser explicada con base en la respuesta otorgada por los censados y encuestados a la pregunta: ¿quién era el principal causante de la contaminación de los cuerpos hídricos en el municipio?, debido a que tanto la población rural como la población urbana se identificó como los posibles generadores de la contaminación de los cuerpos hídricos (17% censo y 29% muestra representativa). En el momento que la población se considera responsable de la disminución de la calidad del agua, tienden a declarar una menor disponibilidad a pagar por los proyectos planes y programas que buscan el mejoramiento de las condiciones socioambientales y que deben ser costeados por ellos mismos.

Este resultado se puede relacionar con las apreciaciones de Escobar y Gómez (2007), quienes aseguran que este fenómeno se debe a que, en la mayoría de los casos, los usuarios sólo estarán dispuestos a cubrir una parte reducida del costo total del financiamiento de los proyectos y del mantenimiento de las cuencas. Escobar y Gómez (2007), afirman que es necesario considerar y evaluar todas las alternativas de pago para costear el mercado hipotético, en la medida, que sea socializada la posibilidad del financiamiento mixto del proyecto, donde no solamente el cargo del costo total del proyecto se asume por los usuarios o consumidores, sino que, exista una alta y

mayor financiación pública a través de subsidios o transferencias internacionales. La alternativa de pago, para que las poblaciones reflejen disposición a pagar, debe permitir la combinación de la financiación de manera conveniente, a partir de una decisión social acerca de la combinación deseada de criterios de eficiencia y equidad.

Adicional a lo anterior, la confianza de los pobladores frente a la gestión de los recursos públicos puede incidir también en la respuesta y disposición a pagar. Cabe resaltar que en los casos donde el gobierno o instituciones locales sean los administradores de los recursos públicos, la disposición a pagar puede disminuir.

La anterior premisa, no coincide con la teoría económica, pues el supuesto indica que a medida que se garantice un aumento del bienestar social, los individuos mostrarían una mayor disposición a pagar por el bien o servicio ofrecido, sin embargo, los resultados coinciden con los hallazgos de la investigación de Ibarrarán, Islas y Mayett (2003), quienes descubrieron "la influencia negativa de la variable ConfianzaDelGobierno sobre la DAP con un nivel de confianza de 95%. Los autores observaron que, en la mayor parte de las veces, las personas disminuyen su propensión de pago para proyectos, planes y programas socio-ambientales, la población objeto de estudio reveló en ese caso, "la preferencia para que el gobierno ejecute y administre los proyectos sólo si éste mismo lo subsidia" pues consideran que la calidad ambiental debe ser garantizada principalmente por los administraciones nacionales y locales.

Así mismo, la variable PreciodelAgua reflejó una relación indirecta con la variable dependiente. Esta respuesta se puede atribuir a la inconformidad de la población del Distrito Especial por la percepción de los altos costos del servicio de agua potable. En repetidas ocasiones la población manifestó que se encontraba dispuesta a pagar un excedente de dinero, sólo si se garantizaba su mejoramiento, pero declararon la necesidad de modificar los precios actuales y las condiciones en las que el líquido llega a sus domicilios.

Por último, podemos agregar que la variable PercepcióndelProyecto y su pendiente negativa, puede ser explicada por el nivel de confianza que las poblaciones tienen sobre los proyectos planeados y ejecutados por la administración municipal, las autoridades ambientales y las empresas prestadoras del servicio de agua potable en Barrancabermeja. En este caso, las instituciones anteriormente nombradas fueron establecidas como las posibles encargadas de la implementación de la planta de tratamiento de lixiviados en el relleno sanitario clausurado.

Dentro de las respuestas protesta se destacan los fuertes cuestionamientos acerca de la operatividad de las mismas y la falta en el cumplimiento y ejecución de los planes y programas referentes en el tema de salud pública.

Finalmente, el desarrollo del último objetivo específico de la presente investigación permitió evidenciar que la mayor participación para el ejercicio de valoración del recurso agua se encontraba con las personas que perciben mayor grado de acercamiento a la quebrada La Esmeralda, las personas de la zona rural tuvieron un mayor grado de disposición para participar en el ejercicio comparado con las personas que se encontraban en la zona urbana y que tal vez no se perciben como mayores afectados por la esporádica frecuencia y acercamiento que mantienen con dicha fuente hídrica.

Dentro del ejercicio realizado se encontraron algunas respuestas protestas que coinciden con algunos ejercicios implementados por otros autores en la literatura consultada. Las respuestas negativas ante la participación de otorgar pagos para la implementación de la planta de tratamiento de lixiviados (mercado hipotético), se resumieron en argumentos y concepciones de las características del recurso agua como bien público, la desconfianza de las autoridades locales y ambientales para manejar recursos económicos y los altos pagos de impuestos en el Distrito Especial. Adicionalmente, las personas que rechazaron su participación, argumentaron que las entidades locales- ambientales deben garantizar el estado de los recursos naturales, a su vez, indicaron que los responsables de la contaminación son los únicos agentes responsables de retornar las condiciones a las condiciones iniciales el recurso agua.

En cuanto a la modelización de la pregunta dicotómica, el resultado de los tres modelos LOGIT no fue mayormente óptimo. En ninguno de los casos, los modelos fueron predictivos en su totalidad. Lo anterior, indica que la mayoría de las variables establecidas para el estudio de la relación explicativa entre variables independientes y la variable dependiente, tanto para el valor de uso directo, indirecto y de opción, no representaban mayor incidencia en la respuesta de las poblaciones censadas y encuestadas.

7. Conclusiones

- Las descargas de lixiviados provenientes del relleno sanitario clausurado La Esmeralda han contaminado con mercurio, plomo y cromo el agua de la quebrada La Esmeralda, situación que imposibilita el uso de la misma para cualquier actividad de tipo agrícola, pecuaria, recreativa y para usos futuros de conservación de especies acuáticas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos de la aplicación del índice de Calidad de Agua ICA (IDEAM, 2011), se pudo corroborar que la calidad del agua que actualmente es destinada para consumo humano, uso recreativo, vida acuática y uso agrícola, se clasifica en el rango de "mala calidad" (ICA= 0.47).
- Las percepciones de los afectados directos e indirectos manifestadas a través del censo y la encuesta semiestructurada, coinciden con la existencia de contaminación en el recurso hídrico, situación que se traduce en un desmejoramiento en la calidad de vida de las comunidades humanas, animales y vegetales.
- En los tres casos de modelado Logit aplicados para evidenciar las posibles causas determinantes de la disposición de pago, el nivel de ajuste con base en el seudo-Rcuadrado fue bajo, posiblemente por la falta de variables omitidas o el tipo de población a la que se le aplicó el instrumento de análisis. Los resultados evidenciaron una dificultad en la medida de intentar explicar la Disposición a Pagar por el mejoramiento de la calidad del agua en la totalidad del Distrito Especial de Barrancabermeja. Las variables que no se contemplaron en el censo y la encuesta semiestructurada tales como el tiempo de permanencia o percepciones sobre el nivel de arraigo entre otros temas culturales, posiblemente dan explicación a la poca relación entre la variable dependiente Disposición a Pagar y las variables independientes estudiadas.
- Algunas variables incluidas en el modelo son significativas: las tres variables independientes que representan un grado mayor de significancia entre la Disposición a Pagar por el mejoramiento de la calidad del recurso agua son la CausanteDeContaminaciónOtros, el PrecioDelAgua y la PercepdelProyecto. Cabe resaltar que diferente a lo esperado, mantienen una relación indirecta respecto a la DAP.
- Los dos modelos desarrollados presentaron una sensibilidad del 82% y una especificidad del 47%, clasificando correctamente las observaciones en un 68,64%. Siendo la sensibilidad, la capacidad que el modelo detecte los posibles dispuestos a pagar por el proyecto

planteado dentro del mercado hipotético formulado y la especificidad, la capacidad para dar como negativo los que no van a pagar por dicho proyecto, en este aspecto el modelo puede ser categorizado como bueno.

- Si bien las valoraciones económicas del medio ambiente, resultan para algunos autores metodologías reduccionistas en la medida que se basa en valores instrumentales dentro del enfoque matemático, se debe comprender que, es un instrumento válido y potencial para asignar valores monetarios a las pérdidas o ganancias en el bienestar de las personas frente a cambios en las condiciones de la calidad y cantidad de los recursos naturales existentes en los ecosistemas. Las valoraciones económicas del medio ambiente pueden servir de insumo ante evaluaciones más integrales, que pueden ser complementadas y alimentadas con otros tipos de mediciones, análisis o estimaciones no numéricas desde los enfoques de la biología, ecología o las ciencias sociales.
- A pesar de ser una rama de la Economía relativamente reciente, la Economía Ambiental ha logrado, por medio de la aplicación de sus métodos y metodologías de valoración de los recursos ambientales, tener incidencia en los cuestionamientos de la economía tradicional y la noción de desarrollo basado en el crecimiento económico. Así mismo, los instrumentos microeconómicos utilizados han facilitado la estimación del Valor Económico Total de los recursos ambientales, beneficiando y haciendo parte significativa de los mecanismos para la toma de decisiones de gobiernos, empresas y comunidades, que permite el incentivo del uso eficiente de los recursos ambientales, frente a situaciones de deterioro ambiental en la búsqueda de la preservación de los sistemas naturales.

