

PROPUESTAS DE GESTIÓN PARA LA CALIDAD HIDRICA DEL HUMEDAL
GUALÍ- TRES ESQUINAS, EN SU BRAZO NOROCCIDENTAL, ACORDE A LA
EVALUACIÓN DE OBJETIVOS E ÍNDICES DE CALIDAD

POR:
BRIGITTE ESPEJO MAYORGA

TRABAJO DE PASANTÍA PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD CIENCIAS AGRONÓMICAS
INGENIERÍA AMBIENTAL
FACATATIVÁ, CUNDINAMARCA

2017

INDICE

Agradecimientos.....	10
Glosario.....	11
Resumen ejecutivo	13
Abstract.....	15
Introducción	17
Justificación.....	20
Objetivos	23
Objetivo general	23
Objetivos específicos	23
Capítulo 1. Marco referencial	24
1. Marco teórico	24
1.1 Estado del arte.....	27
1.2 Marco legal ambiental vigente.....	35
Capítulo 2. Antecedentes e información general de la entidad	36
2. Antecedentes.....	36
2.1 Localización	38
2.2 Descripción de la entidad	39
Capítulo 3. Metodología	42
3. Metodología	42
Capítulo 4. Resultados y discusión	48
4.1 Afectaciones directas a la calidad del agua (Vertimientos).....	48
4.2 Puntos de Muestreo del Laboratorio CAR.....	54
4.3 Análisis estadístico descriptivo	56
4.4 Parámetros Físico- Químicos y Microbiológicos.....	72
4.4.1 DBO ₅	77
4.4.2 Sulfatos.....	80
4.4.3 Cloruros	82
4.4.4 Coliformes Totales	83
4.4.5 Fósforo Total	87
4.4.6 N-Nitratos y N-Nitritos	89
4.4.7 Oxígeno Disuelto	92

4.4.8	N-Amoniacal.....	94
4.4.9	Sólidos Suspendedos.....	95
4.4.10	pH.....	97
1.1.1	Cobalto, Cromo y plomo.....	99
4.5	ICO's.....	103
4.5.1	ICOMO.....	105
4.5.2	ICOSUS.....	115
4.5.3	ICOTRO.....	123
4.5.4	ICOpH.....	134
4.5.5	Resumen de evaluación de calidad.....	135
Capítulo 5. Propuestas de gestión.....		144
Conclusiones.....		158
Recomendaciones.....		163
Anexos.....		164
Anexo 1. Puntos de vertimiento identificados.....		164
Anexo 2. Evidencias fotográficas.....		167
Anexo 3 (Tablas resultados ICOMO).....		174
Anexo 4 (Tablas de resultados ICOSUS).....		177
Anexo 5 (resultados ICOTRO).....		180
Anexo 6 (resultados ICOpH).....		183
Bibliografía.....		186

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del Humedal Gualí.</i>	38
<i>Figura 2. Jurisdicciones Territorio CAR, Cundinamarca.</i>	41
<i>Figura 3. Ubicación puntos de vertimientos identificados.</i>	50
<i>Figura 4. Vertimientos Humedal Gualí</i>	51
<i>Figura 5. Puntos de monitoreo Laboratorio CAR</i>	54
<i>Figura 6. Puntos de monitoreo seleccionados</i>	56
<i>Figura 7. Ubicación de zonas francas y vías principales de Funza y Mosquera</i>	75
<i>Figura 8. Vías principales y zonas francas, municipios de Funza y Mosquera con puntos de vertimiento</i> 76	
<i>Figura 9. Gráfico Multitemporal para DBO</i>	78
<i>Figura 10. Gráfico Multitemporal para SULFATOS</i>	81
<i>Figura 11. Gráfico Multitemporal para CLORUROS</i>	83
<i>Figura 12. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 1</i>	85
<i>Figura 13. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 2</i>	86
<i>Figura 14. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 3</i>	86
<i>Figura 15. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 4</i>	87
<i>Figura 16. Gráfico Multitemporal para FOSFORO</i>	89
<i>Figura 17. Gráfico Multitemporal para N-Nitritos</i>	91
<i>Figura 18. Gráfico Multitemporal para N- Nitratos</i>	92
<i>Figura 19. Gráfico Multitemporal para OXIGENO DISUELTO</i>	94
<i>Figura 20. Gráfico Multitemporal para N-AMONIACAL</i>	95
<i>Figura 21. Gráfico Multitemporal para SOLIDOS SUSPENDIDOS</i>	97
<i>Figura 22. Gráfico Multitemporal para Ph</i>	98
<i>Figura 23. Gráfico Multitemporal para COBALTO</i>	100
<i>Figura 24. Gráfico Multitemporal para CROMO</i>	101
<i>Figura 25. Gráfico Multitemporal para PLOMO</i>	102
<i>Figura 26. Mapa de calidad ICOMO 2008</i>	108
<i>Figura 27. Mapa de calidad ICOMO 2009</i>	109

<i>Figura 28. Mapa de calidad ICOMO 2010</i>	<i>110</i>
<i>Figura 29. Mapa de calidad. ICOMO 2011</i>	<i>111</i>
<i>Figura 30. Mapa de calidad. ICOMO. 2012.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 31. Mapa de calidad. ICOMO 2013.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 32. Índice de Contaminación con Materia Orgánica 2014.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 33. Índice de Contaminación con Materia Orgánica 2015.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 34. Mapa de calidad, ICOSUS, 2008.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 35. Mapa de calidad. ICOSUS, 2009.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 36. Mapa de calidad, ICOSUS 2010.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 37. Mapa de calidad. ICOSUS 2011.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 38. Mapa de calidad, ICOSUS 2012.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura 39. Mapa de calidad, ICOSUS, 2013.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura 40. Mapa de calidad, ICOSUS, 2014.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 41. Mapa de calidad, ICOSUS 2015.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 42. Eutrofización humedal Gualí.....</i>	<i>125</i>
<i>Figura 43. Mapa de calidad. ICOTRO 2008.</i>	<i>126</i>
<i>Figura 44. Mapas de calidad. ICOTRO 2009</i>	<i>127</i>
<i>Figura 45. Mapas de calidad. ICOTRO 2010</i>	<i>128</i>
<i>Figura 46. Mapas de calidad. ICOTRO 2011</i>	<i>129</i>
<i>Figura 47. Mapa de calidad. ICOTRO 2012</i>	<i>130</i>
<i>Figura 48. Mapa de calidad. ICOTRO 2013</i>	<i>131</i>
<i>Figura 49. Mapa de calidad. ICOTRO 2014</i>	<i>132</i>
<i>Figura 50. Mapa de calidad. ICOTRO 2015</i>	<i>133</i>
<i>Figura 51. Índice de Contaminación por pH</i>	<i>135</i>

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Variables Fisicoquímicas para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)</i>	45
Tabla 2. <i>Ecuaciones para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO)</i>	45
Tabla 3. <i>Clasificación Índices de Contaminación</i>	46
Tabla 4. <i>Puntos de vertimiento finales</i>	51
Tabla 5. <i>Ecuaciones utilizadas en estadística descriptiva</i>	58
Tabla 6. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cloruros</i>	59
Tabla 7. <i>Resultados estadística descriptiva, Cloruros</i>	59
Tabla 8. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, DBO</i>	60
Tabla 9. <i>Resultados estadística descriptiva DBO</i>	60
Tabla 10. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Sulfatos</i>	61
Tabla 11. <i>Resultados estadística descriptiva, Cloruros</i>	61
Tabla 12. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Coliformes T</i>	62
Tabla 13. <i>Resultados estadística descriptiva, Coliformes</i>	62
Tabla 14. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Fósforo</i>	63
Tabla 15. <i>Resultados estadística descriptiva, Fósforo</i>	63
Tabla 16. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Nitratos</i>	64
Tabla 17. <i>Resultados estadística descriptiva, N- Nitratos</i>	64
Tabla 18. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Nitritos</i>	65
Tabla 19. <i>Resultados estadística descriptiva, N- Nitritos</i>	65
Tabla 20. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Oxígeno</i>	66
Tabla 21. <i>Resultados estadística descriptivas, Oxígenos</i>	66
Tabla 22. <i>Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Amoniacal</i>	67
Tabla 23. <i>Resultados estadística descriptiva, N- Amoniacal</i>	67

<i>Tabla 24. Tablas de frecuencias, estadística descriptiva, SSUS.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 25. Resultados estadística descriptiva, SSUS.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 26. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, pH.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 27. Resultados estadística descriptiva, pH.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 28. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cobalto.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 29. Resultados estadística descriptiva, Cobalto.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 30. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cromo.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 31. Resultados, estadística descriptiva, Cromo.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 32. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Plomo.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 33. Resultados estadística descriptiva, Plomo.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 34. Valores máximos permisibles objetivos de calidad clase III.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 35. Parámetros para análisis fisicoquímicos según la metodología Standard Methods, 1992.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 36. Relación puntos monitoreo Figura 5 con graficas de objetivos de calidad.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 37. Consecuencias ecosistémicos atendiendo a las concentraciones de Oxígeno.....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 38. Clasificación de índices de contaminación.....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla 39. Resumen evaluación de calidad.....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 40. Puntos de Vertimiento identificados por expedientes y carpetas.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 41. ICOMO 2008.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 42. ICOMO 2009.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 43. ICOMO 2010.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 44. ICOMO 2011.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 45. ICOMO 2012.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 46. ICOMO 2013.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla 47. ICOMO 2014.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 48. ICOMO 2015.....</i>	<i>176</i>
<i>Tabla 49. ICOSUS 2008.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 50. ICOSUS 2009.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 51. ICOSUS 2010.....</i>	<i>177</i>
<i>Tabla 52. ICOSUS 2011.....</i>	<i>178</i>

<i>Tabla 53. ICOSUS 2012</i>	178
<i>Tabla 54. ICOSUS 2013</i>	178
<i>Tabla 55. ICOSUS 2014</i>	179
<i>Tabla 56. ICOSUS 2015</i>	179
<i>Tabla 57. ICOTRO 2008</i>	180
<i>Tabla 58. ICOTRO 2009</i>	180
<i>Tabla 59. ICOTRO 2010</i>	180
<i>Tabla 60. ICOTRO 2011</i>	181
<i>Tabla 61. ICOTRO 2012</i>	181
<i>Tabla 62. ICOTRO 2013</i>	181
<i>Tabla 63. ICOTRO 2014</i>	182
<i>Tabla 64. ICOTRO 2015</i>	182
<i>Tabla 65. ICOPH 2008</i>	183
<i>Tabla 66. ICOPH 2009</i>	183
<i>Tabla 67. ICOPH 2010</i>	183
<i>Tabla 68. ICOPH 2011</i>	184
<i>Tabla 69. ICOPH 2012</i>	184
<i>Tabla 70. ICOPH 2013</i>	184
<i>Tabla 71. ICOPH 2014</i>	185
<i>Tabla 72. ICOPH 2015</i>	185

Nota de Aceptación:

Firma del docente de Pasantías

Firma del jurado

Firma del jurado

Agradecimientos

Mis mayores agradecimientos para cada uno de los docentes de la Universidad de Cundinamarca, quienes de tan esmerada manera, nos imparten día a día conocimientos y con la mayor paciencia educan y hacen que nuestra formación sea tan enriquecedora. Agradezco la colaboración de los funcionarios de Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, de la Dirección Regional Sabana Occidente, por su calidez, sencillez y por los conocimientos impartidos, especialmente al Ingeniero Francisco Franco, quien con su alegría e inteligencia supo además de impartir conocimientos a nivel profesional hacerlo a nivel personal.

Además doy gracias a la vida por permitirme llegar hasta aquí, a mi madre porque hizo de mí quien soy ahora, me enseñó lo importante que es luchar por lo que queremos, a caer y a levantarme el doble de veces, a soñar tan alto como quiera, a siempre ser la mejor y dar lo mejor de mí. Gracias a ella y a mi hermana por estar siempre junto a mí, por acompañarme, apoyarme, creer en mí y darme ánimos para seguir y por existir en mi vida.

Gracias a mis amigas de carrera, Yessenia Rodríguez Peña y Erika Tatiana Rocha, por darle alegría y apoyo a este proceso y por su grata compañía. Agradezco a David Castro, por haber estado presente en los momentos más felices por los que he pasado hasta el momento, por su apoyo incondicional, por hacerme ver el mundo de una manera tan alegre y especial y por enseñarme que aún existe el amor entregado, bonito y sincero, a su vez agradezco a su familia, por su apoyo y doy mis más sinceras felicitaciones por tan lindo hogar.

Glosario

Área protegida: Área definida geográficamente que haya sido designada, regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (Decreto 2372, 2010).

Calidad hídrica: Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia (Decreto 1575, 2007)

Contaminación: Introducción de un agente contaminante dentro de un medio natural, causando inestabilidad, desorden y también daños en el ecosistema.

Cuerpo de agua. Sistema de origen natural o artificial localizado, sobre la superficie terrestre, conformado por elementos físicos-bióticos y masas o volúmenes de agua, contenidas o en movimiento.

Distrito de Riego de la Ramada: Un Distrito de Riego es un área geográfica en donde se proporciona el servicio permanente de irrigación y drenaje, mediante obras de infraestructura hidroagrícola, como vaso de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos que en su conjunto manejan el sistema (Acuerdo CAR 001, 2014).

Ecosistema estratégico: Lugar natural que tiene un valor particular por los elementos que encierra, generalmente se asocia a la riqueza en biodiversidad o a las fuentes de agua como humedales, ríos y quebradas (CORPONARIÑO, 2016)

Humedal: Terrenos saturados con agua que combinan las características de ecosistemas terrestres y acuáticos, y mantienen una actividad biológica que se adapta muy bien a ambientes húmedos; es por esto común encontrar la presencia de animales y plantas estrechamente relacionados con el medio acuático (Instituto Humbolt, 2015)

Impacto Ambiental: Alteración, favorable o desfavorable, en el medio o en alguno de los componentes del medio. No son solamente negativos, ya que al analizar su carácter se contempla la posibilidad de ser positivo al entorno en el cual se desarrolla (Rodriguez Sandra, 2011).

Indicadores de calidad: Consiste básicamente en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o un color (Universidad de pamplona, 2013).

Parámetros Físicos-Químicos: Se clasifican como parámetros físicos aquellas sustancias que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, tales como turbiedad, temperatura, conductividad y sólidos y los parámetros químicos se asocian a la presencia de elementos y compuestos de esta índole, disueltos en el agua (Castellanos Cesar, 2011).

Vertimiento: Descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido (Decreto 1076, 2015).

Resumen ejecutivo

El presente proyecto se enmarca en las propuestas de gestión para la calidad hídrica del humedal Gualí– tres esquinas, acorde a la evaluación de objetivos de calidad e índices de contaminación y en pro del mejoramiento y prevención de las condiciones de calidad presentes.

Propuestas que se plantean a causa de la importancia del humedal Gualí como fuente abastecedora de agua al sistema hidráulico la Ramada, por su amplia extensión y alta biodiversidad y por los actuales impactos negativos, tales como el crecimiento industrial y agrícola de la zona aledaña. Lo anterior se desarrolló, mediante procesos recopilatorios de información, evaluación, interpretación, georreferenciación y análisis espacial.

Inicialmente se realizó un bosquejo de los actuales impactos negativos que afectan directamente la calidad hídrica del Humedal en su brazo noroccidental, lo anterior mediante la recopilación de información de la Corporación Autónoma Regional- DRSO. Estos impactos traducidos en vertimientos se listaron y georreferenciaron, seguidamente se visitó punto a punto, para finalmente indicar los actuales puntos de vertimiento y el tipo efluente.

El laboratorio de la CAR, tiene un programa que se encarga de monitorear varias veces al año los principales cuerpos dentro de la sabana, tales como embalses, humedales, lagos, lagunas y ríos. Dentro de este programa se encuentran diferentes puntos de monitoreo relacionados con el humedal Gualí, se selecciona una muestra de puntos de monitoreo, acorde a su ubicación sobre el área estudio y de estos puntos, se recopila una base de datos de los resultados para el periodo 2008-2015. Estos datos son tratados estadísticamente, haciendo uso de la estadística descriptiva. Seguidamente y acorde a los parámetros seleccionados se realizan gráficos para verificar el comportamiento respecto a los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá, Clase III (Valores asignados a la calidad de Embalses, Lagunas, Humedales y cuerpos lenticos), del

acuerdo CAR 043 del 17 de Octubre de 2006, verificando cuando estos sobrepasan o cumplen los rangos máximos permisibles. Luego de ello se realizó la evaluación de cuatro índices de contaminación y los resultados de estos índices fueron evaluados mediante herramientas de dispersión haciendo uso del software Arcgis 10.0, verificando así la distribución espacial de algún tipo de contaminación, las áreas más vulnerables, el cambio y magnificación de algún tipo de contaminación en el área estudio. Toda la parte evaluativa nombrada anteriormente, es usada en la fase de análisis, correlación de resultados y diagnóstico final.

Los resultados de la evaluación realizada ratifican la existencia de altos niveles de contaminación por nutrientes inorgánicos (Nitrógeno y Fósforo) y por materia orgánica, tal como lo indican los resultados de los índices evaluados, a partir del análisis geostadístico se evidencian las zonas más susceptibles a presentar contaminación por pH y sólidos suspendidos y el comportamiento a través de los años para los parámetros evaluados. Así mismo se pudo establecer el incumplimiento de seis de los parámetros de calidad evaluados. Ratificando la necesidad de generar estrategias que aumenten la protección y garanticen la conservación de este espacio natural y fuente importante de abastecimiento de agua para el sistema hidráulico la Ramada.

Finalmente se generan las mejores propuestas desde la ingeniería ambiental, para la gestión de tipo preventivo, de control y protección, mediante fichas de manejo y acorde a los resultados obtenidos, las cuales se asocian al mejoramiento de la calidad hídrica, el fortalecimiento de los procesos de investigación científica, la capacitación y concientización de actores y la reforestación del área de recuperación.

Palabras clave: Calidad de agua, parámetros fisicoquímicos, Kriging, Índices de contaminación.

Abstract

The present project is part of the management proposals for the water quality of the Gualí wetlands, in accordance with the evaluation of quality objectives and pollution indices and for the improvement and prevention of present quality conditions.

Proposals that arise because of the importance of the Gualí wetland as a source of water supply to the water system of the Ramada, due to its wide extension and high biodiversity and the current negative impacts, such as the industrial and agricultural growth of the surrounding area. The above was developed, through compilation processes of information, evaluation, interpretation, georeferencing and spatial analysis.

Initially, an initial draft of the current negative impacts that directly affected the water quality of the Wetland in its north-west arm was made, through the collection of information from the Regional Autonomous Corporation (DRSO). These impacts translated into spills were listed and georeferenced, then visited point to point, to finally indicate the current dumping points and the effluent type.

The CAR laboratory has a program that monitors the main bodies within the savanna, such as reservoirs, wetlands, lakes, lagoons and rivers several times a year. Within this program are different monitoring points related to the Gualí wetland, a sample of monitoring points is selected, according to its location on the study area and of these points, a database of the results is collected for the period 2008-2015.

These data are treated statistically, making use of descriptive statistics. Then, according to the selected parameters, graphs are performed to verify the behavior regarding the water quality objectives for the Bogotá river basin, Class III (Values assigned to the quality of

Reservoirs, Lagoons, Wetlands and Liquefied CAR 043 of October 17, 2006, verifying when they exceed or do not meet the maximum allowable ranges. After that, four pollution indices were evaluated and the results of these indices were evaluated using dispersion tools using the Arcgis 10.0 software, verifying the spatial distribution of some type of contamination, the most vulnerable areas, the change and Magnification of some type of contamination in the study area. All the evaluative part named above, is used in the analysis phase, correlation of results and final diagnosis.

The results of the evaluation confirm the existence of high levels of contamination by inorganic nutrients (Nitrogen and Phosphorus) and by organic matter, as indicated by the results of the evaluated indices, from the geostatistical analysis the areas most susceptible to Present contamination by pH and suspended solids and the behavior over the years for the evaluated parameters. Likewise, it was possible to establish the non-compliance with six of the quality parameters evaluated. Ratifying the need to generate strategies that increase the protection and guarantee the conservation of this natural space and important source of water supply for the hydraulic system Ramada.

Finally, the best proposals are generated from environmental engineering, for preventive, control and protection management, through management records and in accordance with the results obtained, which are associated with the improvement of water quality, the strengthening of processes Of scientific research, the training and awareness of actors and the reforestation of the area of recovery.

Keywords: Water quality, physicochemical parameters, Kriging, Pollution indexes.

Introducción

El agua es elemento central en el desarrollo de la vida, está presente en todos los procesos productivos y es un factor de desarrollo económico, biológico, social y cultural. En los humedales el agua es un factor predominante y controlador del medio, pero actualmente crece la preocupación por su conservación y cuidado, ya que es un recurso natural en peligro a causa de su uso inadecuado, mala administración, vertimientos directos sobre este y la inconciencia del hombre.

La Convención de Ramsar define a los humedales como “extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros. Los humedales prestan diversidad de servicios ecológicos y a su vez constituyen una base sólida para garantizar la disponibilidad y calidad del recurso hídrico, recurso que cada vez se encuentra más contaminado y que es fundamental para la vida de los seres vivos (Moreno et al, 2013).

El Instituto Von Humboldt a través de imágenes satelitales y con la ayuda de la firma Holandesa Sarvision y la Agencia Espacial Japonesa (JAXA), elaboró en el año 2015 el primer mapa sobre Humedales de Colombia, en el cual registró cerca de 31.702 humedales (Silva Javier, 2015). Por su parte la Autoridad Ambiental de Cundinamarca, Corporación Autónoma Regional tiene a su cargo 136 humedales, de los cuales 39 se encuentran dentro de la jurisdicción de la provincial, CAR Sabana Occidente, entre estas áreas protegidas se encuentra el Humedal Gualí, el cual está en jurisdicción de los municipios de Tenjo, Funza y Mosquera (Humedales CAR, 2011).

El humedal Gualí está catalogado como área protegida ya que proporciona el recurso hídrico en el sector agropecuario a través del Distrito de Riego de la Ramada, alberga gran cantidad de especies de Fauna y Flora, algunas de las cuales actualmente se encuentran en vía de extinción, proporciona servicios de investigación científica, recreación, educación ambiental y aun cuenta con características naturales y sin intervención antrópica (Acuerdo CAR 001, 2014).

Acorde a lo que indican los procesos de seguimiento, control, recepción de quejas y trámites ambientales, se registran evidencias que indican la presencia de diferentes impactos que afectan la calidad y permanencia de este ecosistema estratégico en el tiempo, entre los cuales se encuentran los vertimientos con condiciones de calidad inadecuadas o sin tratamiento alguno, afectando así su objetivo principal de conservación. Adicionalmente los municipios en donde se encuentra el humedal actualmente se encuentran en expansión, aumento de su economía, industria y urbanismo, lo que hace que sea más propensa la presencia de impactos antrópicos sobre el humedal.

Este trabajo hace énfasis en la formulación de propuestas de gestión y manejo para la calidad hídrica del humedal Gualí, a partir de la evaluación del comportamiento de la calidad del agua enmarcado en el cumplimiento y fluctuación de índices de contaminación, de calidad y los objetivos de calidad, propuestos por la CAR en el acuerdo 043 del 2006 y enmarcados en los procesos de cumplimiento y actuaciones relacionadas en la Sentencia del Río Bogotá del 28 de Marzo de 2014, en donde se promulga por la descontaminación y preservación de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá.

En el desarrollo del proyecto se hará uso de un análisis estadístico para el tratamiento de los datos obtenidos de los análisis realizados por el laboratorio de la CAR para el periodo 2008-2015, el cual será descriptivo. Se realizarán los respectivos cálculos de los índices y se verificará

su tendencia en la zona estudio mediante un modelamiento básico utilizando la herramienta KRIGING del software Arcgis. Los resultados obtenidos en la evaluación de índices serán representados gráficamente, se analizará el comportamiento y fluctuación presente en el periodo estudio. Se resaltarán los factores que afectan directamente la calidad de este cuerpo hídrico, tales como el ingreso de vertimientos de diferentes tipos y con o sin tratamiento alguno. Finalmente se identificarán e indicarán las propuestas de gestión y manejo más viables a utilizar acorde a los resultados obtenidos, lo anterior mediante fichas de manejo.

El proyecto en mención generará un aporte fundamental y base de conocimiento del estado de calidad del humedal y como ha cambiado del año 2008 al año 2015, de los principales tensionantes que afectan directamente este cuerpo hídrico y de algunas medidas que se consideran como las más adecuadas, a la hora de tomar decisiones enfocadas en la recuperación del humedal como estructura ecológica principal dentro del área de la sabana.

Justificación

En el año 2014 mediante el Acuerdo 001, se establece como Distrito de Manejo Integrado (DMI), al humedal Gualí y a otros cuerpos hídricos de la Sabana Occidente, señaladas como áreas susceptibles de especial protección a las Lagunas del Fuzhé y al Humedal Gualí – Tres Esquinas (Acuerdo CAR 001, 2014).

Tal y como lo indica la Ley 99 de 1993, las Corporaciones Autónomas Regionales son las encargadas de administrar, aprovechar y velar por el desarrollo sostenible de los recursos naturales de su jurisdicción. Dentro de su objeto se encuentra la ejecución de proyectos de desarrollo sostenible y obras cuya realización sean necesarias para la defensa, protección, descontaminación y recuperación de los recursos renovables. Dentro de sus funciones se encuentra el ejercer funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, comprendiendo el ingreso de vertimientos o cualquier factor que pueda ocasionar daño alguno o poner en peligro el normal desarrollo sostenible de los recursos naturales renovables.

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, provincial Sabana Occidente, tiene a su cargo al humedal Gualí con sus 268,36 ha, extensión que es diez veces más grande que la laguna de la Herrera, ubicada en el municipio de Mosquera (258 ha) y que otros cuerpos hídricos que cuentan con mucha más investigación y por ende de los que se conoce mucho más respecto a su estado, características, importancia y degradación a través de los años.

Al realizar la búsqueda de artículos de investigación en el buscador Google Academic ingresando la palabra Humedal Jaboqué se encuentran cerca de 537 resultados, para el humedal Juan Amarillo cerca de 3.720 artículos y para el humedal Gualí tan solo 111 artículos, de los cuales en su mayoría solo se nombra al humedal por pertenecer al conjunto de humedales de la

sabana. Lo anterior resalta la poca investigación realizada en este cuerpo hídrico de tan alta importancia dentro del altiplano Cundiboyacense.

El humedal Gualí presenta un valor histórico, recreativo, cultural e investigativo. Es hogar de diversidad de especies de flora y fauna y posee una importancia de orden regional, ya que debido a su ubicación constituye el espacio al que llegan las aguas lluvias de las zonas altas, evidenciando así su función de amortiguación de crecientes y de almacenamiento de agua.

Originalmente el humedal se encontraba rodeado por una comunidad arbórea y arbustiva de diferentes especies, pero esta vegetación fue remplazada a causa del desarrollo urbanístico e industrial, las actividades agropecuarias y ganaderas cercanas a la ronda del mismo. Actividades que de una u otra forma generan impactos negativos en la calidad, composición, riqueza y paisaje del humedal (Ibid, 2014).

Este cuerpo hídrico constituye un elemento fundamental para la operación del Sistema Hidráulico la Ramada, del cual se benefician predios dedicados al desarrollo de actividades agrícolas y pecuarias de los municipios de Mosquera y Funza (Acuerdo CAR 001, 2014).

El Sistema Hidráulico de La Ramada abastece a cerca de 1648 usuarios o dueños de concesiones pluviales dentro de los municipios de Madrid, Funza, Mosquera, Tenjo, Cota y Bojacá, constituyendo el principal cuerpo de almacenamiento de agua para el abastecimiento de diversas actividades que promueven el desarrollo económico y social de estos municipios, tales como las agrícolas y pecuarias.

Haciéndose necesario el aumento investigativo en donde se analice el sistema del humedal a través de indicadores de estado y la afectación ocasionada por el crecimiento y desarrollo de la zona. Enfocando lo anterior a la conservación y permanencia de sus condiciones

a través del tiempo. Permitiendo un desarrollo y manejo sostenible y que garantice la conservación del mismo en el espacio- tiempo y la disminución de impactos negativos sinérgicos en donde estos se multipliquen e impidan la ejecución de acciones de mitigación o recuperación.

El desarrollo del proyecto en mención, generará un aporte fundamental para la toma de decisiones enfocadas a la recuperación del cuerpo hídrico como estructura ecológica principal dentro del área de la sabana. A nivel social resaltaré la afectación generada sobre el humedal, tanto por el sector productivo como el urbano, surgiendo la necesidad de implementar y aumentar las estrategias relacionadas con la educación ambiental impartida en la zona, propendiendo por el conocimiento y aumento del interés hacia el cuidado y conservación del humedal por parte de todos los habitantes de la zona.

Finalmente girará en torno al perfil del Ingeniero Ambiental Udecino en donde se indica que este está en la capacidad de evaluar y diagnosticar la incidencia sobre el ambiente de las acciones antrópicas, formulando actuaciones e instancias que preserven y mejoren la calidad del entorno.

Objetivos

Objetivo general

Formular propuestas de gestión para la calidad hídrica del humedal Gualí- Tres esquinas en su brazo noroccidental, acorde a la evaluación de objetivos de calidad e índices de contaminación, para el periodo 2008-2015.

Objetivos específicos

1. Evaluar el cumplimiento de objetivos de calidad y la fluctuación de índices de contaminación (ICOMO, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH), para el periodo 2008-2015.
2. Realizar el diagnóstico del estado de calidad del área estudio, acorde a la evaluación de objetivos de calidad y cálculo de índices.
3. Plantear propuestas de gestión acorde a los resultados obtenidos.

Capítulo 1. Marco referencial

1. Marco teórico

En el artículo, La economía de los ecosistemas y la biodiversidad relativa al agua y los Humedales, se indica que los Humedales son ecosistemas estratégicos esenciales para ofrecer servicios ecosistémicos relacionados con el agua, como son el suministro de agua potable para el consumo, agua para la agricultura, agua de refrigeración para el sector energético y regulación del caudal de agua (por ejemplo, regulación de crecidas). Junto con el papel que desempeñan en el control de la erosión y el transporte de sedimentos, los humedales también contribuyen a la formación de tierras y por lo tanto, a la resiliencia ante tormentas. Ofrecen, además, una amplia variedad de servicios que dependen del agua, como la producción agrícola, la pesca y el turismo. Pero a pesar del elevado valor de los servicios ecosistémicos que ofrecen los humedales a la humanidad, persiste la degradación o destrucción de humedales debido a los efectos de las prácticas agrícolas intensivas, el regadío, la extracción de agua para uso doméstico e industrial, la urbanización, el desarrollo industrial y de infraestructuras y la contaminación (Patrick -Ten Brink et al, 2013)

Una importante característica de los humedales es que poseen ciertas particularidades que hacen que no se puedan clasificar como medios acuáticos y tampoco como medios terrestres, debido a que son un ecosistema intermedio y poseen características de ambos ecosistemas (Moreno et al., 2013).

Los humedales que pertenecen al distrito capital, están asociados a la cuenca del río Bogotá. Estos hacen parte del sistema geográfico del altiplano Cundiboyacense. Se considera como un lugar estratégico en el continente debido a que sirve como hábitat en el paso de las aves acuáticas migratorias (Moreno et al., sf).

La calidad ambiental de un humedal es un conjunto de características o propiedades inherentes del mismo que nos permite hacer comparaciones con otros humedales con el fin de hacer un paralelo en función de su estado de conservación. Desde un punto de vista económico la calidad ambiental de un humedal está basada en la importancia o calidad de los recursos naturales que este le genere al hombre. Y en materia ecológica la calidad está dada por el mantenimiento del estado de sus procesos o dinámicas de funcionamiento (Ortega et al., 2003).

Dependiendo de las condiciones físicas, químicas y biológicas en las que se encuentre el humedal, la capacidad de purificación o tratamiento de las aguas contaminadas será mayor o menor de acuerdo con la condición en la que se encuentre el ecosistema (Knox et al., 2008).

Por su parte Hernández Santiago en el trabajo de tesis de la Universidad Católica de Manizales, indica que los humedales que han sido ecosistemas bastante afectados por factores climáticos como: cambios de temperaturas, sequías y en gran medida, todo lo que tiene que ver con calentamiento global; pero también y más grave aún, resultan ser las afectaciones causadas por las diferentes actividades antrópicas las cuales causan daños adversos a este tipo de ecosistemas, estas actividades por lo general son: agricultura, ganadería, urbanización de las áreas circundantes del humedal, industria, deforestación, entre otras. Así mismo estas actividades, generan cambios en las condiciones físico-químicas de los humedales, lo cual, afecta una gran variedad de fauna y flora presentes en los mismos e indirectamente afectan las cualidades de los humedales en lo que tiene que ver con servicios ecosistémicos (Hernández, 2015, p.5-6).

Una de las actividades antrópicas que generan impactos altamente negativos sobre los humedales es la deforestación, debido al aumento de esta actividad se ha evidenciado una seria fragmentación de los hábitats, en especial los humedales los cuales se ven afectados en cuanto a

su flora su fauna y también se ven afectados los servicios ambientales que este tipo de ecosistemas ofrecen (Poletta, 2011).

Debido a la mala educación en cuanto a la conservación y uso sostenible de los humedales, las personas ven estos ecosistemas como fuentes de malos olores y generadores de mosquitos, también disponen los humedales como botaderos de basuras lo cual afecta de manera significativa las condiciones naturales y su dinámica. Por estas razones la sociedad geográfica de Colombia ve necesario emprender acciones correctivas que permitan mejorar la calidad ambiental de dichos ecosistemas teniendo en cuenta que se debe mejorar la educación de las sociedades en cuanto a los humedales (Moreno et al., sf).

La gama de amenazas identificadas confirman de manera inequívoca que la pérdida de los humedales es irreversible y continua a un ritmo alarmante. Es por esta razón que se hace necesaria la creación y puesta en marcha de mecanismos y políticas que ayuden a conservar y hacer un uso racional de los recursos naturales ofrecidos por los humedales. Es importante que estas acciones se planteen y se pongan en marcha rápidamente con el fin de recuperar este tipo de ecosistemas (Finlayson et al., 1999).

En el proceso de evaluación del estado ecológico de los humedales es imprescindible tener en cuenta una serie de factores a la hora de realizar dichos análisis, los factores climáticos, hidrológicos, geomorfológicos, hidroquímicos y bióticos. Por otra parte, los impactos generados por los diferentes procesos productivos o actividades antrópicas, generan cambios en la hidrología, alteraciones físicas, pérdida de la calidad de las aguas y pérdidas de fauna y flora (Ortega et al., 2003).

Un índice de calidad del agua, consiste en una expresión simple de una combinación más o menos compleja de un número de parámetros, los cuales sirven como una medida de la

calidad del agua. El índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo, un color o una combinación de estos. Su ventaja radica en que la información puede ser más fácilmente interpretada que una lista de valores numéricos. Los índices toman información compleja y la sintetizan de una manera entendible (ICATEST, 2008).

Por su parte el análisis espacial mediante herramientas, como los encontrados en Sistemas de Información Geográfica, tales como Kriging de Arcgis, suponen una buena aproximación respecto a la distribución espacial de un suceso. El método Kriging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. La herramienta Kriging ajusta una función matemática a una cantidad especificada de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para determinar el valor de salida para cada ubicación. Kriging es un proceso que tiene varios pasos, entre los que se incluyen, el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas, la creación de la superficie y (opcionalmente) la exploración de la superficie de varianza. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos (Desktop.arcgis, 2016).

1.1 Estado del arte

Para hacer una correcta administración de los recursos naturales en el territorio Nacional, la ley 99 de 1993, crea el Ministerio de Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos renovables y constituye la base para el manejo ambiental del país.

El artículo 23 de la ley 99 indica que las Corporaciones Autónomas Regionales están encargadas de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos

naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente (Ley 99, 1993).

En busca de conservar las características naturales y garantizar la protección de cuerpos hídricos y áreas naturales de importancia, autoridades competentes en temas ambientales, como la Corporación Autónoma Regional declara estas zonas como áreas de preservación luego de procesos de diagnósticos en donde se evalúa y resalta la importancia de resguardar estas zonas.

La Corporación Autónoma Regional Sabana Occidente tiene en su jurisdicción a los municipios de Bojacá, Cachipay, Cota, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Mosquera, Subachoque y Zipacón. En estos municipios se encuentran cuerpos hídricos de importancia para la región como la laguna la Herrera, el humedal Gualí y las lagunas del Funzhé.

El humedal Gualí en el año 2014, fue declarado como cuerpo de agua protegido con la categoría de Distrito Regional de Manejo Integrado por Acuerdo CAR 001 ***“Por medio del cual se declaran como Distrito Regional de Manejo Integrado (DMI), los terrenos comprendidos por los humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé, y su área de influencia directa ubicada en los municipios de Funza, Mosquera y Tenjo, Cundinamarca”***, encontrándose una zona de preservación, una de recuperación y otra de uso sostenible.

Zamudio Constanza. En la tesis de grado, Uso y objetivos intermedios del recurso hídrico de los humedales de Guaymaral, Torca y Capellanía, se definió el uso y los objetivos intermedios de calidad para tres humedales, lo anterior haciendo uso de los déficit de calidad presentes en cada humedal. Para ello inicialmente se seleccionaron cuatro puntos de monitoreo, de los análisis realizados por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá a cada humedal del estudio. Seguidamente de acuerdo a los parámetros que analiza la empresa de

Acueducto y Alcantarillado, se evalúan acorde al resultado del parámetro, indicando si es crítico, supercrítico o presenta una buena calidad, acorde a ello se plantean los objetivos de calidad necesarios para mejorar la calidad del recurso y se plasman algunas actividades a desarrollar de manera conjunta. A través de este estudio se lograron identificar los parámetros de calidad que más afectan el cuerpo hídrico y como mejorarlo mediante la instauración de objetivos de calidad más severos y la implementación de diferentes acciones (Zamudio Constanza, 2007).

Acherman Jessica. En la tesis de pregrado, Análisis del estado de alteración y contaminación del humedal Jaboque, se realiza la determinación de la contaminación ocasionada por el desarrollo de actividades económicas en zonas aledañas al humedal, para ello inicialmente se identificaron los puntos de vertimiento de tipo industrial, seguidamente se describen los efectos de contaminación resultante de estos vertimientos y finalmente se propone un enfoque para mitigar los impactos negativos ocasionados. Lo anterior se desarrolla mediante tres fases, la primera se basó en una revisión bibliográfica acerca del humedal, se realizó la delimitación y respectiva cartográfica de la ubicación de las industrias aledañas al humedal. En la segunda fase se realiza el trabajo de campo, en donde se verifican y concertar las industrias que generan vertimientos directos al humedal. En la tercera fase, se realiza un análisis de las industrias, los vertimientos cercanos y su respectiva caracterización, resultados obtenidos de los parámetros muestreados por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Finalmente y gracias al proceso anterior, se realiza la evaluación de la afectación causada por estos vertimientos y finalmente emiten recomendaciones respecto a las posibles soluciones a utilizar para mitigar el problema (Acherman Jessica ,2007).

La tesis de maestría del ingeniero Cipriano Pedro titulada, Determinación de los índices de calidad y coeficientes cinéticos de auto depuración del agua, en la parte alta de la cuenca del

rio naranjo, ubicado en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango, Naranjo, tuvo la finalidad de generar información que describiera la calidad del agua del río y explicara su comportamiento por medio de modelos, fundamentado en la determinación de parámetros físicos, químicos, bacteriológicos y mediciones hidrológicas. El estudio se realizó en la parte alta de la cuenca, ya que es el área en donde se genera mayor cantidad de vertimientos. En la parte alta de la cuenca se definieron tres estaciones de control, donde se tomaron muestras de agua y luego se determinaron dos índices de calidad, (el índice de calidad del agua WQI, desarrollado por la NFS de los EE. UU. Y el índice simplificado de la calidad del agua ISQA. Resultado de la evaluación de estos índices es que las aguas del cauce principal de la cuenca del río Naranjo, en la parte alta, se encuentran contaminadas a niveles en los que no se recomienda la reutilización con fines de consumo humano. Los indicadores también muestran la auto recuperación del río a través de la degradación de la materia orgánica y la dilución por los aportes de los afluentes (Cipriano Pedro, 2008).

Forero, Flórez & Gutiérrez. En el estudio, Evaluación de la calidad del agua del Río Opia (Tolima-Colombia) mediante macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos, los autores realizaron una caracterización biológica y fisicoquímica de la cuenca del río Opia en ocho puntos de monitoreo, lo anterior con el fin de estimar la calidad hídrica, mediante la valoración de variables fisicoquímicas y Bentónicas y posteriormente la evaluación de índices de calidad, evidenciando las perturbaciones existentes en el ecosistema y las zonas más afectadas. Este artículo denota que el uso de índices en el estudio del recurso hídrico, permite tener una información más amplia para el diagnóstico de cuerpos hídrico, a su vez constituyen una herramienta para conocer a fondo el estado del recurso y su grado de intervención (Forero, Flórez & Gutiérrez, 2013).

Castellanos César, en su tesis de pregrado, Diagnostico del humedal Jaboque, propiedades físicas, químicas, biológicas y cartografía social, Rrealiza la identificación de las principales industrias presentes en las zonas aledañas al humedal, selecciona cinco puntos de monitoreo, acorde a la entrada de aguas al humedal, se realizaron cuatro campañas de monitoreo, posterior a los procesos de toma y procesamiento de muestras, estas se analizaron acorde a la fluctuación y comportamiento para el conjunto de campañas. Finalmente se incorporó la cartografía social como una solución directa y enfocada en la generación y evaluación de conocimientos, además de la incorporación de nuevas ideas respecto a la importancia del conocimiento del humedal y su estado de calidad actual (Castellanos Cesar, 2013).

Puerto y Pimental, En su tesis, Determinación de índices y planteamiento de objetivos de calidad del agua para las cuencas de segundo orden de la jurisdicción CAR de Cundinamarca. Para ello realiza la conformación de una base de datos con los resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de cada cuenca y subcuenca, obtenidos por el laboratorio de la CAR del año 1997 al 2005. Seguidamente se realiza una depuración de información y georreferenciación de puntos de monitoreo. Luego de lo anterior se calcularon índices de calidad y se clasificaron las zonas por calidad del agua en excelente, buena, regular, mala y muy mala, estos datos fueron georreferenciados en mapas de calidad haciendo uso de Arcgis y analizados estadísticamente. Posteriormente se determinaron los objetivos de calidad más adecuados para las cuencas de segundo orden de la jurisdicción de la CAR- Cundinamarca y finalmente se presentan las conclusiones correspondientes a estos objetivos, que demuestran cómo la calidad del agua se ve influenciada por las actividades económicas de cada región y la importancia de planificar el recurso de acuerdo a los usos potenciales del suelo, para satisfacer las necesidades

de las poblaciones que conforman la jurisdicción y mejorar el contexto actual de contaminación del agua (Puerto y Pimental, 2013).

La anterior tesis señala la evaluación de índices permite disponer de un criterio real sobre el estado sobre el estado de calidad, al valorar estos índices mediante mapas de calidad, se logró ver que la calidad representada por los índices no demuestra incompatibilidades entre uno y otro, dando como resultado que todas las cuencas presenta buena calidad del agua en sus nacimientos, pero al llegar a los cascos urbanos se deteriora drásticamente, como consecuencia de los vertimientos domésticos, industriales y agropecuarios, que se desarrollan en la región, luego mejora con el recorrido de la corriente y la disminución de vertimientos en la parte baja de las cuencas.