8. Recomendaciones

- Los correctivos que urgentemente se deben implementar apuntan hacia el manejo en la fuente de contaminación de sustancias metálicas mercurio, plomo y cromo, es decir, en las piscinas de recolección de lixiviados, implementar allí la planta de tratamiento, sería sin duda alguna, una medida de mitigación de contaminación, evitando de esta manera que en época de lluvias sigan rebosándose las piscinas y continúe el vertimiento del lixiviado en la quebrada La Esmeralda y posteriormente, al humedal San Silvestre.
- Exigir a la autoridad ambiental Corporación Autónoma Regional (CAS), que cumpla con la veeduría y seguimiento estricto de las actividades de los rellenos sanitarios municipales en materia de selección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.
- Solicitar a las Administraciones municipales realizar estudios de toxicidad por el consumo de agua contaminada en especies faunísticas y domésticas en el área de influencia del relleno sanitario clausurado La Esmeralda, a fin de conocer el estado de salubridad de los mismos.
- Capacitar a las comunidades en temas relacionados con mecanismos de participación y veedurías ciudadanas que por ley tienen derecho, con el objetivo de ejercer control sobre proyectos u obras que impacten negativamente el medio ambiente.

Referencia

Agüero, A. A., Carral, M., Sauad, J. J., & Yazlle, L. L. (2005). Aplicación del método de valoración contingente en la evaluación del sistema de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Salta, Argentina. Revibec: revista iberoamericana de economía ecológica, 2, 37-44.

Álvarez, G. (2008). Calidad de agua. Foro internacional del Agua.

Amado. J., Rubiños. E., Gavi. F., Alarcón. J., Hernández. E., Ramírez. C., & Salazar. E. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac, Hidalgo, México: Diagnóstico y Predicción. Phyton (Buenos Aires), 75, 71-83.

Arboleda, J. (2008). Manual para la evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. ANEXOS. Medellín, Colombia.

Arribas, M. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. Matronas profesión, 5(17), 23-29.

Arroyo, S. C. P. (2007). Valoración de Impactos Ambientales. Sevilla: INERCO. Consultora GRN. (sf). Metodologías de evaluación del impacto ambiental. Obtenido de http://www.grncl/metodologias%20de%20evaluacion%20del%20impacto%20ambiental %20 capitulo, 203.

Azqueta, D. (1994). Economía ambiental y valoración de espacios naturales en España: primeros resultados. Economistas, (64), 429-434.

Azqueta, D. (2002). Introducción a la economía ambiental. Mc Graw Hill. España.

Balvanera, P., Cotler, H., Aburto, O., Aguilar, A., Aguilera, M., Aluja, M., ... & Ávila, P. (2009). Estado y tendencias de los servicios ecosistémicos. Capital natural de México, 2, 185-245.

Beamonte, E., Bermúdez, J., Casino, A., & Veres, E. (2004). Un indicador global para la calidad del agua. Aplicación a las aguas superficiales de la Comunidad Valenciana. Estadística española, 46(156), 357-384.

Briñez, K. J., Guarnizo, J. C., & Arias Valencia, S. A. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima.

Bueno, E. (2012). Plan de Desarrollo municipio Barrancabermeja 2012- 2015.

Carson, R. T., & Mitchell, R. C. (1993). The value of clean water: the public's willingness to pay for boatable, fishable, and swimmable quality water. Water resources research, 29(7), 2445-2454.

Cayo Velásquez, N. E. (2014). Valoración Económica Ambiental Según La Disponibilidad a Pagar Por El Turismo Rural Vivencial En La Isla Taquile- Perú, 2013. Comunicación, 5(2), 25-34.

Conesa, V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (4ta edición). Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa.

Constanza. R, Darge. R, Groot. R, Farber. S, Grasso. M & Hannon. B. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387(6630), 253.

Contreras, S. N. (2009). Valoración contingente de la calidad del agua en la empresa Guadalupe, Estado de México.

CORANTIOQUIA (2002). Guía de campo para toma de muestras de agua. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia. Medellín, 10 pág.

Cordero. D, Moreno. A, & Kosmus. M. (2008). Manual para el desarrollo de mecanismos de pago/compensación por servicios ambientales. GTZ/Inwent, Lima.

Cristeche, E., & Penna, J. A. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales, 3, 1-55.

De Colombia, C. P. (1991). Constitución política de Colombia. *Bogotá, Colombia: Leyer*, *1*.

De Mosquera, L. Y. M. (1999). Los impactos ambientales y su evaluación. Un ejemplo. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 7, 93-100.

del Milenio, E. E. E. (2005). Strenghthening capacity to manage ecosystems sustainably for human well-being.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística- DANE. (2005). Censo General del 2005. Consulta realizada: 7 de diciembre de 2018. Colombia.

Dominicana. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el comercio y desarrollo. En

Ecosistemas del Milenio (2003). Ecosistemas y bienestar humano: el marco de la evaluación. Resumen. World Resources Institute. Disponible en: http://www.maweb.org/es/Framework.aspx.

Encina, A. M. (2013). Proposición de Lineamientos para la Evaluación Ambiental de un Camino al Interior de un Área Protegida, caso de Estudio Cuesta El Cepillo, Región Metropolitana (Tesis de Maestría, Universidad de Chile).

EPA (2007). Reporte de calidad del agua potable. Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories EPA 822-R-04-005.

Errázuriz, F. (2004). Cálculo de disposición a pagar por sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales de Chile usando el método de valoración contingente. Pontificia Universidad católica de Chile facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal.

Escobar, L & Gómez, A. (2007) El Valor Económico del Agua para el Riego. Un Estudio de Valoración Contingente. Ingeniería de recursos Naturales y del Ambiente, No. 6. 16-32 p. Universidad del valle. Colombia.

Fernández, M. (2006). Valoración Económica de la Calidad del Agua de la Cuenca Alta del rio Campo Alegre. *Instituto Alexander Von Humboldt*.

Freeman III, A. M. (1993). The measurement of environmental and resource values: theory and methods. Resources for the Future, Washington D.C.

García, I., & Dorronsoro, C. (2005). Contaminación por Metales Pesados en Tecnología de Suelos. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola.

Giacometti, J., & Bersosa, F. (2006). Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi. Boletín técnico, 6, 17-32.

Gómez. A., Villalba. A., Acosta. G., Castañeda. M., & Kamp, D. (2004). Metales pesados en el agua superficial del Río San Pedro durante 1997 y 1999. Revista internacional de contaminación ambiental, 20(1), 5-12.

Goodland, R., & Daly, H. (1996). Environmental sustainability: universal and non-negotiable. Ecological applications, 6(4), 1002-1017.

Hek. S, Kiersch. B & Mañon. A. (2004). Aplicación de Pagos por Servicios Ambientales en manejo de Cuencas Hidrográficas: lecciones de experiencias recientes en América Latina. Comunicación presentada al Taller en Pago por servicios Ambientales. Barcelona, septiembre.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación.

Herrador, D. & Dimas, L. (2001). Valoración económica del agua para el área metropolitana de San Salvador. PRISMA.

Ibarrarán. M., Islas. I. y Mayett. C. (2003). Valoración económica del impacto ambiental del manejo de residuos sólidos municipales: estudio de caso. Gaceta Ecológica; 67: 69-82.

IDEAM (2002). Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Aguas Subterráneas. Bogotá. Colombia.

IDEAM y Ministerio de Ambiente. (2018). Estudio Nacional del Agua (ENA-2018).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM. (2011). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM (2018). Reporte de Avance del Estudio Nacional del Agua ENA 2018. Bogotá, D.C. 56 pg.

ISO- NTC. 14001. (2015). Sistema de Gestión Ambiental. Requisitos con orientación para su uso (ISO 14001: 2015).

Izko. X. y Burneo. D. (2003). Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos. Oficina Regional para América del Sur de la UICN.

Jiménez. M., Aguarón. J., & Escobar. M. (2001). Metodología científica en valoración y selección ambiental. Pesquisa Operacional, 21(1), 1-16.

Kriström, B., & Riera, P. (1997). El método de la valoración contingente. Aplicaciones al medio rural español. Revista española de economía agraria, 179, 133-166.

Lee, T. R., & Jouravlev, A. (1998). Los precios, la propiedad y los mercados en la asignación del agua.

Lozada, P. T., Vélez, C. H. C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. Revista de Ingenierías: Universidad de Medellín, 8(15), 3.

Machado, K. (2016). Estudio de la disposición a pagar por mejoras en la gestión integral de residuos sólidos urbanos (GIRSU) en la República de Argentina. Inter-American Development Bank.

McNeely, J. A. (1988). Economics and biological diversity: developing and using economic incentives to conserve biological resources. Iucn.

Méndez, M., & Silvestre, J. (1989). Fundamentos de economía. McGraw Hill.