Chitay & García en su tesis de Magister, Propuestas de plan de saneamiento para la microcuenca del río Teocinte, municipio de San José Pinula, Guatemala, realizan la respectiva investigación para generar propuestas viables a las autoridades competentes, para que puedan trabajar en conjunto y tomar decisiones que mejoren la calidad hídrica de esta microcuenca, afectada por vertimientos y residuos sólidos. Para desarrollo de lo anterior se realizaron visitas de campo, se recogió información respecto a las actividades contaminantes. Luego de ello se establecieron puntos de monitoreo en los afluentes de la microcuenca, estos puntos fueron monitoreados y se evaluaron cierta cantidad de parámetros físicos, químicos y microbiológicos, los resultados fueron evaluados acorde a los valores máximos permisibles por la Normativa Europea contra la Contaminación instrucción del consejo de 16 de Junio de 1975 relativa a la calidad requerida a las aguas superficiales destinadas a la producción de agua para la alimentación en los estados miembros (75/440/CEE). Seguidamente se estableció el grado de contaminación de cada afluente o carga contaminante, lo que sirvió de base para implementar la

propuesta de plan de saneamiento para la microcuenca que involucre el tratamiento de aguas servidas y desechos sólidos, análisis de costos y financieros. Acorde a este estudio se concluye que la mayor parte de la superficie de la microcuenca está deforestada, gran parte de ésta se encuentra conformada por asentamientos urbanos y actividades asociadas a la agricultura, al utilizar medidas como la implementación de plantas de tratamiento, enfoques de educación ambiental y estudios de restauración, se lograrían mejoras para este ecosistema, proteger, conservar y garantizar la sostenibilidad del mismo en el espacio-tiempo (Chitay & García, 2013).

A su vez Castro en el estudio realizado para el humedal Jaboque, indica que el realizar procesos de investigación y monitoreo de los humedales resulta ser de gran importancia para poder tener bases debidamente sustentadas a la hora de determinar impactos ambientales y problemáticas que afecten directamente el normal funcionamiento de las dinámicas de los humedales. Resalta que la carga orgánica encontrada es bastante pronunciada debido a las aguas residuales domésticas que son vertidas de las zonas urbanas circundantes al humedal (Castro et al., 2005).

Diferentes estudios constatan la utilización del método de interpolación kriging para el análisis geoestadístico de la calidad de diferentes cuerpos de agua, permitiendo identificar el comportamiento temporal y espacial de los diferentes contaminantes existentes, comportamientos necesarios para analizar las causas, efectos y consecuencias para las áreas objeto estudio, Kriging es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z .

El artículo, Índice de calidad del agua en la cuenca del lago Poopó- Uru- Uru Aplicando herramientas SIG, indica que la especialización de los posibles contaminantes de los cuerpos de agua dentro de la cuenca del lago Poopó y la observación de sus cambios en función al tiempo,

son de suma importancia para el análisis de esta problemática, a partir de este análisis se puede establecer un índice de calidad de aguas, que permita apreciar espacialmente la calidad del agua en toda la cuenca. Se evaluó la calidad del agua en la cuenca del lago Poopó - Uru Uru, en base a un índice de calidad del agua que es obtenido teniendo en cuenta una clasificación de los resultados de los análisis químicos con respecto a los límites permisibles considerados en el desarrollo del proyecto CAMINAR, estos están expresados como porcentaje del agua pura; así el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que en el agua en excelentes condiciones tendrá un valor del índice será cercano a 100%, a este índice se le aplicó herramientas de Sistema de Información Geográfica (interpolación matemática) para su visualización más óptima a través de mapas que puedan ser interpretados con mucha sencillez por el público en general. El índice de calidad del agua especializado de toda la cuenca, muestra que las zonas agrícolas presentan aguas de mejor calidad, las zonas con mayor actividad minera presentan menor calidad de sus aguas y se evidenció el fenómeno de disolución de minerales y sales del suelo por parte del agua subterránea y superficial (Quino & Quintanilla, 2013).

Ryan Moss, indica en la Guía para la identificación de humedales de Costa Rica el hecho de que la disminución, pérdida o destrucción de humedales generan costos importantes a la sociedad, por ejemplo, en inversión de obras para reducir erosión de ríos e infraestructura para controlar inundaciones que dañan las propiedades, descontaminación de aguas, entre otras. Estas pérdidas y alteraciones también comprometen los beneficios tan importantes que proporcionan los humedales incluyendo hábitat para una gran variedad de plantas y animales, protección de la calidad de agua, y reducción de daños por inundaciones (Moss, 2006, p. 2).

Finalmente Francisco Abarca, indica que actualmente surge la necesidad de detectar los cambios que ocurren en el medio ambiente, causados de manera natural o por la

actividad humana ya que a causa del crecimiento de las fronteras urbanas, agrícola-ganaderas, forestales, pesqueras, mineras e industriales, hemos pasado de una época en la cual era posible localizar la fuente principal de contaminación o disturbio en un tiempo razonablemente corto, a una en la que los efectos de cambio pueden sentirse o detectarse a miles de kilómetros de distancia del lugar de origen (Abarca, 2012, p. 1).

1.2 Marco legal ambiental vigente

Constitución Política de 1991. Artículo 49 y 366.

Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Política Nacional para la Gestión del Recurso Hídrico de 2010.

Esquema de Ordenamiento Territorial de Funza

Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Funza y Mosquera

Acuerdo CAR NO 43 de 2006. Por el cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020.

Acuerdo CAR 001 de 2014. Por medio del cual se declaran como Distrito Regional de Manejo Integrado (DMI), los terrenos comprendidos por los humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé, y su área de influencia directa ubicada en los municipios de Funza, Mosquera y Tenjo, Cundinamarca.

Capítulo 2. Antecedentes e información general de la entidad

2. Antecedentes

Mediante el Acuerdo 001 del 18 de Febrero de 2014, Se declara al humedal Gualí como Distrito de Manejo Integrado y como área protegida ya que proporciona el recurso hídrico en el sector agropecuario a través del Distrito de Riego de la Ramada, alberga gran cantidad de especies de Fauna y Flora, algunas de las cuales actualmente se encuentran en vía de extinción, proporciona servicios de investigación científica, recreación, educación ambiental y aún cuenta con características naturales y sin intervención antrópica. Gracias a su ubicación a este humedal llegan aguas lluvias de las zonas altas, lo cual evidencia su función amortiguadora de crecientes y de almacenamiento de agua, utilizada principalmente para suplir las necesidades del sector agrícola (Acuerdo CAR 001, 2014).

Actualmente las zonas aledañas al humedal y principalmente en los municipios de Funza y Mosquera, se encuentran en expansión, aumento de su economía, industria y urbanismo, lo que hace que sea más propensa la presencia de impactos antrópicos sobre el humedal.

Acorde a lo que indican los procesos de seguimiento, control, recepción de quejas y trámites ambientales, se registran evidencias que indican la presencia de diferentes impactos que afectan la calidad y permanencia de este ecosistema estratégico en el tiempo, entre los cuales se encuentran los vertimientos con condiciones de calidad inadecuadas o sin tratamiento alguno, afectando así su objetivo principal de conservación.

Dentro de las actividades de seguimiento y control realizadas por la Corporación Autónoma Regional, para dar cumplimiento a la sentencia importantes como la del Río Bogotá (enfocada en la recuperación y conservación del mismo), se encuentra la identificación de fuentes de contaminación o el ingreso de vertimientos no compatibles que de una u otra manera

con el pasar del tiempo puedan llegar a afectar la calidad de los cuerpos hídricos pertenecientes a la cuenca del Río Bogotá y el monitoreo periódico del estado de calidad de los mismo.

Los vertimientos presentes en el humedal generan impactos directos sobre la calidad del recurso, mediante el acuerdo CAR 0001, se establecieron las medidas de manejo ambiental adicionales, usadas mientras se formula el Plan de Manejo Ambiental, en donde en su Artículo 12 y literal C, se prohíbe la distribución, introducción vertimiento, uso o abandono de sustancias contaminantes, que puedan causar daños al ecosistema. La violación de lo indicado en este acuerdo, genera la imposición de sanciones y acciones a las que haya lugar (Acuerdo CAR 001, 2009).

El laboratorio de la CAR, tiene un programa de monitoreo a cuerpos de agua de importancia, el cual busca determinar la calidad del recurso hídrico, permitiendo acciones pertinentes por parte de la corporación y las autoridades responsables. Estos monitoreos han sido realizados desde el año 2005, pero se cuenta con resultados desde el año 2008.

La alcaldía del municipio de Funza, Cundinamarca realiza procesos de seguimiento en donde busca identificar cualquier impacto negativo sobre el humedal. Actualmente una firma consultora contratada por dicha alcaldía y con apoyo de la CAR está elaborando el Plan de Manejo Ambiental para el Humedal Gualí con el cual se busca realizar la adecuada administración y manejo de dicho espacio natural.

Existen diferentes organizaciones no gubernamentales, científicos y ciudadanos interesados en proteger, conservar y restaurar el humedal Gualí, con el fin de darle un mejor uso y aprovechar de mejor manera los servicios ecosistémicos que estos ofrecen. Pero para poder proteger de manera adecuada este tipo de ecosistemas es importante mejorar las condiciones de las actividades antrópicas que repercuten de manera negativa en estos ecosistemas generando

impactos ambientales negativos y que degradan en gran medida las características naturales de este tipo de ecosistemas.

2.1 Localización

El humedal Gualí pertenece a la Cuenca sector medio del río Bogotá, subcuenca del río Bogotá- sector Tibitoc; Soacha. Se encuentra ubicado en los costados occidental y oriental del río Bogotá y corresponde a la Clase III del Acuerdo 043 del río Bogotá (Embalses, Lagunas, humedales y demás cuerpos lénticos), está en jurisdicción de los municipios de Tenjo, Funza y Mosquera, a 2.535 m.s.n.m. promedio (Figura 1). El espejo de agua cuenta con un área aproximada de 268,36 ha y está en jurisdicción de las Oficinas Provinciales Sabana Centro y Sabana de Occidente de la CAR.

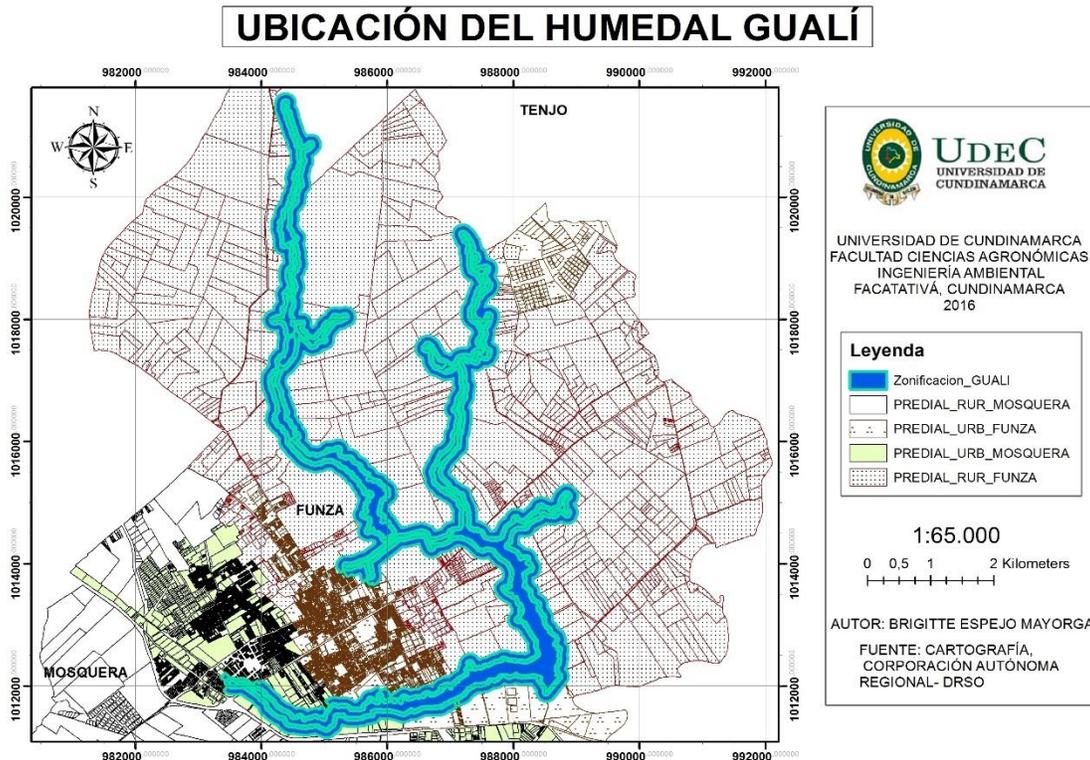


Figura 1. Ubicación del Humedal Gualí.

Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO.

Respecto a las condiciones climatológicas de los municipios de Mosquera y Funza, según la clasificación de Koppen, el clima de estos municipios concuerda con el de Montañas Tropicales (CW), el cual se caracteriza por presentar una temperatura promedio de 14 °C y con variaciones diarias entre 0 °C en la noche y 18 °C en el día, correspondiente a un clima frío (Sistema de Documentación e Información Municipal, 2013).

Adicionalmente el comportamiento general de las precipitaciones es de carácter bimodal, los meses con mayores precipitaciones son Abril, Octubre y noviembre con valor de 175,3 mm, 164,1 mm y 153,9 mm, mientras que las menores precipitaciones se presentan en Diciembre y Febrero (2,6 y 1,2 mm respectivamente), el valor medio mensual multianual es de 55,03 mm (Ibid, 2013).

2.2 Descripción de la entidad

La CAR o CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA es una entidad del estado que tienen por objeto la ejecución de las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como el cumplimiento y oportuna aplicación a las disposiciones legales vigentes sobre su disposición, administración, manejo y aprovechamiento, conforme a las regulaciones, pautas y directrices expedidas por el MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, actualmente MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE (Atlas CAR.2001).

La CAR de Cundinamarca antes denominada Corporación Autónoma Regional de los valles de Ubaté y Suárez, fue creada el 31 de Enero de 1961, teniendo a su cargo 105 municipios (98 de Cundinamarca y 6 al de Boyacá), teniendo la responsabilidad de proteger 1'870.640 ha.

En el año 1996 la CAR inicia un proceso de descentralización, el cual distribuyó su jurisdicción en catorce regionales, dentro de las que se encuentra la de Sabana Occidente con ocho municipios a su cargo (Bojacá, El Rosal, Facatativá, Madrid, Mosquera, Funza, Subachoque y Zipacón), tal y como se muestra en la ilustración que sigue.

En virtud de la Ley 99 de 1993, hoy la CAR es una institución autónoma de naturaleza jurídica y según el Decreto 1768 de 1994 como, entes corporativos de carácter público, creados por la ley, integrados por las entidades territoriales que por sus características constituyen geográficamente un mismo ecosistema o conforman una unidad geopolítica, biogeográfica o hidrogeográfica, dotados de autonomía administrativa y financiera, patrimonio propio y personería jurídica, encargados por la ley de administrar, dentro del área de su jurisdicción, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y propender por su desarrollo sostenible, de conformidad con las disposiciones legales y las políticas del Ministerio del Medio Ambiente (Decreto 1768, 1994).

El territorio CAR limita, al norte con el departamento de Antioquia y Boyacá, al occidente con Caldas y Tolima, al sur con el Huila y al oriente con el Meta.

El área de la CAR, está conformado por nueve cuencas hidrográficas de segundo orden con los ríos Negro, Bogotá, Sumapaz, Magdalena, Ubaté- Suárez, Minero, Machetá, Blanco y Gacheta.

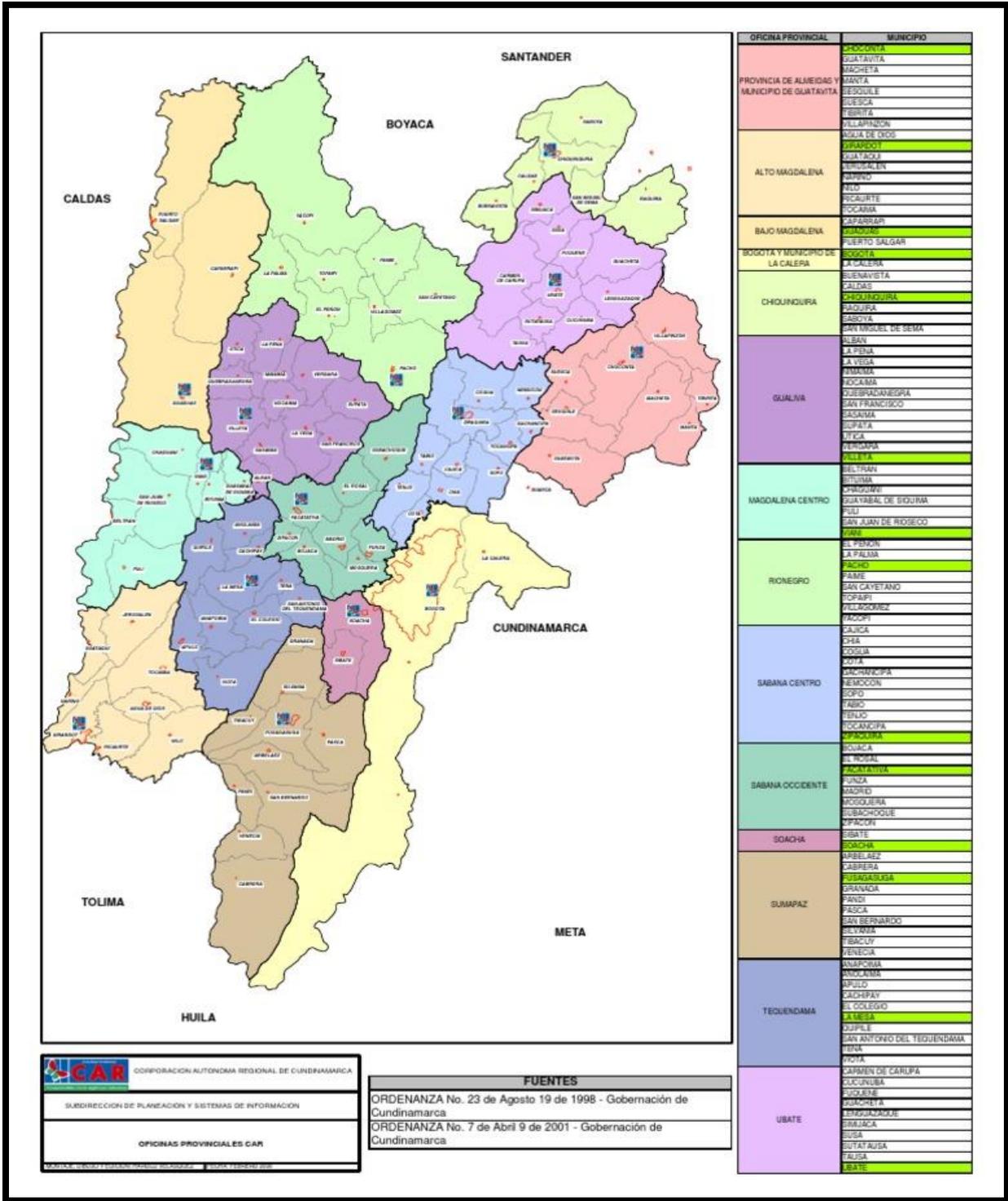


Figura 2. Jurisdicciones Territorio CAR, Cundinamarca.

Fuente: <https://www.car.gov.co> › Inicio › Servicios de Información

Capítulo 3. Metodología

3. Metodología

La metodología a desarrollar consiste en la formulación de propuestas de gestión y manejo para la calidad hídrica del brazo noroccidental del humedal Gualí- Tres esquinas, mediante la evaluación de índices de calidad, cumplimiento y fluctuación de objetivos de calidad, para el periodo 2008 -2015. La metodología se describe a continuación acorde a cada objetivo y a las actividades comprendidas para el cumplimiento del mismo.

Objetivo 1: Evaluar el cumplimiento de objetivos de calidad y la fluctuación de índices de contaminación (ICOMO, ICOSUS, ICOTRO e ICOpH), para el periodo 2008-2015.

i. **Conformación de información respecto a impactos directos, verificación en campo de los mismos y georreferenciación de estos**

Para tener el conjunto de impactos directos que afectan el brazo noroccidental del humedal Gualí y dar un bosquejo inicial de los principales factores que afectan la calidad del agua se hace necesario realizar una base de datos que defina la información base respecto a los principales ingresos representados en vertimientos afectantes de la calidad hídrica del humedal. Para ello se recopila información de expedientes y carpetas de quejas y trámites ambientales, relacionados con el humedal en donde se identifiquen algunas características del vertedor como el nombre, cédula catastral, coordenadas, si tiene permiso de vertimiento o no o si se encuentra dentro del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio.

Luego de tener la información base consolidada se procede a realizar la verificación en campo de cada punto, identificando las coordenadas del punto con un GPS y la procedencia, es decir si es agua residual bien sea doméstica, ARnD (industrial) o agua lluvia por el olor y color

que presente. Adicionalmente se verificará la existencia de puntos no identificados en la base de datos inicial. Seguido a estas actividades se procederá a georreferenciar en la cartografía del humedal, la ubicación de los puntos de vertimiento definitivos y existentes sobre la zona estudio. Se evaluará la información del vertimiento, si se cuenta con los análisis de laboratorio del mismo y acorde a la actividad, indicando el cumplimiento de los parámetros establecidos en la Resolución 0631.

ii. Georreferenciación y selección de puntos de monitoreo y parámetros a evaluar

El laboratorio de la Corporación cuenta con un programa de monitoreo a humedales y cuerpos de agua de importancia en la zona. Para el humedal Gualí son alrededor de 30 puntos de muestreo, estos puntos inicialmente serán georreferenciados en la cartografía base, posteriormente se seleccionarán los puntos ubicados en el área estudio, es decir en la zona noroccidental del humedal Gualí.