Mendoza, P., & López, V. (2004). Estudio de la calidad del lixiviado del relleno sanitario la esmeralda y su respuesta bajo tratamiento en filtro anaerobio de flujo ascendente piloto. Manizales Colombia.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2003). Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales. Colombia.

Ministerio del Medio Ambiente (2002). Guía Ambiental para los rellenos sanitarios. Bogotá.

Naciones Unidas New York, Ginebra: Naciones Unidas.

Naciones Unidas. (2006). Bienes y servicios ambientales en América Central, Cuba y República

Narváez, S. (2009) Valoración Contingente de la Calidad del Agua en la Presa Guadalupe, Estado de México.

Osorio, J. & Correa, F. (2004). Valoración económica de costos ambientales: Marco conceptual y métodos de estimación. Semestre económico, 7(13).

Oviedo, H. C., & Arias, A. C. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. Revista colombiana de psiquiatría, 34(4), 572-580.

Pearce, D. W., & Moran, D. (1994). The economic value of biological diversity. London, Earthscan.

Pearce, D. W., & Turner, R. K. (1990). Economics of natural resources and the environment. JHU Press.

Pedraza, J. (2014). Evaluación de la calidad del agua del humedal Ciénaga Juan Esteban, utilizando la metodología BMWP/Col. Comuna 4, municipio de Barrancabermeja. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga.

Perea, A. & Serrano, A. (2006). Valoración económica de los impactos socioeconómicos y ambientales ocasionados por el manejo de los residuos sólidos urbanos en el relleno sanitario “La Esmeralda” del municipio de Barrancabermeja: Aplicación del Método Multicriterio. Universidad Industrial de Santander Escuela de Economía y Administración Facultad de Humanidades, Bucaramanga.

Pérez, G. R. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. Academia Colombiana de Ciencia, 23(88), 375-387.

PNUMA, ONU. (1992). Agenda 21. Río de Janeiro, Brasil. www. rolac. unep. mx.

Porras, Á. C. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 9(17), 41-49.

Porras, I. (2003). Valorando los servicios ambientales de protección de cuencas: consideraciones metodológicas. Foro Regional Sistemas de Pago por Servicios Ambientales en Cuencas Hidrográficas, 9.

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 10(1).

Pulido, M., Ávila de Navia. S. y Estupiñán., S. (2018). Toma, Análisis y presentación de resultados de muestras de la calidad de agua de los diferentes cuerpos hídricos del municipio de Barrancabermeja.

Quintero, C. (2018). Toma, Análisis y presentación de resultados de muestras de la calidad de agua de los diferentes cuerpos hídricos del municipio de Barrancabermeja.

Riera, P. (1994). Manual de valoración contingente. Ministerio de Economía y Hacienda, Instituto de Estudios Fiscales.

Rodríguez D. A. (2005). Estudios de impacto ambiental: guía metodológica (No. 363.7 R6E8).

Rojas, R. (2002). Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima: CEPIS/OPS.

Rondón, I. G., & Díaz, S. R. (2012). Apuntes teóricos sobre la definición y clasificación de los servicios medioambientales. *Desarrollo local sostenible*, (14).

Ruiz, J. (2007). Servicios ambientales, agua y economía. Revista de ingeniería, (26), 93-100. Universidad de los Andes, Colombia.

Salazar, S., & Suárez, C. (1998). El valor de uso recreativo de espacios naturales protegidos: aplicación del método de valoración contingente al Parque Natural de L'Albufera. Economía Agraria. (182), 239-272.

Salgado, H., González, C., Sueiro, J. C., & de la Puente, S. (2015). Estimación del Valor Económico Total (VET) de los Bienes y Servicios Ecosistémicos del Gran Ecosistema Marino de la Corriente de Humboldt (GEMCH).

Sanjurjo, E. (2006). Aplicación de la metodología de Valoración Contingente para determinar el valor que asignan los habitantes de San Luís Río Colorado a la existencia de flujos de agua

en la zona del Delta del Río Colorado. Documento de investigación. Dirección de Economía Ambiental. Instituto Nacional de Ecología, (10 de abril de 2007). México.

Sanjurjo, E., & Islas, I. (2007). Valoración económica de la actividad recreativa en el río Colorado. Región y sociedad, 19(40), 147-172.

Secretaría de Salud. (2015; 2016; 2017). Análisis de los Eventos de Notificación Obligatoria (ENO) reportados al SIVIGILA (Sistema Nacional de Vigilancia en Salud Pública) padecidos por usuarios residentes en el municipio de Barrancabermeja.

Serna. C. (2013). Valoración contingente de la erosión de los suelos de la zona cafetera central de Colombia.

Terán. S, P. T. (2017). Valoración económica del servicio estético y recreativo de los tiburones endémicos del Parque Nacional Galápagos para la actividad turística de buceo (Bachelor's thesis, PUCE).

Toasa, A. (2015). Valoración ecológica del recurso hídrico de tres vertientes de la quebrada Oreja del Diablo del cantón Mocha (Master's thesis). Chile.

Ugarte Díaz, C. (2000). Determinación del costo de producción de agua del bosque de Uyuca utilizando el método de valor esperado de la tierra. Tesis (Ingeniero Agrónomo) Escuela Agrícola Panamericana.

Umbría, I., Trezza, R., & Jégat, H. (2009). Uso, manejo y conservación del agua un problema de todos. Conservación del agua-ACADEMIA, 7(14), 18-26.

Vásquez Lavín, F., Cerda Urrutia, A., & Orrego Suaza, S. (2007). Valoración económica del ambiente (No. 333.714 V335). Thompson Learning.

Velasco, M. (1996). La regresión logística. Una aplicación a la demanda de estudios universitarios. Estadística española, 141. 193-217 p.

Villanueva, M. C., & Esquivel, R. P. (2012). Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas. Apuntes de Ciencia & Sociedad, 2(2).

Apéndices

Apéndice A. Posibles Repercusiones en Salud por Ingesta o Contacto Directo de Metales Pesados.

Elementos	Repercusiones en salud por ingesta o contacto directo	Tipo de exposición	Sintomatología	Referencias
Cromo	Efectos respiratorios	Exposición puntual	Irritación en las mucosas	Rangel, Castellanos y Maldonado, (2014)
		Exposición Intermedia o crónica	Epistaxis, rinorrea crónica, prurito, dolor nasal, perforaciones y ulceración del tabique nasal, bronquitis, neumoconiosis, disminución de la función pulmonar, asma y neumonía	
	Efectos Gastrointestinales	Exposición oral	Dolor abdominal, vómito, ulceración gastrointestinal, hemorragia, necrosis y diarrea con sangre.	
	Efectos dérmicos	Exposición directa/ crónica no controlada	Irritación, quemaduras, úlceras y dermatitis	
	Efectos reproductivos	Exposición directa/ crónica no controlada	Disminución en conteo de espermas y su movilidad, incremento significativo de espermas morfológicamente anormales y altas incidencias de complicaciones durante embarazos	

Elementos	Repercusiones en salud por ingesta o contacto directo	Tipo de exposición	Sintomatología	Referencias
	Efectos oculares	Contacto directo	Daños a la córnea y cicatrices, congestión en el tejido conjuntivo, quemaduras, irritación en los ojos y comezón y dermatitis en parpado.	
	Genotoxicidad		Rupturas de enlaces de ADN, aberraciones cromosómicas, aumento en el intercambio de cromátidas hermanas, síntesis espontánea de ADN, cruces entre ADN y proteína son algunas de las consecuencias derivadas de la exposición.	
	Cáncer	Exposición oral	Desarrollo de cáncer en el tracto respiratorio, principalmente de índole nasal y broncogénico.	
Mercurio	Sistema nervioso centra		Vértigo, alteraciones vasomotoras, ataxia, temblores musculares e insensibilización de las extremidades.	Hardisson, (1981) Sierra y Hardisson, (1991)
	Aparato digestivo		Aumento de salivación, gingivitis o estomatitis mercurial, náuseas, vómitos y diarreas.	Rubio, (2009)
	Aparato génitourinario		Alteraciones renales con proteinuria, hematuria y anuria	
	Aparato respiratorio		Rinitis	Romero, Álvarez Toste2 y Álvarez, (2007)

Elementos	Repercusiones en salud por ingesta o contacto directo	Tipo de exposición	Sintomatología	Referencias
Plomo	Niños		Retardo físico o mental Déficit de atención Trastornos en el aprendizaje Desarrollo psicomotor Enfermedades neurológicas	Romero, Álvarez Toste y Álvarez, (2007)
	Adultos		Trastornos renales Hipertensión arterial Inhibición de enzimas Cambios Morfológicos Muerte	Prieto et. Al, (2009).
			Alteración en número de espermatozoides Efectos en desarrollo de embarazo	WHO, (1995)

Apéndice B. Partes principales o aspectos relevantes de los instrumentos de valoración contingente