Posteriormente a la selección de los puntos, se requiere elaborar una amplia base de datos en donde se encuentren los resultados de los análisis realizados por el laboratorio de la corporación en los procesos de monitoreo a humedales. Los datos serán ordenados de acuerdo al año y parámetro evaluado. De los puntos de monitoreo seleccionados se agrupan los datos por punto y año para los resultados de Fosforo Total, Coliformes Totales, Cloruros, DBO, Sulfatos, N- Nitratos, N- Nitritos, Oxígeno Disuelto, N- Amoniacal, Sólidos Suspendidos, pH, Cobalto, Cromo y Plomo, se resalta que se tienen en cuenta los parámetros de los que se tenga reporte para todos los puntos de monitoreo dentro del área estudio y los que estén analizados por el mismo método para el record histórico de lo contrario, alguno de los anteriores podría ser eliminado del análisis. Los métodos y demás características que tengan que ver con las muestras se describirán de manera general.

iii. **Tratamiento estadístico de datos**

Los datos obtenidos para cada parámetro y por año se analizan acorde a su comportamiento estadístico. Para objetos del proyecto se analizan las series por parámetros a causa de los pocos datos que se tienen para cada punto y para poder analizar el comportamiento numérico del parámetro en cuestión. Lo anterior mediante estadística descriptiva calculando la media, mediana, moda y las medidas de dispersión. Posteriormente, se analizarán los resultados y se generarán conclusiones respecto a las posibles causas del comportamiento de los datos.

iv. **Elaboración de gráficos de cumplimiento de objetivos de calidad**

Subsiguientemente se evaluará el estado de calidad, mediante el cumplimiento y fluctuación de los objetivos de calidad del Acuerdo CAR 43 del 2006 para ello se realizan las gráficas por parámetro y con el límite máximo establecido en los objetivos de calidad clase III. A su vez esta evaluación se complementará con las bases teóricas que indica cómo se afecta el cuerpo hídrico al presentar los resultados de calidad de los que se tenga tendencia.

v. **Calculo de índices de calidad**

Posteriormente se realizarán los cálculos de los índices de contaminación ICOMO (por materia orgánica), ICOSUS (por sólidos suspendidos), ICOTRO (por trofía) e ICOPh (por pH), verificando la variación e impacto en el periodo estudio.

Para el cálculo de los índices se hace uso de las variables descritas en la tabla 1 y de las ecuaciones presentadas en la tabla 2.

Luego de realizado el cálculo, los resultados serán definidos acorde a un grado de contaminación y una escala de color, definida por el resultado arrojado de 0 a 1, tal como se muestra en la tabla 3.

Tabla 1. Variables Fisicoquímicas para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMO	DBO5	
	Coliformes Totales	0 = Baja contaminación
	Oxígeno Disuelto	1 = Alta contaminación
ICOSUS	Sólidos suspendidos	
ICOTRO	Fósforo Total	Oligotrófico <0,01 mg/l
		Mesotrófico 0,01 – 0,02 mg/l
		Eutrófico 0,02 – 1 mg/l
		Hipereutrófico >1 mg/l
ICOpH	pH	0 - 0,2 (Ninguna)
		> 0,2 – 0,4 (Baja)
		> 0,4 – 0,6 (Media)
		> 0,6 – 0,8 (Alta)
		> 0,8 – 0,1 (Muy alta)

Fuente: Universidad de pamplona, 2013.

Tabla 2. Ecuaciones para la determinación de los índices de contaminación del agua (ICO).

ÍNDICES	ECUACIÓN
ICOMO	$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxígeno \%})$
ICOSUS	$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg /L)}$
ICOTRO	Se calcula sobre la base de la concentración de Fósforo total en mg/l

$$ICOpH = \frac{e^{-31.08+3.45 pH}}{1 + e^{-31.08+3.45 pH}}$$

ICOpH

Fuente: Universidad de Pamplona, 2013.

Tabla 3. Clasificación Índices de Contaminación

ICO	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
0-0,2	Ninguna	
0,2-0,4	Baja	
0,4-0,6	Media	
0,6- 0,8	Alta	
0,8-1	Muy Alta	

Fuente: Universidad de Pamplona

vi. Mapas de calidad

Se utiliza la herramienta espacial geoestadística de Arcgis Kriging, para visualizar la distribución geográfica y la superficie de influencia o vulnerable a presentar un tipo de contaminación acorde a los resultados obtenidos en los índices de contaminación evaluados. Lo anterior facilita la identificación visual de la influencia de los impactos directos presentes en el cuerpo de agua y el cambio, magnificación o disminución del grado de contaminación en las respectivas zonas del brazo noroccidental del humedal Gualí, indicando las zonas con contaminación más alta.

Objetivo 2: Realizar el diagnóstico del estado de calidad del área estudio, acorde a la evaluación de objetivos de calidad y cálculo de índices.

vii. **Análisis y diagnóstico de calidad**

Este diagnóstico se centrará en un análisis minucioso de objetivos de calidad, índices, interrelaciones de los anteriores, efectos sinérgicos con el ambiente, consecuencias y beneficios ambientales, lo anterior para el periodo estudio, indicando si existe un aumento de la contaminación a causa de ciertos parámetros, la variación o fluctuación dada. Se hablará del humedal como un conjunto en dónde se evidencian sinérgicamente los impactos negativos ocasionados. Para lograr lo anterior se hará uso de fuentes de información bibliográfica resaltando las características e importancia de los resultados obtenidos para cada parámetro e índice, asociando las consecuencias existentes cuando se presentan valores por fuera del rango demasiado altos o demasiado bajos. Se indicarán los principales parámetros afectantes de la calidad y su relación para con las causas directas asociadas o vertimientos presentes.

Objetivo 3: Plantear propuestas de gestión y manejo acorde a los resultados obtenidos.

viii. **Elaboración de propuestas de gestión**

Acorde al diagnóstico realizado se elaborarán propuestas de manejo y gestión, en fichas descriptivas en donde en estas se plasmen los objetivos de la propuesta, metas, acciones a desarrollar, requerimientos, monitoreo y seguimiento a implementar, sustentados el último en indicadores. Lo anterior como propuestas de tipo de preventivo, de control y de protección, en pro de la conservación de este espacio tan importante para la Sabana.

Capítulo 4. Resultados y discusión

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos acorde a la metodología planteada en el numeral anterior.

4.1 Afectaciones directas a la calidad del agua (Vertimientos)

Los municipios de Funza y Mosquera tradicionalmente eran de actividad agrícola, en estos municipios se alberga un humedal de bastante importancia para la Sabana, humedal poseedor de valores naturales y paisajísticos. Actualmente el humedal Gualí se ve afectado por la constante presión del crecimiento, de actividades industriales, habitacionales y de comercio.

El establecimiento de industrias y viviendas sobre en cercanías al humedal Gualí incide y facilita la presencia de impactos negativos asociados a la disminución de la calidad y afectación de la composición del recurso hídrico. Es así como el desmesurado crecimiento industrial, comercial y urbano de estos dos municipios generan la fragmentación de este ecosistema y deteriorando las condiciones del mismo.

La diversificación de las actividades desarrolladas en cercanía al humedal, generan nuevas dinámicas sobre el suelo, cambiando su uso y afectando la delicada estructura del humedal.

Mediante la recopilación de información de expedientes y carpetas de quejas y trámites ambientales, se identificaron 42 puntos de vertimiento en el brazo noroccidental del humedal (Figura No 3) el cual a su vez concuerda con la zona en donde se localizan algunas urbanizaciones de Funza y Mosquera y tanto el corredor industrial de Mosquera vía Calle 13, como el corredor industrial Funza vía Portal 80. Para la identificación de esta información se revisaron 545 expedientes y 350 carpetas relacionadas con vertimientos. La tabla que relaciona los puntos de vertimiento de la Figura No 3, se relaciona en el Anexo No 1.

De estos vertimientos identificados y al realizar la debida verificación en campo se identifica que los vertimientos finales asociados al humedal Gualí tan solo son 26 (Figura No 3), de los cuales se relaciona su respectiva información en el Tabla No 4. En donde el 69% pertenecen a vertimientos de agua lluvia, pero estas aguas incluyen el arrastre de los elementos presentes en el suelo los cuales en ocasiones no solo son partículas simples, ya que pueden contener restos de hidrocarburos como en el caso de las estaciones de servicio y los parques industriales por donde se movilizan bastantes vehículos o donde las aguas provienen de suelos asfaltados, a su vez algunas de las aguas lluvias como las de las floras contienen pequeñas diluciones de fertilizantes y agroquímicos provenientes de las infiltraciones y arrastre de los mismos a través de cunetas conectadas al humedal.

Cerca del 23% de los vertimientos pertenecen a aguas lluvias y aguas residuales domésticas, en donde previo al vertimiento existe un tratamiento. En las visitas realizadas se evidencian vertimientos con excelentes calidades, lo anterior a causa del aspecto y la no presencia de malos olores, pero se presentaron los casos en donde se verifica un vertimiento sin previo tratamiento, generando así la afectación de la calidad del cuerpo hídrico.

Alrededor del 3,8% se asocia a vertimientos a agua residual industrial y agua lluvia, vertimiento del cual se observó un buen aspecto del efluente y a su vez un 3,8% se asocia a vertimientos netamente de agua residual industrial, de igual forma previo a un sistema de tratamiento.

Algunos de los puntos visitados ya se encontraban conectados al sistema de alcantarillado, manejaban sus aguas a través de un tercero o Gestor de aguas residuales y dos de los puntos ya se suspendieron dando cumplimiento al Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. Las actividades relacionadas para los puntos de vertimiento finales se asocian a

almacenamiento y deposito, distribución de combustibles, elaboración de productos alimenticios, elaboración de concentrados, educación, manipulación de carga y edificaciones de uso residencial

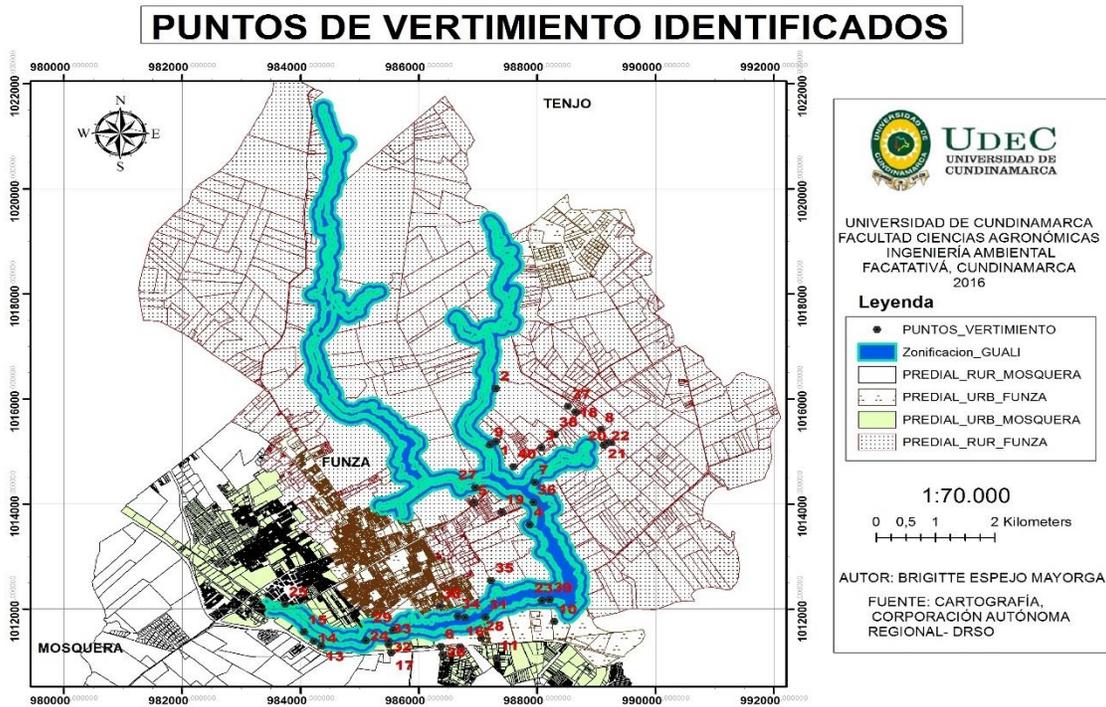


Figura 3. Ubicación puntos de vertimientos identificados.

Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO.

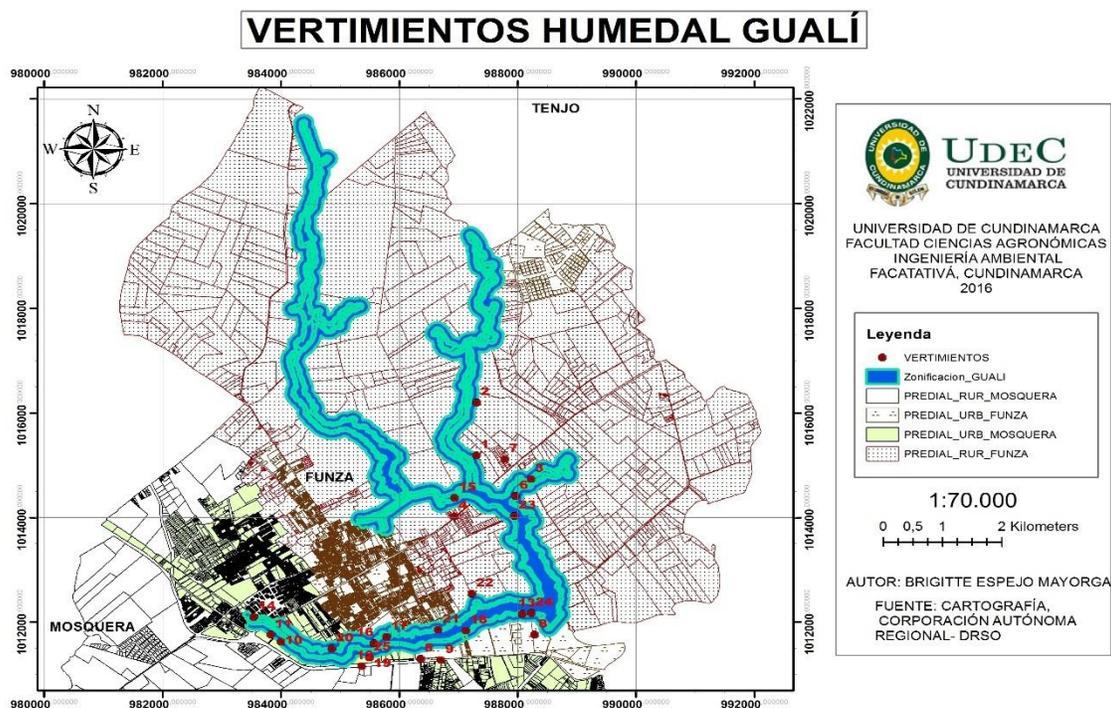


Figura 4. Vertimientos Humedal Guali

Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO.

Tabla 4. Puntos de vertimiento finales

PUNTO	SOLICITANTE O PUNTO	ESTE	NORTE	ALTUR A	TIPO DE AGUA RESIDUAL
1	PARQUE INDUSTRIAL Y LOGISTICO LA COFRADIA	987304	1015190	2550	AGUA LLUVIA
2	PARQUE LOGISTICO E INDUSTRIAL GALICIA	987307	1016199	2555	AGUA LLUVIA
3	PARQUE INDUSTRIAL SAN ANTONIO / Compañía Industrial Agropecuario S en C	988226	1014738	2560	AGUA LLUVIA Y AGUA RESIDUAL DOMESTICA
4	PARQUE INDUSTRIAL BORINQUEN R.R.	986934	1014025	2546	AGUA LLUVIA

5	Sociedad SILVESTRE CORTES RANCHO SILVER Y CIA S. EN C. (ESSO DE OCCIDENTE)	986359	1011300	2565	AGUA LLUVIA
6	Arnulfo Neira Díaz, Inés Rache Acosta- PARQUE INDUSTRIAL CACIQUE	987963	1014413	2546	AGUA RESIDUAL DOMESTICA Y AGUA LLUVIA
7	Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario Inpec - Escuela Penitenciaria Enrique Low Murtra	987783	1015117	2547	AGUA RESIDUAL DOMESTICA Y AGUA LLUVIA
8	Descarga PTAR municipio de Funza	988289	1011760	2545	AGUA LLUVIA Y AGUA RESIDUAL DOMESTICA
9	Canal de aguas vía al municipio de Funza	986704	1011275	2543	AGUA LLUVIA
10	Productos Alimenticios Doria S.A	984000	1011624	2544	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL Y LLUVIA
11	Nestlé Purina PET CARE de Colombia S.A	983827	1011763	2544	AGUA LLUVIA
12	SOLLA S.A	985365	1011154	2542	AGUA LLUVIA
13	AGROBETANIA S.A./ PARQUE INDUSTRIAL SAN CARLOS I Y II	988081	1012159	2543	AGUA LLUVIA Y AGUA RESIDUAL DOMESTICA
14	URBE CAPITAL S.A.- URBANIZACIÓN EL TREBOL	983539	1012101	2544	AGUA LLUVIA
15	BAGGRIT DE COLOMBIA Y ESTALIHG ING. LTDA ((PARQUE EMPRESARIAL LA GLORIA)	986936	1014374	2568	AGUA LLUVIA Y AGUA RESIDUAL DOMESTICA

16	SOCIEDAD PRODESA SA	985571	1011598	2543	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
17	CONJUNTO RESIDENCIAL ALTOS DE GUALI	985786	1011722	2547	AGUA LLUVIA
18	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS ZONA INDUSTRIAL EL HATO	987126	1011840	2543	AGUA LLUVIA
19	PUNTO DE INTERSECCIÓN MOSQUERA- FUNZA	985492	1011321	2541	AGUA LLUVIA
20	COJUNTO RESIDENCIAL LA ESTANCIA	984858	1011493	2560	AGUA LLUVIA
21	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DEL MUNICIPIO DE FUNZA	986657	1011859	2543	AGUA LLUVIA
22	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DE LA CARRETERA CENTRAL PARALELA A LA VÍA VEREDA EL HATO ORIENTE OCCIDENTE	987226	1012546	2547	AGUA LLUVIA
23	BODEGAS PARQUE INDUSTRIAL ARGELIA	987943	1014034	2544	AGUA LLUVIA
24	JARDINES BACATA	988236	1012179	2564	AGUA LLUVIA
25	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DEL BARRIO LA CARTUJA	985492	1011321	2541	AGUA LLUVIA
26	DESCARGA DE AGUA RESIDUAL MCPIO DE FUNZA, PUNTO TRES ESQUINAS	101184 0	986094	2543	AGUA LLUVIA

Fuente: Autor

Actualmente no se cuenta con un programa de monitoreo a estos vertimientos. Se realizó el proceso investigativo, en los expedientes de cada una de las empresas mencionadas, pero no se encontraron reportes de vertimientos que pudiesen aportar información a comparar con la norma de vertimientos, Resolución 0631 de 2015.

4.2 Puntos de Muestreo del Laboratorio CAR

El laboratorio a través de un programa de monitoreo a humedales, embalses y lagunas, realiza diversos monitoreos con el fin de determinar la calidad de los cuerpos hídricos de Sabana Occidente, este programa consta de 30 puntos de monitoreo (Figura No 5) estos monitoreos son realizados en diferentes comisiones durante el año, las cuales realizan muestreos puntuales a los puntos ya definidos.

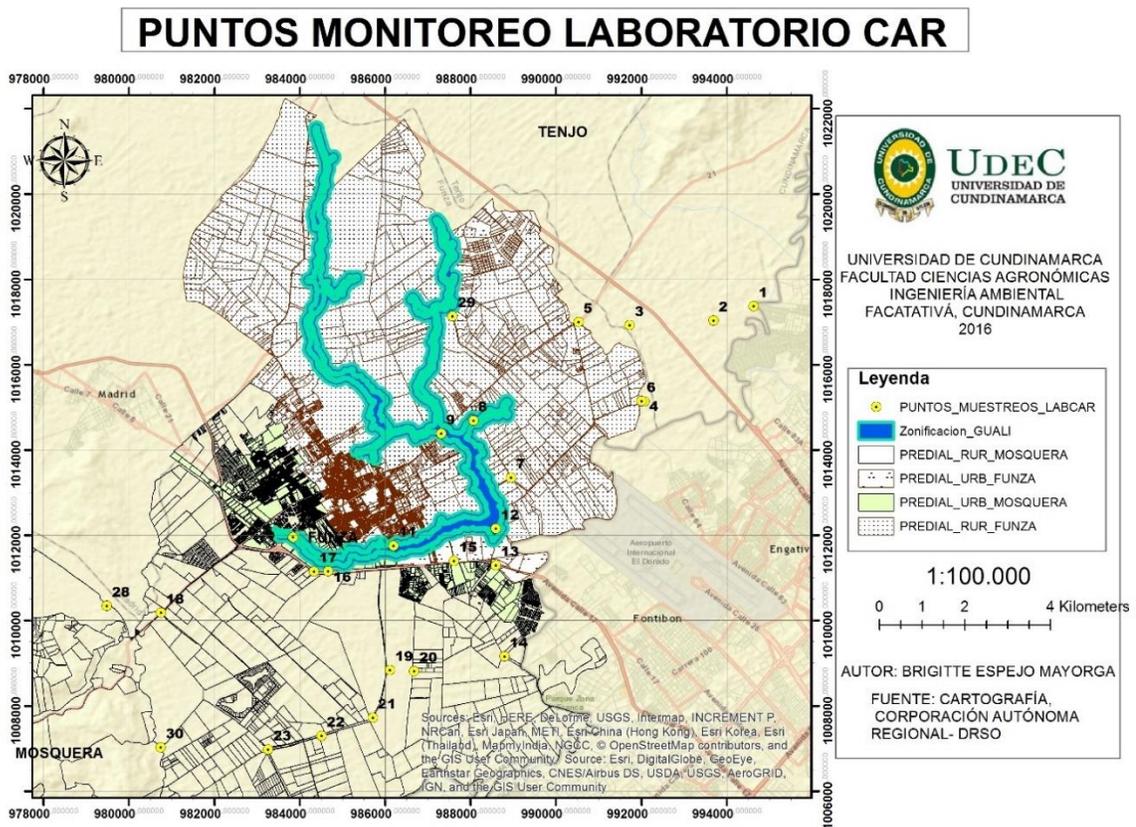


Figura 5. Puntos de monitoreo Laboratorio CAR

Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO.

De los puntos de monitoreo totales y acorde al área estudio se seleccionan 7 puntos ubicados en el brazo noroccidental (Figura 6), los cuales se describen en la tabla 5, estos puntos

son seleccionados acorde a la cercanía a vertimientos y a la ubicación que presentaban, para con el área estudio. De estos puntos se tomaron los datos de los parámetros de: Coliformes Totales, Fosforo, Cloruros, DBO, Sulfatos, N- Nitratos, N- Nitritos, Oxígeno Disuelto, N- Amoniacal, Sólidos Suspendidos, pH, Cobalto, Cromo y Plomo del año 2008 al 2015.

Los resultados son agrupados por año y parámetro en una base de datos que permite la visualización de estos de manera ordenada, luego de extraerlos de las fichas de resultados de los monitoreos realizados por el laboratorio de CAR.

Tabla No 5. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo

NO	NOMBRE	Y	X	ALTURA
7	Canal Chicú- Gualí	1013348	988947	2549
8	Ciénaga Gualí - Chicú	1014689	988064	2544
9	Ciénaga Gualí - Sobre el puente Vía Siberia Funza	1014386	987310	2545
10	Cienaga Tres Esquinas - Frente a purina	1011951	983836	2543
11	Ciénaga Tres Esquinas - Antigua bocatoma acueducto de Funza	1011753	986190	2545
12	Ciénaga Gualí - Tres esquinas frente a entrada La Ramada	1012156	988587	2543
15	Canal A- Frente a flores Guacatay	1011394	987609	2544

Fuente: Laboratorio CAR

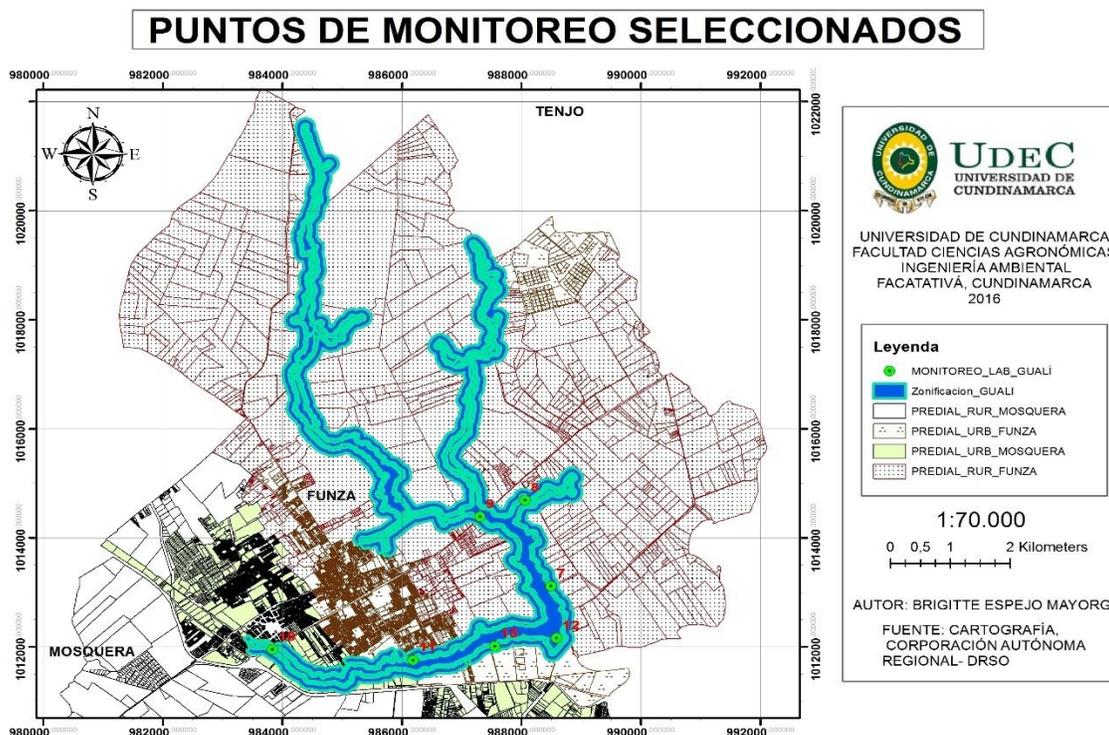


Figura 6. Puntos de monitoreo seleccionados

Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO

4.3 Análisis estadístico descriptivo

Se aplicó un análisis de medidas descriptivas, las cuales son valores numéricos calculados a partir de la muestra y que nos resumen la información contenida en ella. La estadística descriptiva estudia diferentes fenómenos, resume los datos recogidos y permite obtener conclusiones de un estudio. Los pasos que contiene son, recogida de datos, organización de datos en tablas e interpretación de estos datos.

Los datos fueron analizados en su conjunto por parámetros evaluados, ya que estos presentan una gran dispersión, se evaluaron mediante intervalos, lo cual permite saber cómo se comporta la distribución de los datos.

Para la evaluación estadística se aplicaron tablas de frecuencias en donde se identificó el número de intervalos, el número de datos, el valor máximo y mínimo, el rango, la longitud o amplitud de los intervalos, la frecuencia absoluta (x_i), la marca de clase (X_i), la frecuencia relativa (f_r), la frecuencia absoluta acumulada (F_i), la media, la moda, la mediana, la desviación típica y la varianza.

El número de datos hace referencia al conteo de los datos para un parámetro. El valor máximo y mínimo de la serie del conteo anterior es necesario para determinar el rango a utilizar para el cálculo de la amplitud de los intervalos, para el cálculo del rango se resta el valor máximo de la serie del valor mínimo. La selección del número de intervalos a utilizar se obtiene mediante la ley de STURGES, la cual dice que el número de intervalos es igual a $(1 + 3,332 \text{ LOG}(N))$, seguidamente y acorde al valor mínimo, este se le suma a la longitud y de allí se obtiene el número de intervalos.

La frecuencia absoluta (x_i), se refiere al número de veces en que se repite un dato o evento durante el estudio.

La marca de clase (X_i), hace referencia a aquel valor que representa a todo el intervalo, en el cálculo de la mediana, la varianza y la desviación típica, para su cálculo se resta el límite mayor del intervalo al límite menor y este resultado se divide entre dos.

La frecuencia relativa (f_r), se refiere a la porción en tanto por ciento que representa el intervalo acorde al número de veces en que se repite en el experimento, para ello se divide la frecuencia absoluta entre el número de datos y se divide entre 100.

La frecuencia absoluta acumulada (F_i), es la suma de todas las frecuencias acumuladas, de forma tal que se va sumando el valor de f_i para el intervalo más el del intervalo anterior.

Para el cálculo de la media, la moda, la mediana, la desviación típica y la varianza, se hace uso de las ecuaciones que siguen a continuación.

Tabla 5. Ecuaciones utilizadas en estadística descriptiva

$\mathbf{Me} = li * \frac{\frac{N}{2} - F_{i-1}}{f_i} * a_i$	$\mathbf{Mo} = li * \frac{f_{i-1}}{f_{i-1} + f_{i+1}} * a_i$
$\mathbf{Mediana} = \frac{\sum xi * fi}{\sum fi} * a_i$	$\mathbf{Varianza} = \frac{\sum xi^2 * fi}{\sum fi} - \mathbf{mediana}^2$
$\mathbf{Desviación\ típica} = \sqrt{\mathbf{Varianza}}$	

Fuente: psu.demre.cl/adjuntos/nociones-básicas-estadísticas-educación

Dónde: li= límite inferior; Me= media; Mo= moda; f_{i-1} = frecuencia absoluta anterior a la del intervalo trabajado; f_{i+1} = frecuencia absoluta siguiente a la del intervalo trabajado; a_i =Amplitud o longitud del intervalo.

El cálculo del intervalo a trabajar para el caso de la Moda, se calcula mediante el intervalo con mayor frecuencia absoluta, para el caso el de la moda se selecciona con el valor de la frecuencia absoluta acumulada que supera e valor de la mitad del número de datos.

A causa de la igualdad en el número de datos para cada parámetros (56), el número de intervalos es el mismo (15).

i) Cloruros: la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 6 y 7. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 29,58, el valor mayor 127,1, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [63,41 – 70,18), la distribución de los datos no presenta datos lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 65,83 y la mediana o valor central 66,79, resultados que no superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de 250

mg/l. A su vez la moda es 66,59, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 17,53.

Tabla 6. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cloruros

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[29,58 - 36,35)	3	32,96	5,36	98,89	1087	3259,71	3
[36,35 - 43,11)	0	39,73	0,00	0,00	1578	0,00	3
[43,11 - 49,88)	5	46,50	8,93	232,48	2162	10809,35	8
[49,88 - 56,65)	6	53,26	10,71	319,57	2837	17021,21	14
[56,65 - 63,41)	9	60,03	16,07	540,26	3603	32430,93	23
[63,41 - 70,18)	14	66,79	25,00	935,13	4462	62461,99	37
[70,18- 76,94)	8	73,56	14,29	588,49	5411	43290,18	45
[76,94 - 83,71)	4	80,33	7,14	321,31	6453	25810,17	49
[83,71 - 90,48)	1	87,09	1,79	87,09	7585	7585,38	50
[90,48 - 97,24)	3	93,86	5,36	281,58	8810	26429,35	53
[97,24 - 104,01)	1	100,63	1,79	100,63	10126	10125,75	54
[104,01 - 110,78)	1	107,39	1,79	107,39	11533	11533,29	55
[110,78 - 117,54)	0	114,16	0,00	0,00	13032	0,00	55
[117,54 - 124,31)	0	120,93	0,00	0,00	14623	0,00	55
[124,31 - 131,08)	1	127,69	1,79	127,69	16305	16305,31	56
SUMATORIA	56	-	100	3740,52	-	267063	

Fuente: Autor

Tabla 7. Resultados estadística descriptiva, Cloruros

# DATOS	56		
MAX	127,1		
MIN	29,58	INTERVALO MED	28
RANGO	97,5	MEDIA=	65,83
LONGITUD	6,77	MEDIANA=	66,79
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	307,40
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	17,53
AMPLITUD INT	6,77	MODA=	66,59

Fuente: Autor

ii) **DBO:** la evaluación estadística, se indica en la Tabla No 8 y 9 Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 1,9 y el valor mayor 151, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [1,9 – 712,25), la distribución de los datos no presenta datos lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 11,24 y la mediana o valor central 29,24. A su vez la moda

es 12,25, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 38,38.

Tabla 8. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, DBO

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[1,9 - 12,25)	31	7,07	55,36	219,25	50	1550,67	31
[12,25 - 22,59)	7	17,42	12,50	121,92	303	2123,66	38
[22,59 - 32,94)	5	27,76	8,93	138,82	771	3853,93	43
[32,94 - 43,28)	3	38,11	5,36	114,32	1452	4356,71	46
[43,28 - 53,63)	1	48,45	1,79	48,45	2348	2347,73	47
[53,63 - 63,97)	0	58,80	0,00	0,00	3457	0,00	47
[63,97 - 74,32)	1	69,14	1,79	69,14	4781	4780,87	48
[74,32 - 84,66)	1	79,49	1,79	79,49	6319	6318,51	49
[84,66 - 95,01)	1	89,83	1,79	89,83	8070	8070,19	50
[95,01 - 105,35)	0	100,18	0,00	0,00	10036	0,00	50
[105,35 - 115,70)	3	110,52	5,36	331,57	12216	36647,11	53
[115,70 - 126,04)	0	120,87	0,00	0,00	14610	0,00	53
[126,04 - 136,39)	1	131,22	1,79	131,22	17217	17217,40	54
[136,39 - 146,73)	1	141,56	1,79	141,56	20039	20039,32	55
[146,73 - 157,08)	1	151,91	1,79	151,91	23075	23075,28	56
SUMATORIA	56	-	100	1637,49	-	130381	

Fuente: Autor

Tabla 9. Resultados estadística descriptiva DBO

# DATOS	56		
MAX	151,0		
MIN	1,9	INTERVALO MED	28
RANGO	149,1	MEDIA=	11,24
LONGITUD	10,35	MEDIANA=	29,24
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	1473,21
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	38,38
AMPLITUD INT	10,35	MODA=	12,25

Fuente: Autor

iii) **Sulfatos:** Tal como indican las tablas de evaluación estadística No 10 y 11, el valor mínimo de la serie de datos es 14,55, el valor mayor 1761, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [14,55 – 135,73), la distribución de los datos presenta un dato muy lejano o valor atípico a la serie de datos. El valor de la media es 135,73 y la mediana o valor central 317,49, resultados que no superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad

de 400 mg/l. A su vez la moda es 135,73, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 364,25.

Tabla 10. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Sulfatos

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[14,55 - 135,73)	28	75,14	50,00	2103,87	5.646	158.080,76	28
[135,73 - 256,90)	8	196,31	14,29	1570,52	38.539	308.314,90	36
[256,90 - 378,08)	3	317,49	5,36	952,47	100.800	302.401,13	39
[378,08 - 499,26)	6	438,67	10,71	2632,00	192.429	1.154.572,67	45
[499,26 - 620,43)	0	559,84	0,00	0,00	313.425	0,00	45
[620,43 - 741,61)	4	681,02	7,14	2724,08	463.788	1.855.151,03	49
[741,61 - 862,78)	1	802,20	1,79	802,20	643.518	643.518,33	50
[862,78 - 983,96)	2	923,37	3,57	1846,74	852.616	1.705.232,60	52
[983,96 - 1105,14)	1	1044,55	1,79	1044,55	1.091.082	1.091.081,66	53
[1105,14 - 1226,31)	2	1165,72	3,57	2331,45	1.358.914	2.717.828,82	55
[1226,31 - 1347,49)	0	1286,90	0,00	0,00	1.656.115	0,00	55
[1347,49 - 1468,67)	0	1408,08	0,00	0,00	1.982.682	0,00	55
[1468,67 - 1589,84)	0	1529,25	0,00	0,00	2.338.617	0,00	55
[1589,84 - 1711,02)	0	1650,43	0,00	0,00	2.723.919	0,00	55
[1711,02 - 1832,19)	1	1771,61	1,79	1771,61	3.138.589	3.138.589,02	56
SUMATORIA	56	-	100	17779,48	-	13074771	

Fuente: Autor

Tabla 11. Resultados estadística descriptiva, Cloruros

# DATOS	56		
MAX	1761		
MIN	14,55	INTERVALO MED	28
RANGO	1746,5	MEDIA=	135,73
LONGITUD	121,18	MEDIANA=	317,49
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	132677,68
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	364,25
AMPLITUD INT	121,18	MODA=	135,73

Fuente: Autor

iv) **Coliformes:** la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 12 y 13. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 7,00E-02, el valor mayor 3,40E+07, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [7,00E-02 – 2,36E+06), la distribución de los datos presenta un dato muy lejano o dato atípico a la serie. El valor de la media es 1,30E+06 y la mediana o valor central 2,74E+06. La moda es 1,86E+05, siendo este el

valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 5,63E+06.

Tabla 12. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Coliformes T

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[7,00 E-02 - 2,36 E+06)	51	1,18E+06	91,07	6,02E+07	1,39E+12	7,10E+13	51
[2,36E+06 - 4,72E+06)	0	3,54E+06	0,00	0,00E+00	1,25E+13	0,00E+00	51
[4,72E+06 - 7,08E+06)	0	5,90E+06	0,00	0,00E+00	3,48E+13	0,00E+00	51
[7,08E+06 - 9,44E+06)	1	8,26E+06	1,79	8,26E+06	6,82E+13	6,82E+13	52
[9,44E+06 - 1,18E+07)	0	1,06E+07	0,00	0,00E+00	1,13E+14	0,00E+00	52
[1,18E+07 - 1,42E+07)	1	1,30E+07	1,79	1,30E+07	1,68E+14	1,68E+14	53
[1,42E+07 - 1,65E+07)	0	1,53E+07	0,00	0,00E+00	2,35E+14	0,00E+00	53
[1,65E+0,7 - 1,89E+0,7)	1	1,77E+07	1,79	1,77E+07	3,13E+14	3,13E+14	54
[1,89E+07 - 2,12E+07)	1	2,01E+07	1,79	2,01E+07	4,02E+14	4,02E+14	55
[2,12E+07 - 2,36E+07)	0	2,24E+07	0,00	0,00E+00	5,02E+14	0,00E+00	55
[2,36E+07 - 2,59E+07)	0	2,48E+07	0,00	0,00E+00	6,14E+14	0,00E+00	55
[2,59E+07 - 2,83E+07)	0	2,71E+07	0,00	0,00E+00	7,36E+14	0,00E+00	55
[2,83E+07 - 3,07E+0,7)	0	2,95E+07	0,00	0,00E+00	8,70E+14	0,00E+00	55
[3,07E+0,7 - 3,30E+0,7))	0	3,18E+07	0,00	0,00E+00	1,01E+15	0,00E+00	55
[3,30E+0,7 - 3,54E+07)	1	3,42E+07	1,79	3,42E+07	1,17E+15	1,17E+15	56
SUMATORIA	56	-	100	1,53E+08	-	2,19E+15	

Fuente: Autor

Tabla 13. Resultados estadística descriptiva, Coliformes

# DATOS	56		
MAX	3,40E+07		
MIN	7,00E-02	INTERVALO MED	28
RANGO	3,40E+07	MEDIA=	1,30E+06
LONGITUD	2,36E+06	MEDIANA=	2,74E+06
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	3,17E+13
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	5,63E+06
AMPLITUD INT	2,36E+06	MODA=	1,86E+05

Fuente: Autor

v) **Fósforo:** la evaluación para el Fósforo, se indica en la Tabla No 14 y 15. El valor mínimo de la serie de datos es 0,1, el valor mayor 9,3, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0,1 – 0,74), con una frecuencia absoluta de 21, la distribución de los datos presenta 4 datos lejanos y 1 muy lejanos, datos considerados como valores atípicos. El valor de la media es 0,92 y la mediana o valor central 1,82, resultado que superan el valor máximo

admisible de los objetivos de calidad de 0,10 mg/l. A su vez la moda es 0,74, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 2,18.

Tabla 14. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Fósforo

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,1 - 0,74)	21	0,41	37,50	8,52	0	3,46	21
[0,74 - 1,38)	13	1,06	23,21	13,81	1	14,67	34
[1,38 - 2,02)	8	1,70	14,29	13,63	3	23,22	42
[2,02 - 2,67)	5	2,35	8,93	11,73	5	27,50	47
[2,67 - 3,31)	3	2,99	5,36	8,96	9	26,76	50
[3,31 - 3,95)	0	3,63	0,00	0,00	13	0,00	50
[3,95 - 4,59)	0	4,27	0,00	0,00	18	0,00	50
[4,59 - 5,23)	1	4,91	1,79	4,91	24	24,12	51
[5,23 - 5,87)	0	5,55	0,00	0,00	31	0,00	51
[5,87 - 6,51)	0	6,19	0,00	0,00	38	0,00	51
[6,51 - 7,16)	0	6,84	0,00	0,00	47	0,00	51
[7,16 - 7,80)	2	7,48	3,57	14,95	56	111,80	53
[7,80 - 8,44)	2	8,12	3,57	16,24	66	131,81	55
[8,44 - 9,08)	0	8,76	0,00	0,00	77	0,00	55
[9,08 - 9,72)	1	9,40	1,79	9,40	88	88,38	56
SUMATORIA	56	-	100	102,15	-	452	

Fuente: Autor

Tabla 15. Resultados estadística descriptiva, Fósforo

# DATOS	56		
MAX	9,3		
MIN	0,1	INTERVALO MED	28
RANGO	9,2	MEDIA=	0,92
LONGITUD	0,64	MEDIANA=	1,82
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	4,74
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	2,18
AMPLITUD INT	0,64	MODA=	0,74

Fuente: Autor

vi) **N- Nitratos:** la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 16 y 17. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 0,003, el valor mayor 1,5, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0,32 – 0,43), la distribución de los datos no

presenta datos lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 0,40 y la mediana o valor central 0,48, resultados que no superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de 1 mg/l. A su vez la moda es 0,36, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 0,30.

Tabla 16. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Nitratos

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,003- 0,11)	2	0,06	3,57	0,11	0	0,01	2
[0,11- 0,21)	3	0,16	5,36	0,48	0	0,08	5
[0,21 - 0,32)	12	0,27	21,43	3,20	0	0,86	17
[0,32 - 0,43)	15	0,37	26,79	5,59	0	2,08	32
[0,43 -0,53)	6	0,48	10,71	2,87	0	1,37	38
[0,53 - 0,64)	9	0,58	16,07	5,25	0	3,07	47
[0,64 - 0,74)	2	0,69	3,57	1,38	0	0,95	49
[0,74- 0,85)	1	0,80	1,79	0,80	1	0,63	50
[0,85 - 0,95)	1	0,90	1,79	0,90	1	0,81	51
[0,95 - 1,06)	1	1,01	1,79	1,01	1	1,01	52
[1,06- 1,16)	1	1,11	1,79	1,11	1	1,24	53
[1,16 - 1,27)	1	1,22	1,79	1,22	1	1,48	54
[1,27- 1,38)	1	1,32	1,79	1,32	2	1,75	55
[1,38 - 1,48)	0	1,43	0,00	0,00	2	0,00	55
[1,48- 1,59)	1	1,53	1,79	1,53	2	2,35	56
SUMATORIA	56	-	100	26,78	-	18	

Fuente: Autor

Tabla 17. Resultados estadística descriptiva, N- Nitratos

# DATOS	56		
MAX	1,5		
MIN	0,003	INTERVALO MED	28
RANGO	1,5	MEDIA=	0,40
LONGITUD	0,11	MEDIANA=	0,48
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	0,09
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	0,30
AMPLITUD INT	0,11	MODA=	0,36

Fuente: Autor

vii) **N- Nitritos:** En la Tabla No 18 y 29, se indica la evaluación realizada. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 0,002, el valor mayor 0,71, el intervalo con la mayor

frecuencia absoluta es el [0,002 – 0,05), la distribución de los datos presenta 2 datos lejanos y 1 muy lejano o datos atípicos. El valor de la media es 0,05 y la mediana o valor central 0,1. A su vez la moda es 0,05, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 0,16.