Partes principales en los instrumentos de valoración Contingente	
Descripción del Bien a Evaluar, el Escenario o Mercado Hipotético	En esta sesión se requiere conocer información acerca de la variación del servicio que se analiza, es necesario evaluar el punto de partida, la dimensión de la modificación, las repercusiones, los causantes y el instrumento de pago que se utilizará (Ibarrarán, Islas y Mayett, 2003). Respecto al mercado hipotético, Pearce y Morán (1994), sugieren la realización de la descripción (hipotética) del bien o servicio ofertado, para ello presenta a los encuestados información de la disposición (en tiempo) de cuando el servicio será ofrecido, adicionalmente, muestra los posibles responsables de ofrecer el bien o servicio, las características respecto a la calidad, los beneficios y las posibilidades de mejora en que incurren los demandantes del bien o servicio propuesto.
Mercado Hipotético, Disposición a Pagar (DAP) y la Disposición a Aceptar (DAA)	La Metodología de Valoración Contingente requiere del planteamiento de un mercado hipotético, en el que el entrevistado se enfrenta a una posible solución de la problemática, si bien es cierto, no es necesario la ejecución del anterior, el ejercicio de valoración contingente simula un escenario equivalente a un mercado real y contiene sus elementos de oferta (entrevistador) y demanda (entrevistado). El mercado hipotético creado permite conocer las preferencias de los usuarios respecto a los cambios ambientales previstos y, en última instancia, el valor económico que el usuario medio otorga al bien o servicio ambiental en cuestión (Mitchel y Carson, 1989; Riera, 1994). Según el carácter del recurso a evaluar, se debe establecer si se va a realizar la estimación de la DAP o la DAA. El concepto de DAP se basa en la máxima cantidad del ingreso que una persona estaría dispuesta a pagar por un mejoramiento en su nivel de utilidad, debido a la mejora en la cantidad del bien público en cuestión o por evitar que su bienestar disminuya (Pearce y Turner, 1995; Contreras, 2009), mientras que al referirse a la DAA de los individuos, se refiere a la mínima cantidad que está dispuesto a aceptar a cambio de una disminución en su bienestar debido al empeoramiento de la calidad de un bien o servicio público. Teóricamente las dos medidas no deberían tener grandes diferencias, pese a ello, en la práctica se ha encontrado que las cantidades son mayores cuando se pide lo que cobrarían los individuos en compensación que cuando se pide lo que pagarían por disfrutar de un bien o servicio ambiental (Ibarrarán, Islas y Mayett, 2003). Field (1995), afirma que la diferencia de las

Partes principales en los instrumentos de valoración Contingente

dos mediciones recae en la asignación inicial de derechos de propiedad: cuando un individuo considera que le corresponde cierta calidad del bien, no estará dispuesto a perder ese derecho (Field, 1995 citado en Ibarrarán, Islas y Mayett, 2003).

Es necesario preguntar por las características personales, es decir, particulares del entrevistado que pueden incurrir en la respuesta o aceptación del pago. Para realizar las preguntas mediante las cuales se obtiene el valor de la DAP o DAA existen diversos mecanismos. Riera (1994), expone las principales modalidades de DAP. Para ello, los investigadores pueden realizar la pregunta esperando obtener valores continuos o discretos. El formato típico consiste en preguntar directamente por la máxima disposición a pagar (o mínima disposición a aceptar) en dinero por la compensación por un bien, así el individuo apunta a una cantidad cualquiera de dinero (formato abierto o continuo). El formato abierto tiene grandes problemáticas referentes al número de no respuestas o de presentar respuestas protestas, además, los datos obtenidos resultan a presentar dispersión en las cantidades.

Otro formato de pregunta de la DAP se encuentra bajo la modalidad del tanteo, se parte de un precio indicativo se presenta al entrevistado alrededor de dos preguntas para finalmente, realizarle la pregunta abierta. Muchos investigadores argumentan que esta modalidad reduce la dificultad de otorgarle un precio a un bien o servicio que no se ha podido comprar en el mercado con anterioridad, adicionalmente, reduce la dispersión de los datos. Una variante del formato del tanteo, es el tanteo continuo. Se realiza la pregunta al entrevistado, otorgándole un valor al cual estaría dispuesto a pagar, si la respuesta era afirmativa, se volvía a realizar la pregunta con un precio más alto y así sucesivamente hasta llegar al valor máximo de la DAP. Pese a que esta modalidad resultaba más asertiva, el problema que presenta es el excesivo número de preguntas que puede contener (Riera, 1994).

Riera (1994), añade que, para evitar los problemas de formato de tanteo, dentro de los valores continuos, se ha propuesto la adopción de rangos. Esta alternativa sugiere presentar al entrevistado un gráfico con una escala numérica, la persona entrevistada debe señalar su máxima DAP. Si bien esta opción reduce los sesgos del punto de partida, introduce nuevos sesgos referentes a los valores extremos de los rangos. Finalmente, dentro de las alternativas de formato discreto, se encuentra la respuesta dicotómica. En esta modalidad, se establece un precio a pagar y se pregunta al entrevistado si estaría dispuesto a pagar por el bien en cuestión. Esta alternativa, se asimila al mercado cotidiano (Pearce y Moran, 1994; Riera, 1994).

Partes principales en los instrumentos de valoración Contingente	
Vehículo de pago	Sanjurjo e Islas (2007), argumentan que los encuestados deben tener claro la manera como se va a realizar el cobro del monto económico que se encuentran dispuestos a pagar por la aceptación del mercado hipotético. Adicionalmente, dichos autores aseguran que dentro de los vehículos de pagos más habituales se encuentra el aumento porcentual de algún tipo de impuesto (impuesto predial, por ejemplo), el precio de entrada a algún sitio (en el caso de los servicios recreativos) y el incremento porcentual del servicio de agua potable; el impuesto o pago adicional, permite utilizar el dinero en un programa específico para evitar alteraciones o restaurar ecosistemas.
Respuesta protesta	Las respuestas protestan hacen referencia a una respuesta de valor=0 dada por el encuestado en el momento de realizarle la pregunta de valoración, sin embargo, Tobarra (2014) afirma, que este suceso no responde a una autentica disposición a pagar nula; por el contrario, responde a un tipo de desacuerdo con el planteamiento o solución que se ha formulado.
Características Socioeconómicas y Demográficas	En este punto, se relacionan las variables independientes con la respuesta de la DAP. En estudios anteriores se han identificado los ingresos familiares, la edad del entrevistado, el nivel de escolaridad, sexo, nivel de conocimiento del recurso o problema, tamaño de la familia, y la disposición en participación en proyectos de desarrollo como los principales determinantes de la DAP (Suarez, 2000).

Apéndice C. Comparación de Resultados y Criterios Admisibles

Parámetro	Método	Resultados	Decreto 1076/2015: Riterios de Calidad Admisibles para la Destinación del Recurso para Fines:						
			Consumo Humano y doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario	Recreativos		Preservación de
			Sólo tratamiento convencional	Sólo requiere desinfección			Contacto primario	Contacto secundario	Agua cálida dulce
pH (unidades de pH)	Potenciométrico / SM 4500-H+ B	8,39	5 a 9 unidades	6,5 a 8,5 unidades	4,5 a 9 unidades		5 a 9 unidades	5 a 9 unidades	4,5 a 9 unidades
Cobre (mg Cu/L)	Absorción Atómica / SM 3111B	<0,068	1.0	1.0	0,2	0,5			0,1
Níquel (mg Ni/L)	Absorción Atómica / SM 3111B	<0,016			0,2				0,01
Cromo (mg Cr /L)	Absorción Atómica / SM 3111B	**<0,05**	**0,05**	**0,05**	0,1	1.0			**0,01**
Mercurio (mg Hg/L)	Absorción Atómica/Generación de Hidruros/SM 3114 C y SM 3112 B	**0,276**	**0,002**	**0,002**		**0,01**			**0,01**
Plomo (mg Pb /L)	Absorción Atómica / SM 3111B	**0,06**	**0,05**	**0,05**	5.0	0,1			**0,01**

Parámetro	Método	Resultados	Decreto 1076/2015: Riterios de Calidad Admisibles para la Destinación del Recurso para Fines:						
			Consumo Humano y doméstico		Uso agrícola	Uso pecuario	Recreativos		Preservación de
			Sólo tratamiento convencional	Sólo requiere desinfección			Contacto primario	Contacto secundario	Agua cálida dulce
Sulfatos (mg SO4 -2 /L)	Turbidimétrico / SM 4500- O4 -2 E	8,24	400.0	400					
Fósforo Total (mg P/L)	Espectrofotométrico / SM 4500 P	0,56							

Apéndice D. Modelo de Encuesta a Población Directamente Afectada

ENCUESTA DE VALORACIÓN ECONOMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES

RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA

Hola, buen día. Le hablo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y en esta ocasión estamos realizando un estudio sobre los costos ambientales producto de la generación de lixiviados del Relleno Sanitario clausurado La Esmeralda. ¿Me podría atender para hacerle unas preguntas? Nos interesa conocer su opinión respecto a algunas problemáticas ambientales en Barrancabermeja y su área rural.

1. Género: F ___ M ____

2. Edad: ___ años.

3. Ocupación: _____

3.1 Jefe de Hogar: Si ___ No ___ **3.2 Nivel de escolaridad del encuestado**: _____

4. ¿Cuántas personas conforman su hogar? _____ personas.