Tabla 18. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Nitritos

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,002 - 0,05)	31	0,03	55,36	0,82	0	0,02	31
[0,05 - 0,10)	17	0,08	30,36	1,28	0	0,10	48
[0,10 - 0,15)	0	0,12	0,00	0,00	0	0,00	48
[0,15 - 0,20)	0	0,17	0,00	0,00	0	0,00	48
[0,20 - 0,25)	1	0,22	1,79	0,22	0	0,05	49
[0,25 - 0,30)	0	0,27	0,00	0,00	0	0,00	49
[0,30 - 0,34)	1	0,32	1,79	0,32	0	0,10	50
[0,34 - 0,39)	1	0,37	1,79	0,37	0	0,14	51
[0,39 - 0,44)	2	0,42	3,57	0,84	0	0,35	53
[0,44 - 0,49)	0	0,47	0,00	0,00	0	0,00	53
[0,49 - 0,54)	0	0,52	0,00	0,00	0	0,00	53
[0,54 - 0,59)	0	0,56	0,00	0,00	0	0,00	53
[0,59 - 0,64)	2	0,61	3,57	1,23	0	0,75	55
[0,64 - 0,69)	0	0,66	0,00	0,00	0	0,00	55
[0,69 - 0,74)	1	0,71	1,79	0,71	1	0,51	56
SUMATORIA	56	-	100	5,79	-	2	

Fuente: Autor

Tabla 19. Resultados estadística descriptiva, N- Nitritos

# DATOS	56		
MAX	0,71		
MIN	0,002	INTERVALO MED	28
RANGO	0,7	MEDIA=	0,05
LONGITUD	0,05	MEDIANA=	0,10
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	0,03
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	0,16
AMPLITUD INT	0,05	MODA=	0,05

Fuente: Autor

viii) Oxígeno Disuelto: La distribución de los datos de este parámetro, se indica en la Tabla No 20 y 21. El valor mínimo de la serie de datos es 0, el valor mayor 9,0, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0 – 0,62), la distribución de los datos no presenta datos

lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 0,99 y la mediana o valor central 1,69, resultados que no superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de >4 mg/l, indicando deficiencia respecto a este parámetro. A su vez la moda es 0,62. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 2,04.

Tabla 20. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Oxígeno

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0 - 0,62)	22	0,31	39,29	6,86	0	2,14	22
[0,62 - 1,25)	10	0,94	17,86	9,36	1	8,75	32
[1,25 - 1,87)	8	1,56	14,29	12,48	2	19,45	40
[1,87 - 2,50)	7	2,18	12,50	15,28	5	33,36	47
[2,50 - 3,12)	1	2,81	1,79	2,81	8	7,88	48
[3,12 - 3,74)	1	3,43	1,79	3,43	12	11,77	49
[3,74 - 4,37)	1	4,05	1,79	4,05	16	16,44	50
[4,37 - 4,99)	1	4,68	1,79	4,68	22	21,89	51
[4,99 - 5,61)	2	5,30	3,57	10,60	28	56,22	53
[5,61 - 6,24)	0	5,93	0,00	0,00	35	0,00	53
[6,24 - 6,86)	0	6,55	0,00	0,00	43	0,00	53
[6,86 - 7,49)	1	7,17	1,79	7,17	51	51,46	54
[7,49 - 8,11)	0	7,80	0,00	0,00	61	0,00	54
[8,11 - 8,73)	0	8,42	0,00	0,00	71	0,00	54
[8,73 - 9,36)	2	9,04	3,57	18,09	82	163,61	56
SUMATORIA	56	-	100	94,81	-	393	

Fuente: Autor

Tabla 21. Resultados estadística descriptivas, Oxígenos

# DATOS	56		
MAX	9,0		
MIN	0	INTERVALO MED	28
RANGO	9,0	MEDIA=	0,99
LONGITUD	0,62	MEDIANA=	1,69
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	4,15
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	2,04
AMPLITUD INT	0,62	MODA=	0,62

Fuente: Autor

ix) N- Amoniacal: la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 22 y 23. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 2,18, el valor mayor 51,9, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [2,18 – 5,63), con 15 datos en este intervalo, la

distribución de los datos no presenta datos lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 9,07 y la mediana o valor central 12,83, resultados que superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de 0,3 mg/l. A su vez la moda es 5,63 y la desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 11,63.

Tabla 22. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, N- Amoniactal

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[2,18 - 5,63)	15	3,90	26,79	58,51	15	228,25	15
[5,63 - 9,07)	13	7,35	23,21	95,55	54	702,29	28
[9,07 - 12,52)	10	10,80	17,86	107,97	117	1165,68	38
[12,52 - 15,97)	5	14,24	8,93	71,22	203	1014,36	43
[15,97 - 19,41)	3	17,69	5,36	53,07	313	938,81	46
[19,41 - 22,86)	5	21,14	8,93	105,68	447	2233,79	51
[22,86 - 26,31)	0	24,58	0,00	0,00	604	0,00	51
[26,31 - 29,75)	0	28,03	0,00	0,00	786	0,00	51
[29,75 - 33,20)	1	31,48	1,79	31,48	991	990,78	52
[33,20 - 36,65)	0	34,92	0,00	0,00	1220	0,00	52
[36,65 - 40,09)	0	38,37	0,00	0,00	1472	0,00	52
[40,09 - 43,54)	0	41,82	0,00	0,00	1749	0,00	52
[43,54 - 46,99)	1	45,26	1,79	45,26	2049	2048,77	53
[46,99 - 50,43)	2	48,71	3,57	97,42	2373	4745,33	55
[50,43 - 53,88)	1	52,16	1,79	52,16	2720	2720,32	56
SUMATORIA	56	-	100	718,32	-	16788	

Fuente: Autor

Tabla 23. Resultados estadística descriptiva, N- Amoniactal

# DATOS	56		
MAX	51,9		
MIN	2,18	INTERVALO MED	28
RANGO	49,7	MEDIA=	9,07
LONGITUD	3,45	MEDIANA=	12,83
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	135,26
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	11,63
AMPLITUD INT	3,45	MODA=	5,63

Fuente: Autor

x) **Sólidos Suspendidos:** El comportamiento estadístico de los datos para este parámetro, se indica en la Tabla No 24 y 25. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 4, el valor mayor 987,0, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [4 – 72,20), con el

82,14% de los datos, la distribución de los datos presenta 3 datos lejanos y 1 muy lejanos. El valor de la media es 45,52 y la mediana o valor central 86,82, resultados que superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de 20 mg/l. A su vez la moda es 72,20, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 154,52.

Tabla 24. Tablas de frecuencias, estadística descriptiva, SSUS

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[4 - 72,20)	46	38,10	82,14	1752,71	1452	66782,50	46
[72,20 - 140,41)	4	106,31	7,14	425,23	11301	45204,90	50
[140,41 - 208,61)	2	174,51	3,57	349,02	30454	60908,91	52
[208,61 - 276,82)	0	242,72	0,00	0,00	58911	0,00	52
[276,82 - 345,02)	0	310,92	0,00	0,00	96672	0,00	52
[345,02 - 413,23)	0	379,13	0,00	0,00	143737	0,00	52
[413,23 - 481,43)	3	447,33	5,36	1341,99	200105	600315,90	55
[481,43 - 549,64)	0	515,54	0,00	0,00	265777	0,00	55
[549,64 - 617,84)	0	583,74	0,00	0,00	340753	0,00	55
[617,84 - 686,05)	0	651,95	0,00	0,00	425033	0,00	55
[686,05 - 754,25)	0	720,15	0,00	0,00	518617	0,00	55
[754,25 - 822,46)	0	788,36	0,00	0,00	621504	0,00	55
[822,46 - 890,66)	0	856,56	0,00	0,00	733695	0,00	55
[890,66 - 958,87)	0	924,77	0,00	0,00	855190	0,00	55
[958,87 - 1027,27)	1	992,97	1,79	992,97	985989	985989,11	56
SUMATORIA	56	-	100	4861,93	-	1759201	

Fuente: Autor

Tabla 25. Resultados estadística descriptiva, SSUS

# DATOS	56		
MAX	987,0		
MIN	4	INTERVALO MED	28
RANGO	983,0	MEDIA=	45,52
LONGITUD	68,20	MEDIANA=	86,82
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	23876,57
APROXIMADO	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	154,52
INTERVALOS		MODA=	72,20
AMPLITUD INT	68,20		

Fuente: Autor

xi) pH: El valor mínimo de la serie de datos es 2,9, el valor mayor 7,5, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [6,44 – 6,76), con el 30,36% de los datos, la distribución de los datos no presenta datos lejanos o muy lejanos. El valor de la media es 6,65 y la mediana o valor central 6,15, resultados que no superan el valor máximo admisible de los objetivos de

calidad de 6 – 9. A su vez la moda es 6,72, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 1,34 (Tabla 26 y 27).

Tabla 26. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, pH

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[2,9 - 3,22)	6	3,06	10,71	18,36	9	56,21	6
[3,22 - 3,54)	1	3,38	1,79	3,38	11	11,44	7
[3,54 - 3,86)	1	3,70	1,79	3,70	14	13,72	8
[3,86 - 4,19)	0	4,03	0,00	0,00	16	0,00	8
[4,19 - 4,51)	0	4,35	0,00	0,00	19	0,00	8
[4,51 - 4,83)	2	4,67	3,57	9,34	22	43,58	10
[4,83 - 5,15)	0	4,99	0,00	0,00	25	0,00	10
[5,15 - 5,47)	1	5,31	1,79	5,31	28	28,21	11
[5,47 - 5,79)	1	5,63	1,79	5,63	32	31,73	12
[5,79 - 6,11)	3	5,95	5,36	17,86	35	106,35	15
[6,11 - 6,44)	2	6,28	3,57	12,55	39	78,77	17
[6,44 - 6,76)	17	6,60	30,36	112,15	44	739,85	34
[6,76 - 7,08)	13	6,92	23,21	89,94	48	622,26	47
[7,08 - 7,40)	6	7,24	10,71	43,44	52	314,50	53
[7,40 - 7,72)	3	7,56	5,36	22,68	57	171,53	56
SUMATORIA	56	-	100	344,36	-	2218	

Fuente: Autor

Tabla 27. Resultados estadística descriptiva, pH

# DATOS	56		
MAX	7,5		
MIN	2,9	INTERVALO MED	28
RANGO	4,6	MEDIA=	6,65
LONGITUD	0,32	MEDIANA=	6,15
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	1,80
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TIPICA=	1,34
AMPLITUD INT	0,32	MODA=	6,72

Fuente: Autor

xii) Cobalto: la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 28 y 29. El valor mínimo de la serie de datos es 0,12, el valor mayor 686,5, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0,12 – 47,75), con el 83,93%, la distribución de los datos presenta 2 datos lejanos y uno muy lejano. El valor de la media es 28,49 y la mediana o valor central 55,40, resultados que superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de

0,05 mg/l. A su vez la moda es 47,75, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 104,30.

Tabla 28. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cobalto

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,12 - 47,75)	47	23,93	83,93	1124,85	573	26921,19	47
[47,75 - 95,37)	3	71,56	5,36	214,68	5121	15362,14	50
[95,37 - 143,00)	1	119,19	1,79	119,19	14205	14205,13	51
[143,00 - 190,62)	2	166,81	3,57	333,62	27826	55652,08	53
[190,62 - 238,25)	0	214,44	0,00	0,00	45983	0,00	53
[238,25 - 285,88)	0	262,06	0,00	0,00	68677	0,00	53
[285,88 - 333,50)	2	309,69	3,57	619,38	95908	191815,46	55
[333,50 - 381,13)	0	357,32	0,00	0,00	127675	0,00	55
[381,13 - 428,76)	0	404,94	0,00	0,00	163978	0,00	55
[428,76 - 476,38)	0	452,57	0,00	0,00	204818	0,00	55
[476,38 - 524,01)	0	500,19	0,00	0,00	250194	0,00	55
[524,01 - 571,63)	0	547,82	0,00	0,00	300107	0,00	55
[571,63 - 619,26)	0	595,45	0,00	0,00	354556	0,00	55
[619,26 - 666,89)	0	643,07	0,00	0,00	413542	0,00	55
[666,89 - 714,51)	1	690,70	1,79	690,70	477065	477064,59	56
SUMATORIA	56	-	100	3102,42	-	781021	

Fuente: Autor

Tabla 29. Resultados estadística descriptiva, Cobalto

# DATOS	56		
MAX	686,5		
MIN	0,12	INTERVALO MED	28
RANGO	686,4	MEDIA=	28,49
LONGITUD	47,63	MEDIANA=	55,40
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	10877,60
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	104,30
AMPLITUD INT	47,63	MODA=	47,75

Fuente: Autor

xiii) Cromo: la evaluación estadística para este parámetro, se indica en la Tabla No 30 y 31. Acorde a ello el valor mínimo de la serie de datos es 0,0075, el valor mayor 444,0, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0,0075 – 30,81), con el 94,64% de los datos, la distribución de los datos no presenta datos lejanos, pero si uno muy lejanos. El valor de la media es 16,28 y la mediana o valor central 24,76, resultados que superan el valor máximo admisible de

los objetivos de calidad de 0,005 mg/l. A su vez la moda es 30,81, siendo este el valor que más se repite. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 57,61.

Tabla 30. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Cromo

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,0075 - 30,81)	53	15,41	94,64	816,76	237	12586,73	53
[30,81 - 61,62)	1	46,22	1,79	46,22	2136	2135,98	54
[61,62 - 92,43)	1	77,02	1,79	77,02	5933	5932,52	55
[92,43 - 123,23)	0	107,83	0,00	0,00	11627	0,00	55
[123,23 - 154,04)	0	138,64	0,00	0,00	19220	0,00	55
[154,04 - 184,84)	0	169,44	0,00	0,00	28710	0,00	55
[184,84 - 215,65)	0	200,25	0,00	0,00	40099	0,00	55
[215,65 - 246,46)	0	231,05	0,00	0,00	53386	0,00	55
[246,46 - 277,26)	0	261,86	0,00	0,00	68570	0,00	55
[277,26 - 308,07)	0	292,67	0,00	0,00	85653	0,00	55
[308,07 - 338,87)	0	323,47	0,00	0,00	104634	0,00	55
[338,87 - 369,68)	0	354,28	0,00	0,00	125513	0,00	55
[369,68 - 400,49)	0	385,08	0,00	0,00	148290	0,00	55
[400,49 - 431,29)	0	415,89	0,00	0,00	172965	0,00	55
[431,29 - 462,10)	1	446,70	1,79	446,70	199538	199537,68	56
SUMATORIA	56	-	100	1386,70	-	220193	

Fuente: Autor

Tabla 31. Resultados, estadística descriptiva, Cromo

# DATOS	56	INTERVALO MED	28
MAX	444,0	MEDIA=	16,28
MIN	0,0075	MEDIANA=	24,76
RANGO	444,0	VARIANZA=	3318,84
LONGITUD	30,81	DESVIACIÓN TÍPICA=	57,61
# INTERVALOS	14,41	MODA=	30,81
APROXIMADO INTERVALOS	15		
AMPLITUD INT	30,81		

Fuente: Autor

xiv) Plomo: El comportamiento estadístico de este parámetro, se indica en la Tabla No 32 y 33. El valor mínimo de la serie de datos es 0,15, el valor mayor 32,8, el intervalo con la mayor frecuencia absoluta es el [0,15 – 2,42), con el 71,43% de los datos, la distribución de los datos no presenta datos lejanos pero si 1 muy lejanos. El valor de la media es 1,74 y la mediana o

valor central 3,19, resultados que superan el valor máximo admisible de los objetivos de calidad de 0,05 mg/l. A su vez la moda es 2,42. La desviación típica que presentan los datos en su distribución respecto a la media es de 4,79.

Tabla 32. Tabla de frecuencias, estadística descriptiva, Plomo

INTERVALOS	fi	Xi	fr (%)	xi*fi=se	xi2	xi2*fi	Fi
[0,15 - 2,42)	40	1,28	71,43	51,34	2	65,90	40
[2,42 - 4,68)	5	3,55	8,93	17,75	13	63,04	45
[4,68 - 6,95)	5	5,82	8,93	29,09	34	169,24	50
[6,95 - 9,22)	3	8,08	5,36	24,25	65	196,10	53
[9,22 - 11,49)	1	10,35	1,79	10,35	107	107,17	54
[11,49 - 13,75)	1	12,62	1,79	12,62	159	159,25	55
[13,75 - 16,02)	0	14,89	0,00	0,00	222	0,00	55
[16,02 - 18,29)	0	17,15	0,00	0,00	294	0,00	55
[18,29 - 20,55)	0	19,42	0,00	0,00	377	0,00	55
[20,55 - 22,82)	0	21,69	0,00	0,00	470	0,00	55
[22,82 - 25,09)	0	23,95	0,00	0,00	574	0,00	55
[25,09 - 27,36)	0	26,22	0,00	0,00	688	0,00	55
[27,36 - 29,62)	0	28,49	0,00	0,00	812	0,00	55
[29,62 - 31,89)	0	30,76	0,00	0,00	946	0,00	55
[31,89 - 34,16)	1	33,02	1,79	33,02	1091	1090,55	56
SUMATORIA	56	-	100	178,44	-	1851	

Fuente: Autor

Tabla 33. Resultados estadística descriptiva, Plomo

# DATOS	56		
MAX	32,8		
MIN	0,15	INTERVALO MED	28
RANGO	32,7	MEDIA=	1,74
LONGITUD	2,27	MEDIANA=	3,19
# INTERVALOS	14,41	VARIANZA=	22,90
APROXIMADO INTERVALOS	15	DESVIACIÓN TÍPICA=	4,79
AMPLITUD INT	2,27	MODA=	2,42

Fuente: Autor

4.4 Parámetros Físico- Químicos y Microbiológicos

Luego de la recopilación de la información y de los datos, se procede a realizar el análisis de los resultados de los parámetros seleccionados. Para ello se analiza la fluctuación y el cumplimiento de cada parámetro respecto a los objetivos de calidad del Acuerdo 043 de 2006,

para la cuenca del Río Bogotá, de los cuales respectivamente los de clase III (Tabla No 34), corresponden a los valores asignados a la calidad de los embalses, lagunas, humedales y demás cuerpos lénticos de agua ubicados dentro de la cuenca del Río Bogotá.

Tabla 34. Valores máximos permisibles objetivos de calidad clase III

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	VALOR MÁS RESTRICTIVO (MÁXIMO QUE SE PUEDE OBTENER)
PARAMETROS ORGANICOS		
DBO	mg/L	20
OD	mg/L	>4
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ml	5000
PARAMETROS NUTRIENTES		
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	0,3
NITRATOS	mg/L	1
NITRITOS	mg/L	0,5
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,1
SOLIDOS		
SOLIDOS SUSPENDIDOS	mg/L	20
PARAMETROS DE INTERES SANITARIO		
AMONIACO	CL 96/50	1
ARSÉNICO	CL 96/50	0,05
BARIO	CL 96/50	1
BERILIO	CL 96/50	0,1
CADMIO	CL 96/50	0,01
CIANURO LIBRE	CL 96/50	0,2
CINC	CL 96/50	2
CLORUROS	mg/L	250
COBALTO	mg/L	0,05
COBRE	CL 96/50	0,2
COLOR	Unidades escala Platino - Cobalto	75
COMPUESTOS FENOLICOS	mg/L	0,002
CROMO (Cr+6)	mg/L	0,05
DIFENIL POLICLORADOS	Concentración de Agente Activo	No detectable
MERCURIO	mg/L	0,002
PH	Unidades	5,0-9,0
PLATA	mg/L	0,05
PLOMO	mg/L	0,05
SELENIO	mg/L	0,01
SULFATOS	mg/L	400
TENSOACTIVOS	mg/L	0,5
VANADIO	mg/L	0,1

CL ⁹⁶₅₀: Denominase a la concentración de una sustancia, elemento o compuesto, solo o en combinación, que produce la muerte al cincuenta por ciento (50%) de los organismos sometidos a bioensayos en un período de noventa y seis (96) horas.

Fuente: Autor

Los parámetros fueron analizados, según la metodología establecida en la Standard Methods, 1992 y acorde a las técnicas mencionados en la **Tabla 35**.

Tabla 35. Parámetros para análisis fisicoquímicos según la metodología Standard Methods, 1992

N°	PARÁMETRO	UNIDADES	Método Analítico
			(Ref. Standard Methods Edición 22)
1	Coliformes Totales *	NMP / 100 MI	Ensayo de sustrato enzimático, SM 9223 B
2	DBO *	mg O ₂ / L	Incubación a 5 días y Electrodo de Membrana, SM 5210 B, 4500-O G
3	Fósforo Total	mg-P/ L	Digestión Ácida - Ácido Ascórbico, SM 4500-P B, E
4	N- Amoniacal	mg N-NH ₃ / L	Colorimétrico- Nessler (417 B - Ed. 16)
5	N- Nitrato	mg N-NO ₃ / L	Colorimétrico Ácido Cromotrópico (418 D - Ed 16)
6	N- Nitrito	mg N-NO ₂ / L	Colorimétrico-NED (4500-NO ₂ B)
7	Oxígeno Disuelto *	mg O ₂ / L	Modificación de Azida (Winkler), SM 4500-O C
8	pH *	Unidades	Electrométrico (4500 H ^{++B})
9	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L	Gravimétrico – Secado a 103-105°C, SM 2540 D
10	Sulfatos	mg-SO ₄ / L	Turbidimétrico, SM 4500-SO42- E
11	Cobalto	mg Co / L (ppm)	Absorción Atómica 3111 D
12	Cromo ⁺⁶	mg Cr+6 / L (ppm)	Colorimétrico - difenil carbazida (3500 Cr-B)
13	Plomo	mg Pb/L (ppm)	Absorción Atómica 3111 D

*Parámetros acreditados según resolución IDEAM N° 243 del 10 de Septiembre de 2007, N° 504 del 18 de diciembre de 2008, N° 914 del 10 de junio de 2009, No. 323 del 12 Febrero 2010, No. 2327 del 10 de Diciembre de 2010 y No 776 del 08 de mayo de 2012.

Fuente: Laboratorio CAR

Las muestras y los resultados de los parámetros fueron analizados por personal del laboratorio de la CAR, como cumplimiento a estos programas de monitoreo y en pro de la identificación de cambios en la calidad de estos cuerpos de gran importancia para la región. El pH, es el único parámetro monitoreado insitu y el tipo de muestreo es de tipo puntual.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos dan una idea del estado de calidad de un cuerpo hídrico analizado, ya que permiten determinar la presencia, deficiencia o

exceso de un elemento en el agua, facilitando la interpretación de que tan pura o contaminada se encuentra, estos análisis a su vez tienen en cuenta la ubicación de los puntos de monitoreo, vertimiento y las zonas ubicadas en la ronda del humedal (zonas francas, vías principales, zona urbana de los municipios de Funza y Mosquera, zonas agrícolas e industriales), tal y como se visualiza en la figura 7 y 8.

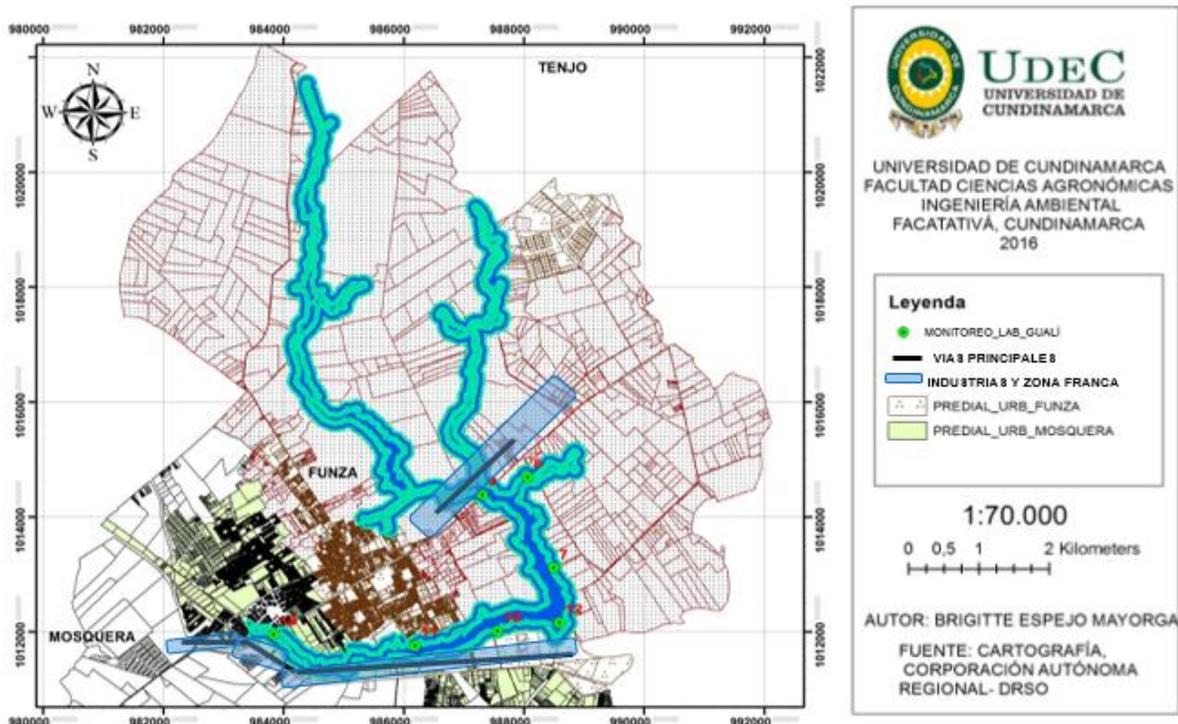


Figura 7. Ubicación de zonas francas y vías principales de Funza y Mosquera

Fuente: Autor

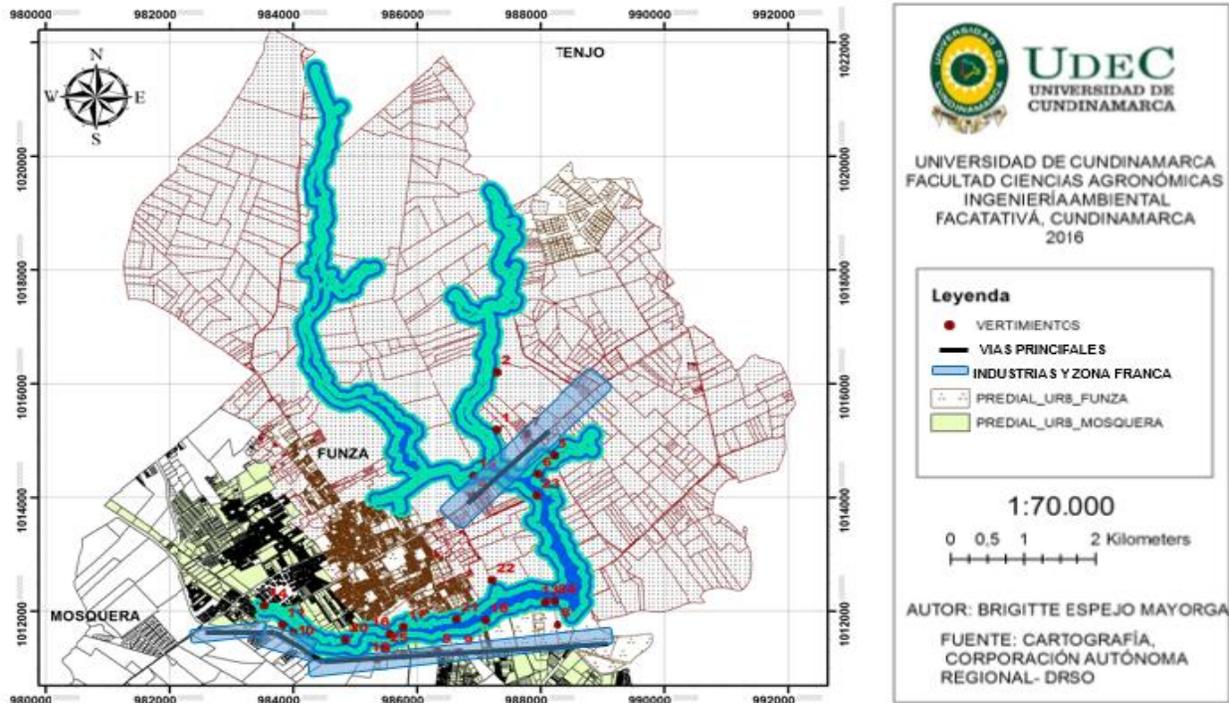


Figura 8. Vías principales y zonas francas, municipios de Funza y Mosquera con puntos de vertimiento

Fuente: Autor

Para el caso de los análisis, los puntos de monitoreo seleccionados y representados en la figura No 6 y 7 (Datos tabla No 3), se relacionan con los puntos (1-7), indicados en las gráficas de cumplimiento de objetivos de calidad, de la siguiente manera (Tabla No 36):

Tabla 36. Relación puntos monitoreo Figura 5 con gráficas de objetivos de calidad

Tabla ubicación puntos de monitoreo	Puntos gráficas análisis de objetivos de calidad
7	1
8	2
9	3
11	4

10	5
12	6
15	7

Fuente: Autor

4.4.1 DBO₅

La DBO o Demanda Bioquímica de Oxígeno se relaciona como, la medida de Oxígeno requerido por los microorganismos presentes en el agua (bacterias anaerobias y facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton y necesario para degradar, la materia orgánica por vías biológicas, esto quiere decir que cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo de agua, mayor es la cantidad de Oxígeno requerido por los microorganismos para oxidarla. Entre mayor sea el valor de DBO, menores son los valores de Oxígeno presente. Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C y en ausencia de luz, para evitar la acción de los productores primarios y garantizar la confiabilidad de los resultados Ferrero J, 1974).

Según lo indica el objetivo de calidad del Acuerdo CAR 043, este parámetro debe ser menor o igual a 20 mg/l.

Los valores de DBO₅ para el periodo de análisis estuvieron en un rango entre 1,9 mg/l y 151 mg/l (Figura 9). Los valores más altos del record histórico se relacionan con los puntos 2, 3, 4, 5 y 7, puntos que efectivamente están ubicados en cercanías a las zonas más pobladas del municipio de Funza y Mosquera y que están cercanos a varios puntos de vertimiento, según la dispersión espacial visualizada en el Figura No 4 y 8, factores que ratifican la presencia de altas cargas de materia orgánica, en el agua del brazo noroccidental del humedal. Los puntos que

superan el valor máximo permisible por el objetivo de calidad indican que se requiere de una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua.

El valor máximo definido por el objetivo de calidad clase III (20 mg/l), nos permite decir que para el año 2008 este valor es superado por los puntos de muestreo 2,3,4,5,6 y 7, para el 2009 por el 3, para el 2010 por el 2 y 3, para el 2011 por el 4, para el 2012 por el 4, al 2013 por el 2, 5 y 7, al 2014 por el 2 y 3 y finalmente en el 2015 por el 2 y 3.

En el periodo histórico el punto más afectado es el 3, luego el 2 y finalmente el punto 4. Estos puntos se encuentran en cercanía a vertimientos de tipo domestico junto con aguas lluvias. El punto No 1 no presento ningún valor que superasara el valor máximo para el periodo análisis, al observar su ubicación en la cartografía, se logra identificar que esta distante a cualquier punto de vertimiento, al visitar esta área se observa diversidad de aves y agua con totalidades claras. Los puntos 6 y 7, pertenecientes a los menos afectados se encuentran cercanos a vertimientos de aguas lluvias.

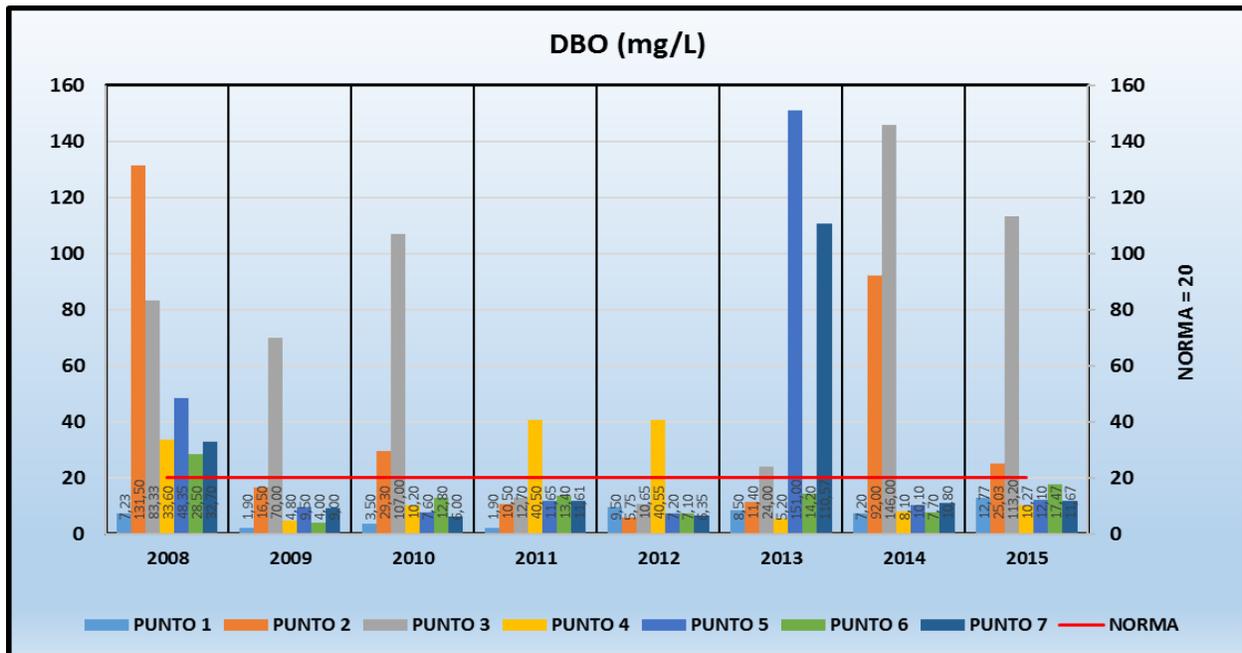


Figura 9. Gráfico Multitemporal para DBO

Fuente: Autor

Respecto al comportamiento es evidente la fluctuación en los resultados, tal es el caso de los puntos más afectados para este parámetro en donde en un año este puede reportar valores muy altos y para el que sigue valores un poco menos altos. Dado la no homogeneidad respecto a los meses de los que se tenía información por año no es posible saber la forma en la que las variaciones climatológicas influyen en el aumento o disminución de la carga presente.

Los altos valores reportados en la DBO, indican que de mantenerse y aumentar a través del tiempo, pueden llegar a impedir la sobrevivencia de las comunidades acuáticas que requieren niveles de Oxígeno, posibilitando la proliferación de microorganismos, aumentando la solubilidad de metales pesados y la presencia de sulfuros (malos olores). Si es consumido más oxígeno que el que se produce y capta en el sistema, el tenor de O₂ caerá, pudiendo alcanzar niveles por debajo de los necesarios para la vida de muchos organismos. Los peces son particularmente sensibles a la hipoxia (bajas de Oxígeno disuelto), (Goyenola Guillermo, 2007).

Siendo este parámetro el principal para determinar la calidad de un cuerpo hídrico, ya que al presentar altos niveles de DBO, se ve directamente afectada la cantidad de Oxígeno presente, la cual es base para el desarrollo y sobrevivencia de diferentes especies que dependen de este elemento, a su refleja el ingreso de grandes cantidades de materia orgánica. En la tabla que sigue se indican las consecuencias ecosistémicos frecuentes, atendiendo a los rangos de concentración de Oxígeno disuelto.

Tabla 37. Consecuencias ecosistémicos atendiendo a las concentraciones de Oxígeno

[OD] mg/L	Condición	Consecuencias
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios
0-5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5-8	Aceptable	[OD] adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y otros organismos acuáticos.
8-12	Buena	
>12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

Fuente: Autor

Cabe resaltar que en épocas de verano y con aportes constantes y altos de materia orgánica sobre el humedal, inevitablemente se llegaría a afectar de manera crítica la vida acuática, ya que a mayores temperaturas menores niveles de Oxígeno estarán presentes y adicionalmente serán menores a los esperados por la alta Oxidación realizada por los microorganismo, para degradar la materia orgánica. Los niveles de DBO encontrados para el periodo histórico indican que el humedal y según este parámetro cuenta con aguas pocos contaminadas (5 – 50 mg/l) y agua contaminadas (100 – 400 mg/l).

4.4.2 Sulfatos

Los sulfatos (Figura 10), se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza, estos pueden encontrarse en cuerpos de agua naturales y en el suelo. En el grupo de aniones tiene el segundo lugar de importancia y están asociados a la presencia de contaminación de origen industrial.

Según el análisis los puntos con las mayores afectaciones son el punto 2, el cual para todo el periodo estudio sobrepaso el límite máximo establecido de 400 mg/l, para el año 2008 inicia con un valor de 1077 mg/ l y finaliza el periodo estudio con 629 mg/l, los mayores picos los presenta en el año 2009 y 2010, con valores de 1761 mg/l y 1190 mg/l, los últimos 3 años descienden los valores, pero aun así se sigue sobrepasando el valor del objetivo de calidad. La ubicación de este punto se encuentra en cercanía a parques industriales, que realizan el vertimiento de aguas domésticas y lluvias sin tratamiento. Los siguientes puntos con mayores afectaciones son el 1 y el 6 y los que presentan valores de cumplimiento son el 4, 5 y 7, área en donde la mayoría de los vertimientos son de aguas lluvias. Para los últimos tres años análisis los

puntos 5 y 6 no registraron valores que sobrepasaran la norma. El menor valor registrado fue de 14,55 mg/l.

Lo anterior ratifica la presencia de contaminación de tipo industrial y doméstica, datos que concuerdan con la cercanía del humedal a los principales y más antiguos corredores industriales de los municipios análisis. La presencia de Sulfatos en el agua aumenta la dureza de esta, la acidez y le confiere un olor fuerte al agua del humedal. La reducción de Sulfatos en el humedal por parte de las bacterias encargadas de ello, genera la producción de Sulfuro de Hidrogeno, gas del cual se aumenta su producción, cuando los niveles de Oxigeno presentes en el cuerpo hídrico son bajos.

En el periodo estudio la zona cercana al punto de monitoreo No 2 presenta permanencia y variación de este parámetro en el tiempo, lo cual ratifica la presencia de los impactos negativos indicados y como punto positivo, el alto contenido de Sulfatos insolubiliza los metales pesados presentes y minimiza su toxicidad.

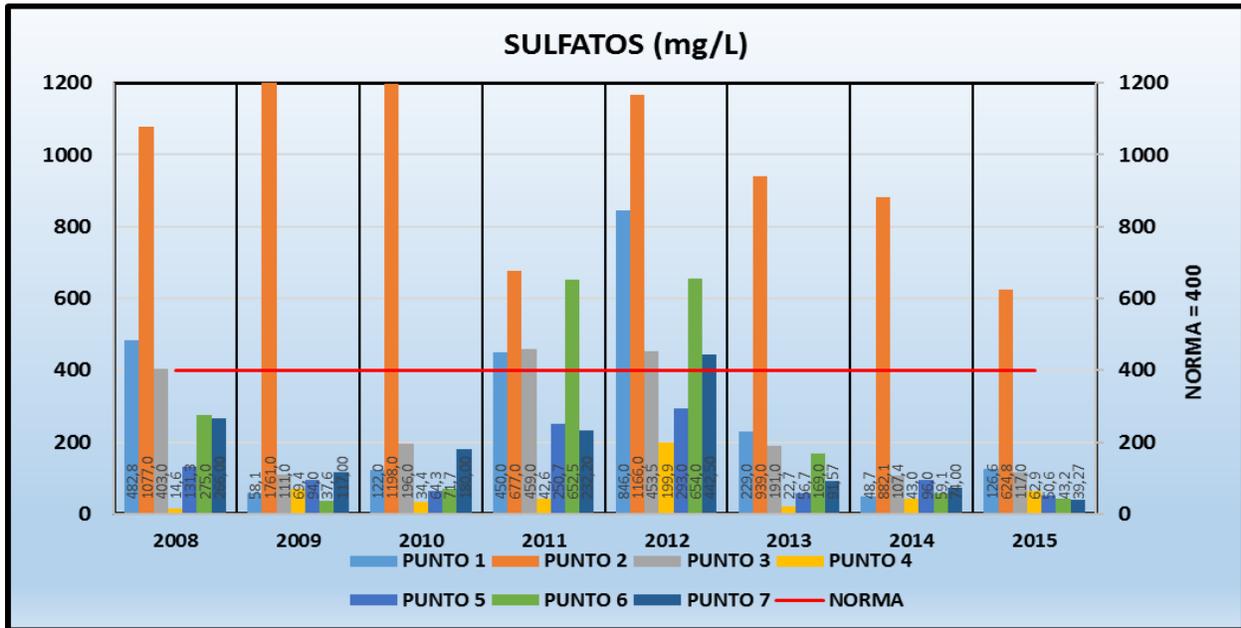


Figura 10. Gráfico Multitemporal para SULFATOS

Fuente: Autor

4.4.3 Cloruros

La presencia de Cloruros (Figura 11), es un indicador de contaminación agrícola (fertilizantes y plaguicidas), este tipo de contaminación puede incrementar con la presencia de excrementos, los aniones de cloruro disueltos en el agua se encuentran además relacionados con la naturaleza geoquímica del humedal y representa uno de los aniones que más aportan a la salinidad del agua.

Para este parámetro se observa el cumplimiento histórico de todos los puntos. En de la fluctuación y comportamiento de estos es muy similar para todos los años, donde las variaciones son muy pequeñas. Como puntos sobresalientes se encuentra el punto No 7 y 3, con valores de 127,10 mg/l (año 2010) y 106,00 mg/l (año 2014), puntos ubicados en cercanías a la industria (3) y agrícola (7), de la zona estudio.

Tanto los altos niveles de Sulfatos como los de Cloruros, alertan sobre la probabilidad de presentar contaminación de carácter microbiológico patógeno e indeseable. A su vez estos dos aniones son altamente corrosivos y al estar presentes en el agua del humedal, la cual es distribuida por las tuberías del sistema hidráulico de La Ramada, generan afectación en las mismas.

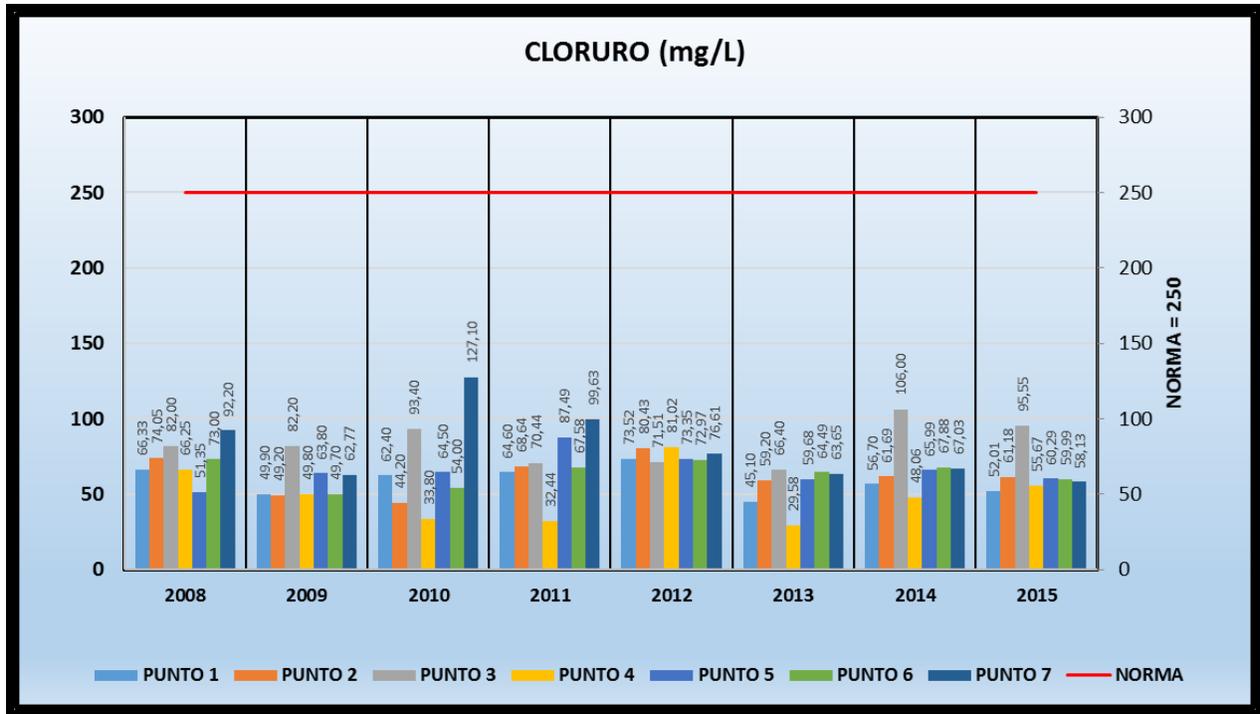


Figura 11. Gráfico Multitemporal para CLORUROS

Fuente: Autor

4.4.4 Coliformes Totales

Los Coliformes son un grupo bacteriano que se monitorea porque se asocia con organismos patógenos y por ser el parámetro que evidencia la presencia de contaminación fecal en el cuerpo de agua analizado.