5. ¿Cuántos niños menores de 12 años hay en su hogar? _____ niños.

6. ¿Cuántas personas de tercera edad hay en su hogar? _____ adultos mayores.

7. Considera importante el medio ambiente en su vida cotidiana?

a) Si ___

b) No ___

8. De los siguientes problemas ¿cuál es el que más le preocupa?

a) La contaminación del aire

b) Contaminación del suelo

c) Contaminación del recurso agua

d) Todos

e) Ninguno/ otros: _____

9. ¿Considera que la calidad del agua de la quebrada La Esmeralda es?

a) Buena ___

b) Regular ___

c) Mala ___

d) No sabe ___

10. ¿Cuál de las siguientes causas considera que contribuye más a la contaminación del agua?

a) Actividades productivas agropecuarias ___

b) Descarga de basuras ___

c) Actividades relacionadas con extracción ___

d) Contacto de lixiviados provenientes del Relleno Sanitario clausurado ___

e) Otras ___ ¿Cuál? _____

11. ¿Considera usted que la puesta en marcha, la operación y cierre del Relleno Sanitario la esmeralda fue?

a) Adecuada ___ ¿Por qué? _____

b) Inadecuada ___ ¿Por qué? _____

12. ¿Considera usted que el causante de la contaminación debe compensar las afectaciones causadas por sus actividades sobre la quebrada La Esmeralda?

a) Si ___

b) No ___

13. ¿Cuánto considera que debería ser el monto mensual/anual que deben pagar por dicha contaminación?

_____

14. Actualmente, ¿usted tiene contacto con el agua de la quebrada La Esmeralda?

a) Si ___

b) No ___

15. ¿Con qué frecuencia utiliza el agua de la quebrada?

a) Todos los días ___

b) 1 vez a la semana ___

c) 1 vez al mes ___

d) Esporádicamente ___

16. ¿Para qué usos destina esta agua?

a) Consumo humano ___

b) Abrevadero para ganado ___

c) Riego de plantas o cultivos ___

d) Oficios del hogar ___

e) Otro ___ ¿Cuál? _____

17. Aproximadamente ¿cuántos litros de agua utiliza de la quebrada?

a) entre 1 a 5 Litros ___

b) entre 5 a 10 Litros ___

c) 10 a 20 litros ___

d) más de 10 litros ___

18. ¿Sabía usted que en este momento aún puede haber presencia de contaminantes en el agua de la quebrada?

a) Si ___

b) No ___

19. ¿Quiénes considera que pueden ser los principales afectados de la contaminación de la quebrada?

a) Las personas ___

b) Los animales ___

c) Los cultivos o plantas ___

d) Otro ___ ¿Quién? _____

20. ¿Considera que puede haber afectaciones en la salud de las personas o de los animales producto de la utilización del agua de la quebrada?

a) Si ___

b) No ___

21. ¿Considera que es importante limpiar la quebrada?

a) Si ___

b) No ___

22. En el último año ¿usted o su familia ha presentado enfermedades relacionadas con dermatitis alérgica, enfermedades Diarreicas Agudas (EDAS), déficit de atención en niños, trastornos renales o hipertensión?

Si ___ ¿Cuál? _____

No ___

23. ¿Cuándo se siente enfermo usted o su familia acude a qué centro de salud? _____

24. ¿Cuenta con servicios?

a) EPS___ b) Particulares ___ c) Servicios médicos pre-pagados___ d) Otros ___ ¿Cuáles? _____

25. ¿Se siente conforme con los servicios recibidos por su centro de salud?

a) Si ___

b) No ___

26. ¿Cuántos son los gastos aproximados en consultas médicas mensuales de su familia?

a) Entre 5000 a 15000 pesos ___

b) Entre 15000 a 25000 pesos ___

c) desde 25000 pesos en adelante ___

27. ¿Cuántos son los gastos aproximados en medicamentos mensuales de su familia?

a) Entre 5000 a 15000 pesos ___

b) Entre 15000 a 25000 pesos ___

c) desde 25000 pesos en adelante ___

28. ¿Ha percibido cambios en el crecimiento y/o desarrollo de los cultivos?

Si ___ ¿Cuáles? _____

No ___

29. Debido a las alteraciones en la salud de las personas, animales y plantas es posible considerar una solución que mitigue la contaminación en la Quebrada La Esmeralda, estaríamos hablando de una planta que aplique procesos químicos eficientes para mejorar la calidad de agua que llega a su vivienda. Este cambio le parece:

a) Muy adecuado ___ b) Adecuado ___ c) Inadecuado ___ d) Indiferente ___

30. Con esta menor contaminación del agua, también se reducen los riesgos de presentar enfermedades para su familia y sus animales. Teniendo en cuenta que la población de esta zona es la afectada directamente por dicha contaminación, ¿estaría usted y su familia dispuestos a contribuir monetariamente a la causa?

a) Si ___

b) No ___

31. En algunos países ya se realiza el cobro por preservar o mejorar la calidad del agua de las fuentes hídricas pensando en los usos de generaciones futuras ¿con qué considera se debe hacer relación a los precios pagados por las familias?

a) Con el número de personas que conforman el hogar ___

b) Con los litros de agua que utilizan de la quebrada ___

c) Con el nivel de ingresos de la familia ___

d) Otro ___ ¿Cuál? _____

32. Teniendo en cuenta la información anterior, ¿Cuál sería el monto dispuesto a pagar por el mejoramiento y/o la preservación de la calidad de agua de la quebrada? _____

33. Para finalizar, ¿me podría brindar información aproximada de los ingresos familiares?

a) Menos de 1 SMLV

b) entre 1 y 2 SMLV

c) 2 y 3 SMLV

d) de 3 SMLV en adelante

34. En cuanto a sus gastos en pago de vivienda, servicios, salud, alimentación, entre otros, ¿cuál sería un aproximado de los egresos de su familia mensual?

a) Menos de 1 SMLV

b) entre 1 y 2 SMLV

c) 2 y 3 SMLV

d) de 3 SMLV en adelante

35 ¿Desea manifestar alguna opinión respecto a la contaminación de lixiviados? ¿Algún comentario adicional?

_____

_____-

_____

Hemos terminado. Muchas gracias por su colaboración, es usted muy amable.

Datos a rellenar por el entrevistador:

Fecha: _____

Municipio: _____

Estrato: _____

Último pago servicio acueducto: _____

Hora: _____

Declaración del entrevistador:

Certifico que yo personalmente he concluido esta entrevista y que he respondido el cuestionario conforme las respuestas indicadas durante la entrevista. Me comprometo a no divulgar la información recibida, ni los datos personales de esta persona.

Nombre: _____ Firma: _____

Apéndice E. Modelo de Encuesta a Población Directamente Afectada

ENCUESTA DE VALORACIÓN ECONOMICA DE SERVICIOS AMBIENTALES

RELLENO SANITARIO LA ESMERALDA

Hola, buen día. Soy estudiante de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas y en esta ocasión estamos realizando un estudio sobre los costos ambientales producto de la generación de lixiviados del Relleno Sanitario clausurado La Esmeralda. Nos interesa conocer su opinión respecto a algunas problemáticas ambientales en Barrancabermeja y su área rural.

1. Género: F ___ M ____

2. Edad: ___ años.

3. Ocupación: _____

3.1 Jefe de Hogar: Si ___ No ___ **3.2 Nivel de escolaridad del encuestado**: _____

4. ¿Cuántas personas conforman su hogar? _____ personas.

5. ¿Cuántos niños menores de 12 años o personas mayores de 65 años hay en su hogar? Niños___ 3edad__

6. Considera importante el medio ambiente en su vida cotidiana?

a) Si ___

b) No ___

7. De los siguientes problemas ambientales ¿cuál es el que más le preocupa?

a) La contaminación del aire

b) Contaminación del suelo

c) Contaminación del recurso agua

d) Todos

e) Ninguno/ otros: _____

8. ¿Considera que la calidad de los cuerpos de agua en el municipio es?

a) Buena ___

b) Regular ___

c) Mala ___

d) No sabe ___

9. ¿Cuál de las siguientes causas considera que contribuye más a la contaminación del agua?

a) Actividades productivas agropecuarias ___

b) Descarga de basuras ___

c) Actividades relacionadas con extracción ___

d) Contacto de lixiviados provenientes del Relleno Sanitario clausurado ___

e) Otras ___ ¿Cuál? _____

10. ¿Quién considera que es el principal causante de la contaminación de los cuerpos de agua? **_____**

11. ¿Cree que actualmente existe manera de recuperar la calidad del agua de las quebradas, ciénagas y ríos del municipio?

a) Si ___

b) No ___

12. ¿Considera usted que el causante de la contaminación debe compensar económicamente las afectaciones causadas por sus actividades sobre las aguas?

a) Si ___

b) No ___

13. ¿Cuánto considera que debería ser el monto mensual/anual que deben destinar para lograr la recuperación o estado natural del recurso?

_____

14. ¿Conoce los cuerpos de agua que nutren la ciénaga San Silvestre?

a) Si ___

b) No ___

15. Actualmente, ¿usted o su familia tienen contacto con los cuerpos de agua que nutren la ciénaga San Silvestre?

a) Si ___

b) No ___ Pasar a la pregunta 19

16. ¿Con qué frecuencia utilizan estas aguas?

a) Todos los días ___ b) 1 vez a la semana ___

c) 1 vez al mes ___ d) Esporádicamente ___

17. ¿Para qué usos destina esta agua?

a) Consumo humano ___

b) Abrevadero para ganado ___

c) Riego de plantas o cultivos ___

d) Oficios del hogar ___

e) Otro ___ ¿Cuál? _____

18. Aproximadamente ¿cuántos litros de agua utiliza de la quebrada?

a) entre 1 a 5 Litros ___

b) entre 5 a 10 Litros ___

c) 10 a 20 litros ___

d) más de 20 litros ___

19. ¿Sabía usted que en este momento aún puede haber presencia de contaminantes producto de los lixiviados del relleno sanitario clausurado en la quebrada que nutre la ciénaga San Silvestre?

a) Si ___

b) No ___, Pasar a la pregunta 21.

20. ¿Quiénes considera que pueden ser los principales afectados de la contaminación de la quebrada?

a) Las personas ___

b) Los animales ___

c) Los cultivos o plantas ___

d) Otro ___ ¿Quién? _____

21. ¿Considera que puede haber afectaciones en la salud de las personas o de los animales debido a la utilización del agua que proviene de la quebrada y que luego tributa a la ciénaga San Silvestre?

a) Si ___

b) No ___

22. ¿Estaría dispuesto a participar en campañas o actividades que busquen la recuperación del estado natural de la quebrada la Esmeralda y/o a la Ciénaga San Silvestre?

a) Si ___

b) No ___

23. ¿Estaría dispuesto a aportar un monto adicional (diferente al pago por servicio del agua) para la recuperación y conservación de las quebradas que nutren la ciénaga?

a) Si ___

b) No ___

24. ¿Cuánto sería esa contribución adicional que pagaría al mes? _____

25. ¿Cuánto es actualmente el pago por el servicio del agua en su hogar? _____

26. En el último año ¿usted o su familia ha presentado enfermedades relacionadas con dermatitis alérgica, enfermedades Diarreicas Agudas (EDAS), déficit de atención en niños, trastornos renales o hipertensión, o algún tipo de cáncer?

Si ___ ¿Cuál? _____

No ___

27. ¿Cuándo se siente enfermo usted o su familia acude al centro de salud? _____

28. ¿Cuenta con servicios médicos?

a) EPS___ b) Particular___ c) SM pre-pagados___ d) Sisben ___ e) Otro ___ ¿Cuál? _____

29. ¿Se siente conforme con los servicios recibidos por su centro de salud?

a) Si ___

b) No ___

30. ¿Cuántos son los gastos aproximados en consultas médicas mensuales de su familia?

a) Entre 5000 a 15000 pesos ___ b) Entre 15000 a 25000 pesos ___ c) desde 25000 pesos en adelante ___

31. ¿Cuántos son los gastos aproximados en medicamentos mensuales de su familia?

a) Entre 5000 a 15000 pesos ___ b) Entre 15000 a 25000 pesos ___ c) desde 25000 pesos en adelante ___

32. Debido la preocupación por la calidad de agua que llega a los domicilios de Barrancabermeja, es posible considerar la implementación de una planta de tratamiento ubicada en la fuente de contaminación que se da por el contacto con lixiviados en la Quebrada La Esmeralda, y posteriormente tributa a la ciénaga san silvestre, el objetivo sería disminuir la presencia de elementos tóxicos que producen enfermedades en el Corto y largo Plazo de las personas. La planta utilizaría procesos químicos eficientes para mejorar la calidad del recurso y lograría llegar a las viviendas un agua de mejor calidad y potable que podría ser utilizada para diferentes usos sin representar peligro para la salud. Esta posibilidad le parece:

a) Muy adecuado ___ b) Adecuado ___

c) Inadecuado ___ d) Indiferente ___

33. En la medida que se garantice la potabilización del agua, que a su vez representa una disminución del riesgo de provocar enfermedades para usted y su familia, ¿estaría dispuesto a contribuir monetariamente en la implementación de la planta de tratamiento del agua de la quebrada La Esmeralda?

a) Si ___

b) No ___

34. Cree que el pago por el mejoramiento de la calidad del servicio del agua debe ser de manera voluntaria o debería existir una tasa o precios establecidos? _____

35. En caso de considerar que se deben establecer tasas o precios para el mejoramiento de la calidad y potabilización del agua, ¿con qué considera se debe relacionar los precios pagados por las familias?

a) Con el número de personas que conforman el hogar ___

b) Con los litros de agua que consumen al mes ___

c) Con el nivel de ingresos de la familia ___

d) Otro ___ ¿Cuál? _____

36. Teniendo en cuenta lo anterior, ¿Cuál sería el monto dispuesto a pagar adicional por el mejoramiento de la calidad del agua que llega a su domicilio?

a) 5.000 ___ b)10.000 ___ c) 20.000 ___ d) 30.000 ___ e) 40.000 ___

37. Para finalizar, ¿me podría brindar información aproximada de los ingresos familiares?

a) Menos de 1 SMLV

b) entre 1 y 2 SMLV

c) 2 y 3 SMLV

d) de 3 SMLV en adelante

38. En cuanto a sus gastos en pago de vivienda, servicios, salud, alimentación, entre otros, ¿cuál sería un aproximado de los egresos de su familia mensual?

a) Menos de 1 SMLV

b) entre 1 y 2 SMLV

c) 2 y 3 SMLV

d) de 3 SMLV en adelante

39. ¿Desea manifestar alguna opinión respecto a la contaminación de lixiviados? ¿Algún comentario adicional?

_____

Hemos terminado. Muchas gracias por su colaboración, es usted muy amable.

Declaración del entrevistador: Certifico que yo personalmente he concluido esta entrevista y que he respondido el cuestionario conforme las respuestas indicadas durante la entrevista. Me comprometo a no divulgar la información recibida, ni los datos personales de esta persona.

Apéndice F. Alpha Cronbach

alpha DispuestoPagarA Sexo edad NivelEstudios CausanteContaminacion PerceExisteContaminantes AfecPersonas ParticipaRecuperacion EnferemedadesCAgua PrecioAgua EnferemdadesCAgua SaludPercepBuena RGastoMedic PercepProyecto IngresosFami EgesosFami Estrato , std item

Test scale = mean(standardized items)

			average			
			item-test	**item-rest**	**interitem**	
Item	**Obs**	**Sign**	**correlation**	**correlation**	**correlation**	**alpha**
DispuestoPagarA	291	+	0,321	0,1234	0,0444	0,7109
Sexo	291	+	0,249	0,0474	0,0481	0,7311
Edad	291	+	0,3269	0,1325	0,0441	0,7088
NivelEstudios	291	+	0,3557	0,1662	0,0426	0,7202
CausanteConta	291	-	0,2033	0,001	0,0505	0,7239
PerceExisteConta	291	+	0,4991	0,3252	0,0354	0,6527
AfecPersonas	291	+	0,51	0,3381	0,0347	0,6505
ParticipaRecupera	291	+	0,3948	0,2027	0,0408	0,6895
EnfermedadCAgua	291	+	0,277	0,0771	0,047	0,7252
PrecioAgua	289	-	0,1636	0,0418	0,052	0,7516
SaludPercepBuena	291	-	0,1875	-0,0153	0,0515	0,7288
RGastoMedic	291	+	0,4185	0,2321	0,0394	0,781
PercepProyecto	291	-	0,3018	0,1035	0,0455	0,7171
IngresosFami	291	+	0,3702	0,1818	0,0419	0,6962
EgresosFami	291	+	0,3278	0,1333	0,0441	0,7088
Estrato	128	+	0,2616	0,0968	0,0455	0,7168
Test scale					**0.0442**	**0.7144**

Fuente: Elaboración propia.

Apéndice G. Resultados de Laboratorio

LQCI	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	**Código:** F-PA-02	Universidad Industrial de Santander
	POST-ANALITICO	**Versión:** 06	
	INFORME DE RESULTADOS	**Fecha:** 2016/06/08	
		Página 1 de 2	

IDEAM

"Acreditación por el IDEAM según la Resolución No. 1111 de 2015 y Resolución 0921 de 2016, en los parámetros pH, DBO_5, DQO, SST, fenoles, SAAM, grasas y aceites, hidrocarburos en aguas, metales totales y disueltos en aguas, pH y metales totales en suelos, TCLP en residuos peligrosos y toma de muestras puntuales y compuestas"

"Autorización del Ministerio de la Protección Social, mediante la resolución 1615 de 2015, para la realización de análisis físicos, químicos y microbiológicos al agua para consumo humano"

Informe de resultados No.	**I-17-756**	**Fecha de emisión:**	Diciembre 28 de 2017
Cliente:	**Ingeniero JAIRO PEDRAZA ALVAREZ**		
Dirección del cliente:	Barrancabermeja		
Solicitud de servicio No.	17-640	**No. de muestras:**	01
Fecha de recepción de las muestras:	Diciembre 06 de 2017		
Muestras recibidas por:	Amparo López		
Fecha de análisis:	Diciembre 06 de 2017 – Diciembre 22 de 2017		

1. ANALISIS FISICOQUIMICO

Codificación de la Muestra:	17-640-01	**Tipo de muestra:**	Puntual
Identificación de la muestra:	**MUESTRA 1**		
Matriz de la muestra:	Agua Cruda		
Muestreo realizado por:	El Cliente		
Lugar y punto de muestreo:	No Suministrado / No Suministrado		
Fecha del muestreo:	Diciembre 06 de 2017		

PARAMETRO	RESULTADO	METODO
pH (Unidades de pH)	8,39	Potenciométrico / SM 4500-H^+ B
Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg O_2/L)	220	Respirométrico / SM 5210 D
Demanda Química de Oxígeno (mg O_2/L)	344,35	Titrimétrico / Reflujo Cerrado / SM 5520 C
Cobre (mg Cu/L)	<0,068	Absorción Atómica / SM 3111B
Níquel (mg Ni/L)	<0,016	Absorción Atómica / SM 3111B
Cromo (mg Cr /L)	<0,05	Absorción Atómica / SM 3111D
Mercurio (µg Hg/L)	0,276	Absorción Atómica/Generación de Hidruros/SM 3114 C y SM 3112 B
Plomo (mg Pb /L)	0,06	Absorción Atómica / SM 3111B
Sulfatos (mg SO_4^{-2}/L)	8,24	Turbidimétrico / SM 4500- SO_4^{-2} E
Fósforo Total (mg P/L)	0,56	Espectrofotométrico / SM 4500 P

	LABORATORIO QUÍMICO DE CONSULTAS INDUSTRIALES	Código: F-PA-02	
	POST-ANALITICO	Versión: 06	
	INFORME DE RESULTADOS	Fecha: 2016/06/08	
		Página 2 de 2	

Informe de resultados No. I-17-756 **Solicitud de servicio No.** 17-640

Observaciones: Ninguna

Nota 1: Estos resultados son válidos únicamente para las muestras analizadas y reportadas por el laboratorio.

Nota 2: En caso de ser copia del resultado original se realizará la siguiente aclaración: Copia del resultado original.

Estimado cliente: Para nosotros es muy importante conocer sus inquietudes, sugerencias, felicitaciones, quejas y/o reclamos en los servicios prestados por el laboratorio, con el propósito de mejorar nuestros servicios. Le agradecemos que se comunique con el laboratorio, donde un miembro del personal amablemente recibirá su solicitud y pronto estaremos en comunicación con usted para aclarar y/o resolver su requerimiento.

Revisó y aprobó:



Luz Yolanda Vargas Fiallo
Directora del Laboratorio
Química. M.Sc. Química UIS
MP PQ 1144

Elaboró: Amparo López G.

Apéndice H. Muestreo in situ por Triplicado (Época Sequía y Lluvia)

PARÁMETROS			MUESTRA 1			PROMEDIO	Desv. Estándar	MUESTRA 2			PROMEDIO	Desv. Estándar	MUESTRA 3			PROMEDIO	Desv. Estándar
Conductividad	Sonda Multiparamétrica	uS/cm3	207	207	208	207,3	0,58	1152	1151	1152	1151,7	0,58	320	320	319,9	320,0	0,06
Conductividad	Sonda Multiparamétrica	mScmA	214	214,1	214	214,0	0,06	1208	1208	1209	1208,3	0,58	333	334,1	334	333,7	0,61
Oxigeno Disuelto	Sonda Multiparamétrica	ppm	8,97	8,97	8,98	9,0	0,01	18,02	18,01	18,02	18,0	0,01	19,79	19,791	20,1	19,9	0,18
Oxigeno Disuelto	Sonda Multiparamétrica	%	109,6	109,6	110,1	109,8	0,29	256,2	256,2	255,2	255,9	0,58	238,5	238,5	238,5	238,5	0,00
Temperatura	Sonda Multiparamétrica	°C	26,7	26,8	26,7	26,7	0,06	27,51	27,5	27,5	27,5	0,01	26,9	26,95	26,9	26,9	0,03
Salinidad	Sonda Multiparamétrica	PSU	0,1	0,11	0,11	0,1	0,01	0,57	0,571	0,565	0,6	0,00	0,15	0,15	0,15	0,2	0,00
Sodicidad	Sonda Multiparamétrica	PSI	14,62	14,62	14,62	14,6	0,00	14,63	14,6	14,64	14,6	0,02	14,66	14,667	14,66	14,7	0,00
Solidos disueltos totales	Sonda Multiparamétrica	M∩cm	0,0048	0,0048	0,00475	0,0	0,00	0,0009	0,0009	0,0007	0,0	0,00	0,0031	0,00312	0,00315	0,0	0,00
		ppmTds	104	104	104	104,0	0,00	576	576	577	576,3	0,58	162	162	162	162,0	0,00

PARÁMETROS			MUESTRA 1			PROMEDIO	Desv. Estándar	MUESTRA 2			PROMEDIO	Desv. Estándar	MUESTRA 3			PROMEDIO	Desv. Estándar
Conductividad	Sonda Multiparamétrica	uS/cm3	157	157	157	157,00	0,00	589	589	590	589,33	0,58	280	280	280,5	280,17	0,29
Conductividad	Sonda Multiparamétrica	mScmA	162	162	162	162,00	0,00	616	614	614	614,67	1,15	292	292,1	292	292,03	0,06
Oxigeno Disuelto	Sonda Multiparamétrica	ppm	0,37	0,36	0,37	0,37	0,01	24,56	24,9	24	24,49	0,45	29,55	30,02	29,99	29,85	0,26
Oxigeno Disuelto	Sonda Multiparamétrica	%	320	319,8	319,9	319,90	0,10	309,1	309	309	309,03	0,06	368	365	365	366,00	1,73
Temperatura	Sonda Multiparamétrica	°C	26,63	26,63	26,62	26,63	0,01	27,47	27,47	27,47	27,47	0,00	26,78	26,78	26,78	26,78	0,00
Salinidad	Sonda Multiparamétrica	PSU	0,07	0,071	0,07	0,07	0,00	0,25	0,25	0,24	0,25	0,01	0,13	0,127	0,125	0,13	0,00
Sodicidad	Sonda Multiparamétrica	PSI	14,613	14,6	14,6	14,60	0,01	14,619	14,6	14,618	14,61	0,01	14,64	14,62	14,66	14,64	0,02
Solidos disueltos totales	Sonda Multiparamétrica	M∩cm	0,0064	0,0064	0,0064	0,01	0,00	0,0019	0,0022	0,0022	0,00	0,00	0,0035	0,00355	0,0035	0,00	0,00
		ppmTds	78	77,9	77,95	77,95	0,05	297	297	297	297,00	0,00	142	142	142	142,00	0,00

Apéndice I. Ejemplo de Resultados Modelo Bivariado

```
+-------------------+
| Key               |
|-------------------|
|     frequency     |
|  row percentage   |
| column percentage |
+-------------------+

DispuestoP |                    NIvelEstudios
    agarA |  primaria  bachiller    tecnico  tecnologo  profesion  postgrado |     Total
----------+--------------------------------------------------------------------+----------
       No |         3         80          6          2          5          0 |        96
          |      3.13      83.33       6.25       2.08       5.21       0.00 |    100.00
          |     50.00      39.02      37.50      40.00      31.25       0.00 |     38.25
----------+--------------------------------------------------------------------+----------
       Si |         3        125         10          3         11          3 |       155
          |      1.94      80.65       6.45       1.94       7.10       1.94 |    100.00
          |     50.00      60.98      62.50      60.00      68.75     100.00 |     61.75
----------+--------------------------------------------------------------------+----------
    Total |         6        205         16          5         16          3 |       251
          |      2.39      81.67       6.37       1.99       6.37       1.20 |    100.00
          |    100.00     100.00     100.00     100.00     100.00     100.00 |    100.00

                                                  Pearson chi2(5) =   2.6034   Pr = 0.761

                    | ImporMedio
          DispuestoP |  Ambiente
                                                       agarA |        Si |     Total
                                                  -----------+-----------+----------
                                                          No |        96 |        96
                                                             |    100.00 |    100.00
                                                             |     38.25 |     38.25
                                                  -----------+-----------+----------
                                                         Si |       155 |       155
                                                             |    100.00 |    100.00
                                                             |     61.75 |     61.75
                                                  -----------+-----------+----------
                                       Total |       251 |       251
                                                             |    100.00 |    100.00
                                             |    100.00 |


          DispuestoP |          CalificacionCalidadH2O
                                    agarA |   no sabe       mala    regular      buena |     Total
                               -----------+--------------------------------------------+----------
                                       No |         0         61         34          1 |        96
                                          |      0.00      63.54      35.42       1.04 |    100.00
                                          |      0.00      40.94      34.34      50.00 |     38.25
                               -----------+--------------------------------------------+----------
                                       Si |         1         88         65          1 |       155
                                          |      0.65      56.77      41.94       0.65 |    100.00
```

	100.00	59.06	65.66	50.00	61.75
Total	1	149	99	2	251
	0.40	59.36	39.44	0.80	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 1.8324 Pr = 0.608

DispuestoP | CCDescarga de basuras

agarA	No	Si	Total
No	47	49	96
	48.96	51.04	100.00
	36.43	40.16	38.25
Si	82	73	155
	52.90	47.10	100.00
	63.57	59.84	61.75
Total	129	122	251
	51.39	48.61	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.3693 Pr = 0.543

DispuestoP | CCARExtracción

agarA	No	Si	Total
No	51	45	96
	53.13	46.88	100.00
	41.80	34.88	38.25
Si	71	84	155
	45.81	54.19	100.00
	58.20	65.12	61.75
Total	122	129	251
	48.61	51.39	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.2711 Pr = 0.260

DispuestoP | CCContactoRelleno

agarA	No	Si	Total
No	33	63	96
	34.38	65.63	100.00
	33.67	41.18	38.25
Si	65	90	155

	41.94	58.06 | 100.00
	66.33	58.82 | 61.75
Total	98	153 | 251
	39.04	60.96 | 100.00
	100.00	100.00 | 100.00

Pearson chi2(1) = 1.4238 Pr = 0.233

DispuestoP | agarA	CaudanteContaminacion actividad	admon mun	autoridad	comunidad	rediba	ecopetrol	EPP	estado	Total
No	1	4	4	33	5	27	10	3	96
	1.04	4.17	4.17	34.38	5.21	28.13	10.42	3.13	100.00
	100.00	22.22	36.36	44.59	17.86	34.18	47.62	100.00	38.25
Si	0	14	7	41	23	52	11	0	155
	0.00	9.03	4.52	26.45	14.84	33.55	7.10	0.00	100.00
	0.00	77.78	63.64	55.41	82.14	65.82	52.38	0.00	61.75
Total	1	18	11	74	28	79	21	3	251
	0.40	7.17	4.38	29.48	11.16	31.47	8.37	1.20	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

DispuestoP agarA	CaudanteCon ntaminacio	otros	Total
No	9	96	
		9.38	100.00
		56.25	38.25
Si	7	155	
		4.52	100.00
		43.75	61.75
Total	16	251	
		6.37	100.00
		100.00	100.00

Pearson chi2(8) = 18.1536 Pr = 0.020

DispuestoP | agarA	ExisteManeraRecuH2O No	Si	Total
No	12	84	96
	12.50	87.50	100.00
	37.50	38.36	38.25
Si	20	135	155
	12.90	87.10	100.00
	62.50	61.64	61.75
Total	32	219	251
	12.75	87.25	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.0087 Pr = 0.926

DispuestoP | ConoceCuerposH2O

agarA	No	Si	Total
No	41	55	96
	42.71	57.29	100.00
	40.59	36.67	38.25
Si	60	95	155
	38.71	61.29	100.00
	59.41	63.33	61.75
Total	101	150	251
	40.24	59.76	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.3942 Pr = 0.530

DispuestoP | ContactoAguaEsmeralda

agarA	No	Si	Total
No	89	7	96
	92.71	7.29	100.00
	38.36	36.84	38.25
Si	143	12	155
	92.26	7.74	100.00
	61.64	63.16	61.75
Total	232	19	251
	92.43	7.57	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.0172 Pr = 0.896

DispuestoP | AfecPersonas

agarA	No	Si	Total
No	29	67	96
	30.21	69.79	100.00
	45.31	35.83	38.25
Si	35	120	155
	22.58	77.42	100.00
	54.69	64.17	61.75
Total	64	187	251
	25.50	74.50	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 1.8157 Pr = 0.178

DispuestoP | PerceExisteContaminantes

agarA	No	Si	Total
No	24	72	96
	25.00	75.00	100.00
	43.64	36.73	38.25
Si	31	124	155
	20.00	80.00	100.00
	56.36	63.27	61.75
Total	55	196	251
	21.91	78.09	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.8662 Pr = 0.352

DispuestoP | PercepciónEnfermedades

agarA	No	Si	Total
No	1	95	96
	1.04	98.96	100.00
	33.33	38.31	38.25
Si	2	153	155
	1.29	98.71	100.00
	66.67	61.69	61.75
Total	3	248	251
	1.20	98.80	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.0310 Pr = 0.860

DispuestoP | ParticipaRecuperacion

agarA	No	Si	Total
No	6	90	96
	6.25	93.75	100.00
	60.00	37.34	38.25
Si	4	151	155
	2.58	97.42	100.00
	40.00	62.66	61.75
Total	10	241	251
	3.98	96.02	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 2.0866 Pr = 0.149

DispuestoP agarA	EnferemdadesCAgua No	Si	Total
No	62	34	96
	64.58	35.42	100.00
	40.00	35.42	38.25
Si	93	62	155
	60.00	40.00	100.00
	60.00	64.58	61.75
Total	155	96	251
	61.75	38.25	100.00
	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(1) = 0.5273 Pr = 0.468

DispuestoP agarA	RGastoConsulta menos de	entre 500	entre 150	mas de 25	Total
No	10	34	22	30	96
	10.42	35.42	22.92	31.25	100.00
	47.62	33.66	41.51	39.47	38.25
Si	11	67	31	46	155
	7.10	43.23	20.00	29.68	100.00
	52.38	66.34	58.49	60.53	61.75
Total	21	101	53	76	251
	8.37	40.24	21.12	30.28	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 1.9667 Pr = 0.579

DispuestoP agarA	RGastoMedic menos de	entre 500	entre 150	mas de 25	Total
No	9	33	12	42	96
	9.38	34.38	12.50	43.75	100.00
	42.86	36.67	26.09	44.68	38.25
Si	12	57	34	52	155
	7.74	36.77	21.94	33.55	100.00
	57.14	63.33	73.91	55.32	61.75
Total	21	90	46	94	251
	8.37	35.86	18.33	37.45	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 4.8115 Pr = 0.186

DispuestoP agarA	PercepProyecto muy adecu	adecuado	inadecuad	indiferen	Total

No	47	39	9	1	96
	48.96	40.63	9.38	1.04	100.00
	32.19	44.32	60.00	50.00	38.25
Si	99	49	6	1	155
	63.87	31.61	3.87	0.65	100.00
	67.81	55.68	40.00	50.00	61.75
Total	146	88	15	2	251
	58.17	35.06	5.98	0.80	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 6.7620 Pr = 0.080

DispuestoP | IngresosFami

agarA	menos de	entre 1 y	entre 2 y	mas de 3	Total
No	32	33	17	10	92
	34.78	35.87	18.48	10.87	100.00
	43.84	30.84	42.50	37.04	37.25
Si	41	74	23	17	155
	26.45	47.74	14.84	10.97	100.00
	56.16	69.16	57.50	62.96	62.75
Total	73	107	40	27	247
	29.55	43.32	16.19	10.93	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 3.7070 Pr = 0.295

DispuestoP | EgesosFami

agarA	menos de	entre 1 y	entre 2 y	mas de 3	Total
No	28	48	11	6	93
	30.11	51.61	11.83	6.45	100.00
	36.84	37.80	36.67	46.15	37.80
Si	48	79	19	7	153
	31.37	51.63	12.42	4.58	100.00
	63.16	62.20	63.33	53.85	62.20
Total	76	127	30	13	246
	30.89	51.63	12.20	5.28	100.00
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Pearson chi2(3) = 0.4319 Pr = 0.934

**/MODELO BIVARIADO

Test scale = mean(standardized items)

Item	Obs	Sign	average item-test correlation	average item-rest correlation	interitem correlation	alpha
DispuestoP~A	251	+	0.3263	0.1267	0.0407	0.3890
Sexo	251	+	0.2090	0.0037	0.0466	0.4228
edad	251	+	0.3075	0.1082	0.0417	0.3947
NIvelEstud~s	251	+	0.3962	0.2076	0.0372	0.3667
CaudanteCo~n	251	-	0.1915	-0.0134	0.0474	0.4276
PerceExist~s	251	+	0.4645	0.2825	0.0339	0.3449
AfecPersonas	251	+	0.4762	0.2961	0.0333	0.3404
ParticipaR~n	251	+	0.4028	0.2094	0.0371	0.3661
Enferemdad~a	251	+	0.2550	0.0515	0.0446	0.4118
PrecioAgua	221	-	0.1376	-0.0694	0.0496	0.4393
SaludPerce~a	251	-	0.1791	-0.0262	0.0483	0.4322
RGastoMedic	251	+	0.4097	0.2199	0.0366	0.3628
PercepProy~o	251	-	0.3132	0.1131	0.0416	0.3944
IngresosFami	247	+	0.3986	0.2109	0.0371	0.3664
EgesosFami	246	+	0.3606	0.1673	0.0390	0.3784
Estratio	128	+	0.2613	0.0906	0.0425	0.3994
Test scale					0.0411	0.4067