La presencia de Coliformes en el brazo noroccidental del humedal Gualí se encontraron entre los $7,00E-02$ (NMP/ ml) y los $3,40E+07$ (NMP/ ml). El punto No 2 (Figura 12), presentan un comportamiento por debajo de la norma para los años 2008 al 2013, pero en el año 2014 y 2015 superan la norma de 5000 (NMP/ ml), el punto No 1, supera el máximo permisible del 2008 al 2010, para el año 2011 al 2013 vuelve a cumplir con el objetivo, pero luego en el año 2014 y 2015 sobrepasa el valor máximo permisible.

Para el punto No 3 (Figura 13) se observa que en todo el periodo se sobrepasa el valor máximo permisible de 5000 (NMP/ ml), el mayor pico se presentó en el año 2009 con 3,40E+07.

El punto No 4 (Figura 14), solamente cumple el objetivo en el año 2013. Del año 2011 al año 2013 evidencia una tendencia a disminuir la cantidad de Coliformes, pero del año 2014 al 2015 se evidencia su significativo aumento, en donde en para el 2012 tenía valores de 2,40E+05 (NMP/ ml) y al 2015 de 1,16E+05 (NMP/ ml).

El punto No 7 presencia una tendencia con picos y bajas, pero aun así solamente cumple para el año 2011 y el 2012. Su mayor valor lo presento en el año 2013, para los dos puntos en comparación con los valores al inicio del periodo, al final de este, año 2015, los valores son menores a los inicialmente registrados.

El punto No 5 (Figura 15), no sobrepaso la norma en el año 2010, el valor del 2009 (1,0E+06 NMP/ ml), disminuyo al del final del periodo (1,33E+04 NMP/ ml). Para el punto No 6, se presenta un cumplimiento para el año 2009, pero a medida que avanzan los años se observa una variación de picos cada vez más altos, en donde se sigue sobrepasando la norma máxima.

Lo anterior es evidencia de la presencia de carga bacteriológica en el área estudio y a su vez el hecho de que las aguas del humedal, al presentar estos valores tan altos se puede decir que estas aguas, no son aptas ni para consumo humano, ni agrícola y pecuario sin el adecuado tratamiento previo a la utilización. Al comparar los resultados con los objetivos de calidad IV, para la utilización del agua en el sector agrícola y pecuario, se observa que muchos de los valores superan el rango máximo aceptado (20.000 (NMP/ ml), establecido como límite para poder utilizar el agua en estos sectores. En su mayoría los puntos de monitoreo, indican la permanencia y presencia de contaminación bacteriológica en el periodo estudio, lo anterior confirma lo predicho por los altos valores de los aniones Sulfatos y Cloruros.

La presencia de Coliformes representa un indicador de baja calidad del cuerpo hídrico, los agentes involucrados en la transmisión hídrica son las bacterias, virus y protozoos, que pueden causar enfermedades con diferentes niveles de gravedad, desde gastroenteritis simple hasta casos fatales de diarrea, disentería, hepatitis o fiebre tifoidea. Al ser regados diferentes cultivos que se sirven del agua del humedal a través del sistema hidráulico de La Ramada, se puede decir, que existe la probabilidad de transmitir los agentes bacterianos presentes en el agua del humedal a través de los alimentos regados.

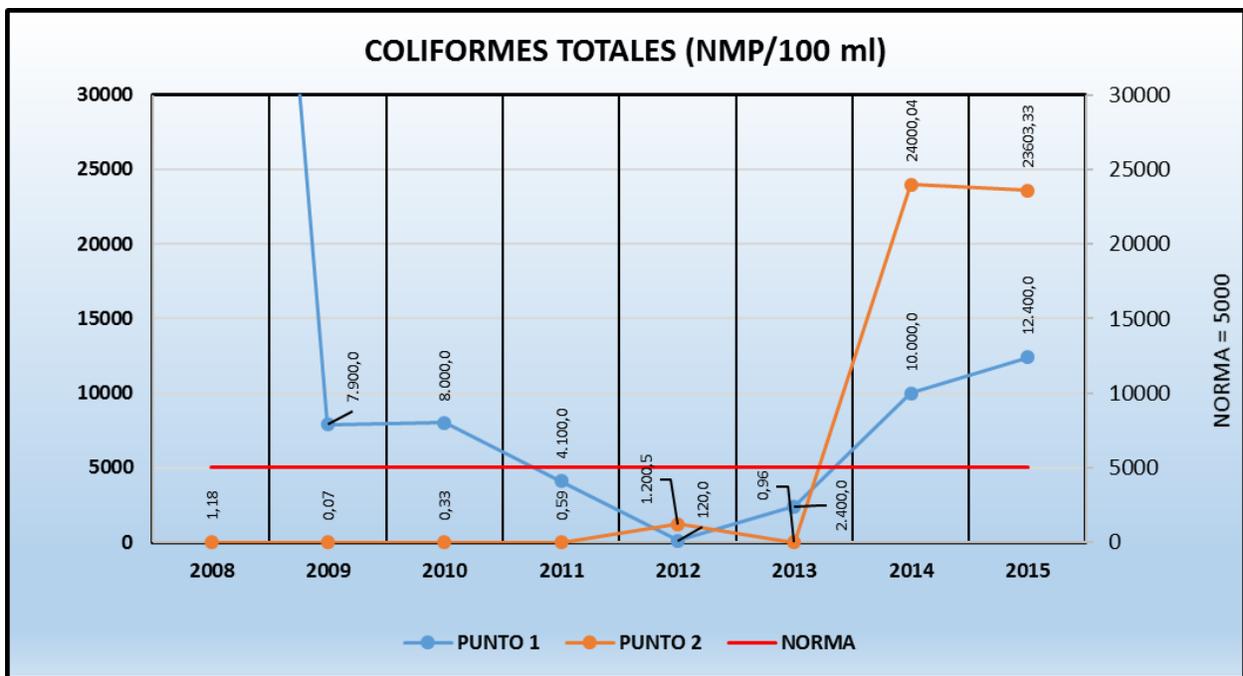


Figura 12. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 1

Fuente: Autor

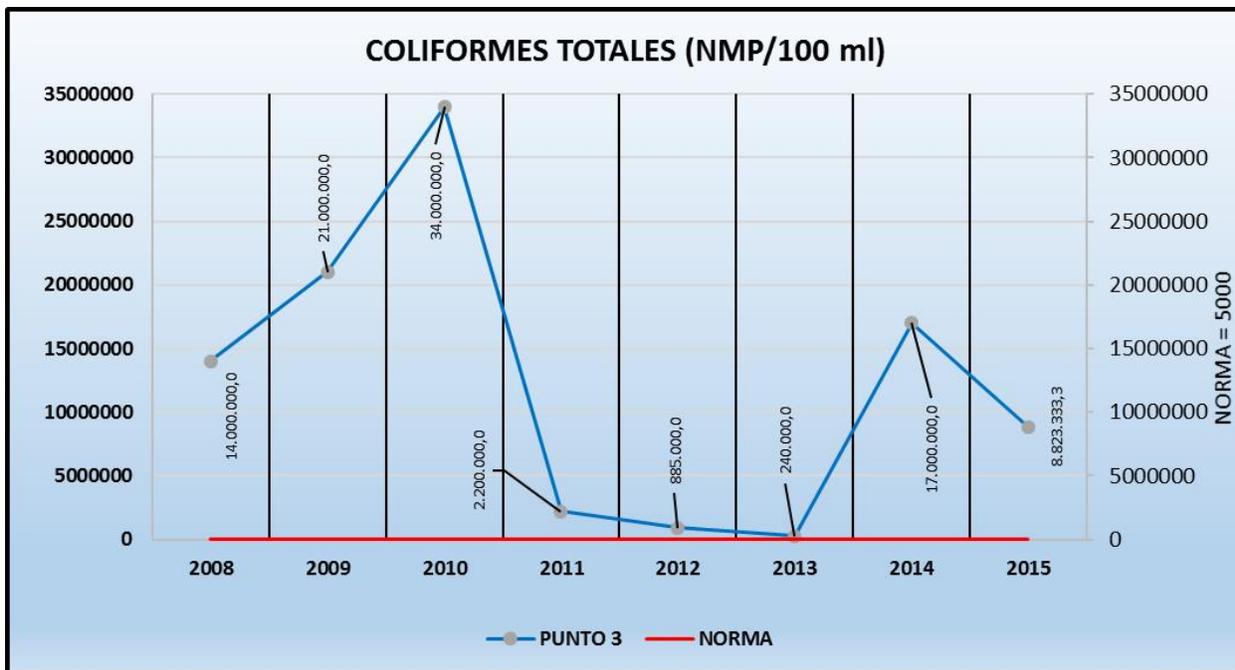


Figura 13. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 2

Fuente: Autor

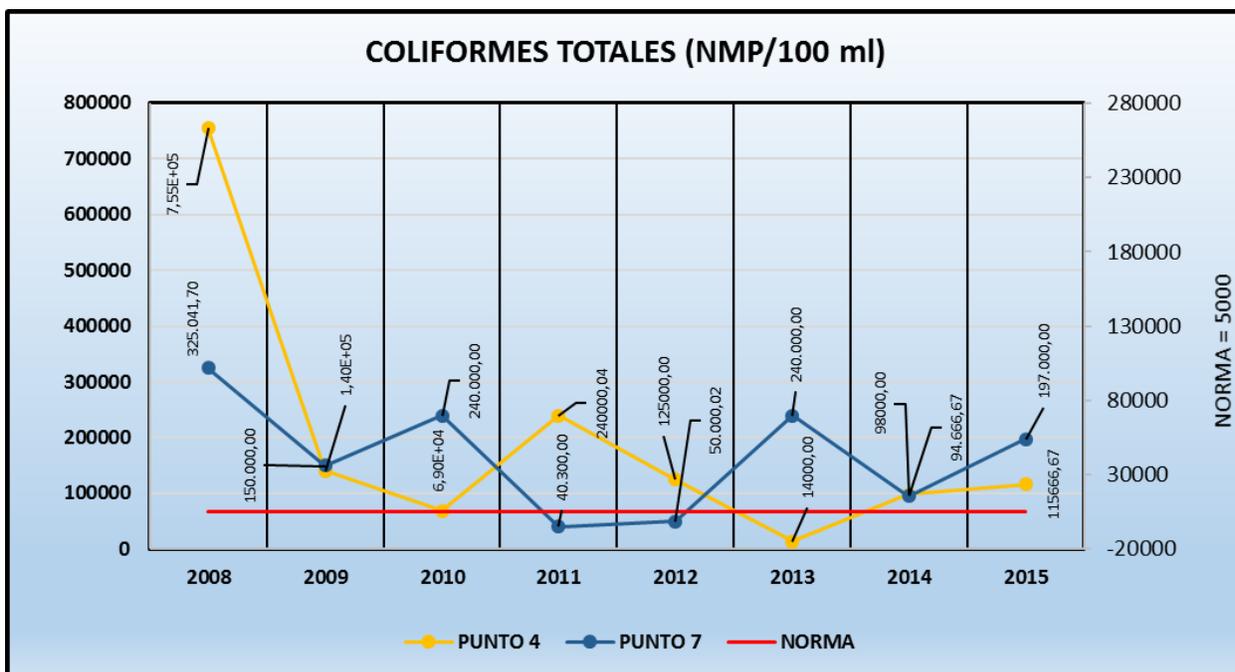


Figura 14. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 3

Fuente: Autor

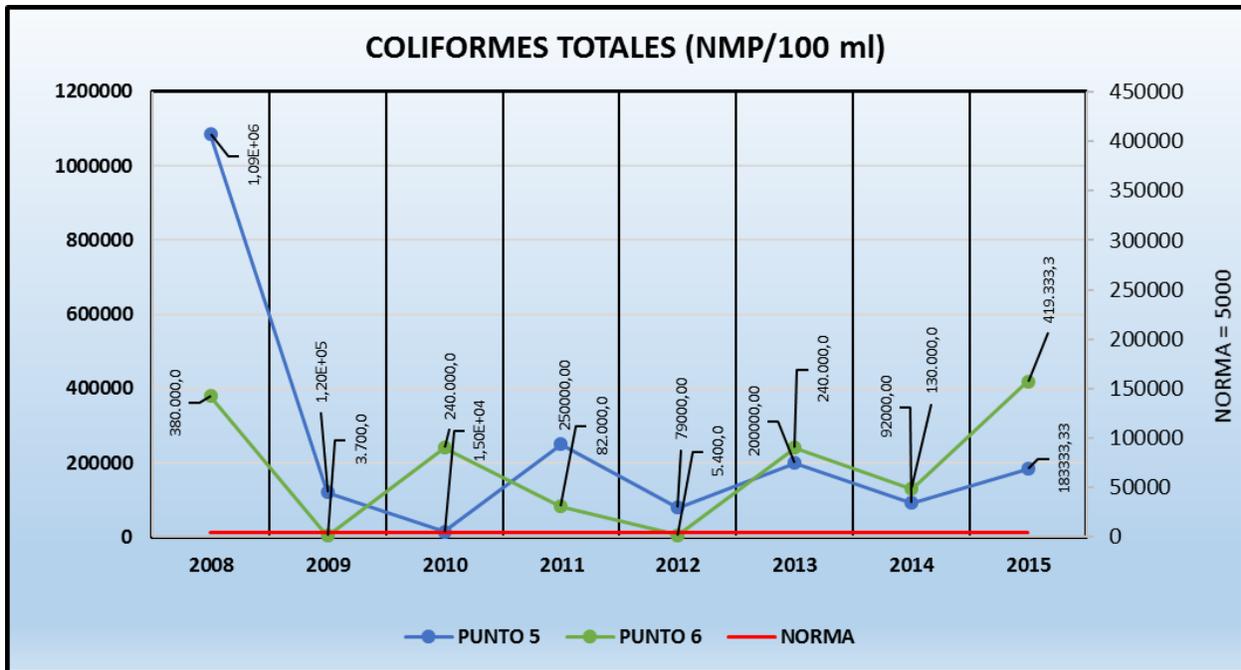


Figura 15. Gráfico Multitemporal para COLIFORMES TOTALES 4

Fuente: Autor

4.4.5 Fósforo Total

El fósforo total es encontrado naturalmente en los cuerpos hídricos. En este parámetro incluye fósforo orgánico e inorgánico. Su presencia es importante para la productividad primaria de fitoplancton y plantas acuáticas, pero en cantidades elevadas al igual que para los compuestos de Nitrógeno, pueden ocasionar procesos de eutrofización, en donde el elevado crecimiento de plantas y su posterior muerte, genera el agotamiento del Oxígeno presente en el agua, a causa de la descomposición de las mismas, generando mal olor en el agua, debido a la producción de sulfuro de hidrógeno. A su vez esto se asocia a la disminución de los posibles usos que se le pueden dar a un cuerpo de agua y a otra serie de consecuencias negativas.

Tal como se indica en la Figura 16, ninguno de los puntos en el periodo estudio llegó a estar por debajo de la norma, evidenciando así la permanencia de este elemento en el agua y el aumento de los rangos para algunos puntos en el periodo estudio.

Los valores promedio de Fósforo varían entre 0,11 mg/l y 9,32 mg/l, siendo el primer valor el más cercano al cumplimiento de los objetivos de calidad (punto No 3 año 2014).

El año 2009, 2011 y 2012, registra los valores relativamente más bajos. En el año 2009 y 2010, los puntos 1 y 3, registran los mayores rangos.

Para el año 2011 el punto No 4 presenta el mayor valor de los puntos monitoreados, con un valor de 1,54 mg/l. Para el año 2012 los puntos muestran valores homogéneos. Del año 2013 al 2015 se destaca con los mayores valores pico de los puntos No 1, 3, 6 y 7 y de estos puntos el No 3 presenta el mayor pico con valores de 3,11 mg/l, 9,32 mg/l y 7,48 mg/l. P Para todo el periodo estudio los puntos 1 y 3, registran los valores más altos.

Al realizar las visitas al humedal, se evidencia la presencia de eutrofización, debida a la abundancia anormal de nutrientes. Las plantas acuáticas sacan provecho de estos nutrientes y elevan el número de sus poblaciones al punto de llegar a sepultar el espejo de agua, evitando el ingreso de luz, lo que ocasiona la muerte a algunas especies y en algunos casos puede terminar por convertir al cuerpo de agua en tierra firme. Generando afectación en la composición, estructura y dinámica del ecosistema en cuestión.

En las visitas realizadas se observa la escasa biodiversidad florística con la que se cuenta, ya que se encontró gran población de, BUCHON (Eichhornia Crassipes), CORTADERA (Carex sp), JUNCO (Schoenoplectus Californicu) y PAPIRO (Cyperus Papyrus).

Las principales fuentes generadoras de esta contaminación se asocian a la agricultura, la industria y al ingreso de aguas residuales domésticas.

Asociados los resultados anteriores a los valores de DBO, se puede decir que entre mayores sean los valores de este parámetro mayor es la cantidad de Oxígeno requerido para la

degradación biológica de la materia orgánica, lo cual genera el agotamiento del mismo y que evidentemente se requiere en más cantidad a causa de los desmesurados valores de nutrientes presentes.

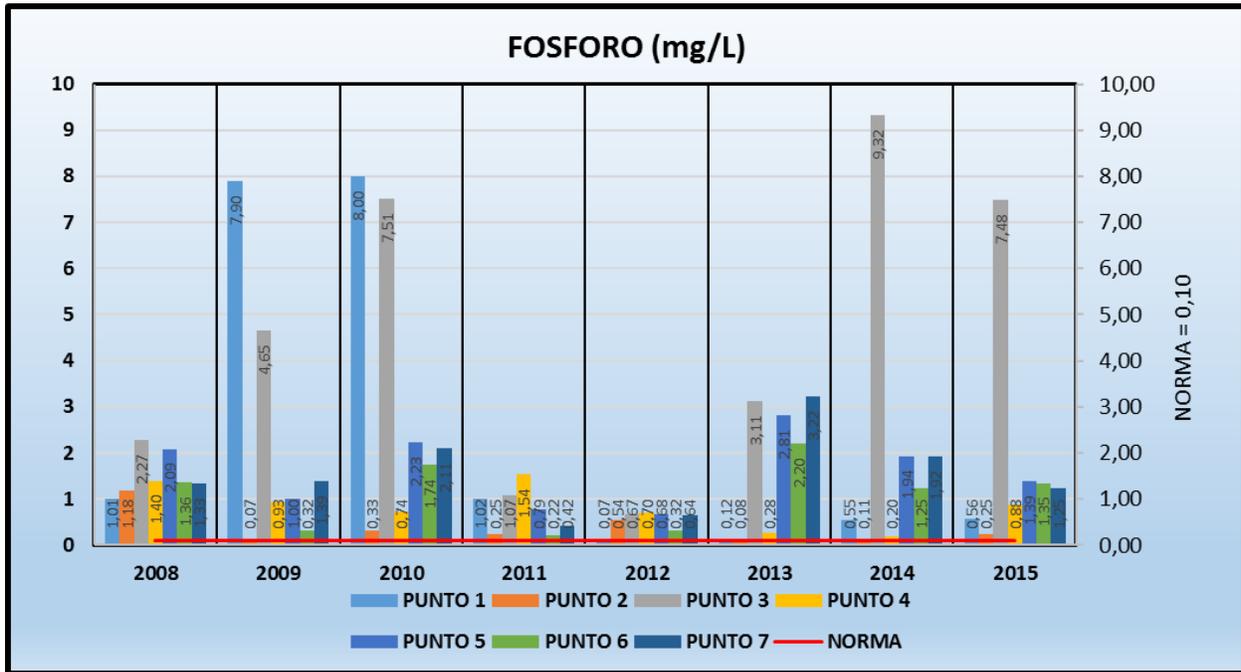


Figura 16. Gráfico Multitemporal para FOSFORO

Fuente: Autor

4.4.6 N-Nitratos y N-Nitritos

Los Nitritos y Nitratos representan la forma inorgánica del Nitrógeno en los cuerpos de agua naturales, estos aniones además de Nitrógeno contienen Oxígeno. Las microalgas, micrófitos y bacterias utilizan estos compuestos como nutrientes y los reincorporan como bases nitrogenadas, carbohidratos o aminoácidos. Por lo general se encuentran en cantidades de unos pocos miligramos por cada litro. Los nitratos proceden de la descomposición natural de plantas o animales, dando lugar al catión amonio y este a su vez se oxida a nitritos y estos de nuevo a nitratos.

Estos compuestos se encuentran en un cuerpo de agua, tanto de forma natural (Ciclo del Nitrógeno), como antropogènica, siendo esta última la causante del aumento de la concentración de los mismos, debido en parte a causa del ingreso de desechos orgánicos de origen industrial y doméstico y principalmente al uso excesivo de abonos Nitrogenados provenientes de la agricultura y que llegan al humedal a través de su arrastre e infiltración mediante las aguas de lluvia y riego.

En el periodo estudio ninguno de los puntos de monitoreo para Nitritos (Figura 17), sobrepasa el máximo permisible de 0,50 mg/l, todos los valores están por debajo, pero se evidencia su proximidad a este valor. El pico más alto se evidencia en el punto No 3 del año 2010 con un valor de 0,036 mg/l. Todos los puntos registran presencia de Nitritos, lo cual indica y confirma la presencia la presencia de actividad bacteriológica y contaminación de origen agrícola, ganadero y proveniente de vertimientos de origen industrial y doméstico, indicando que de seguir aumentando estos valores, en algún momento esta agua dejara de ser apta para el principal uso que se le da, agrícola

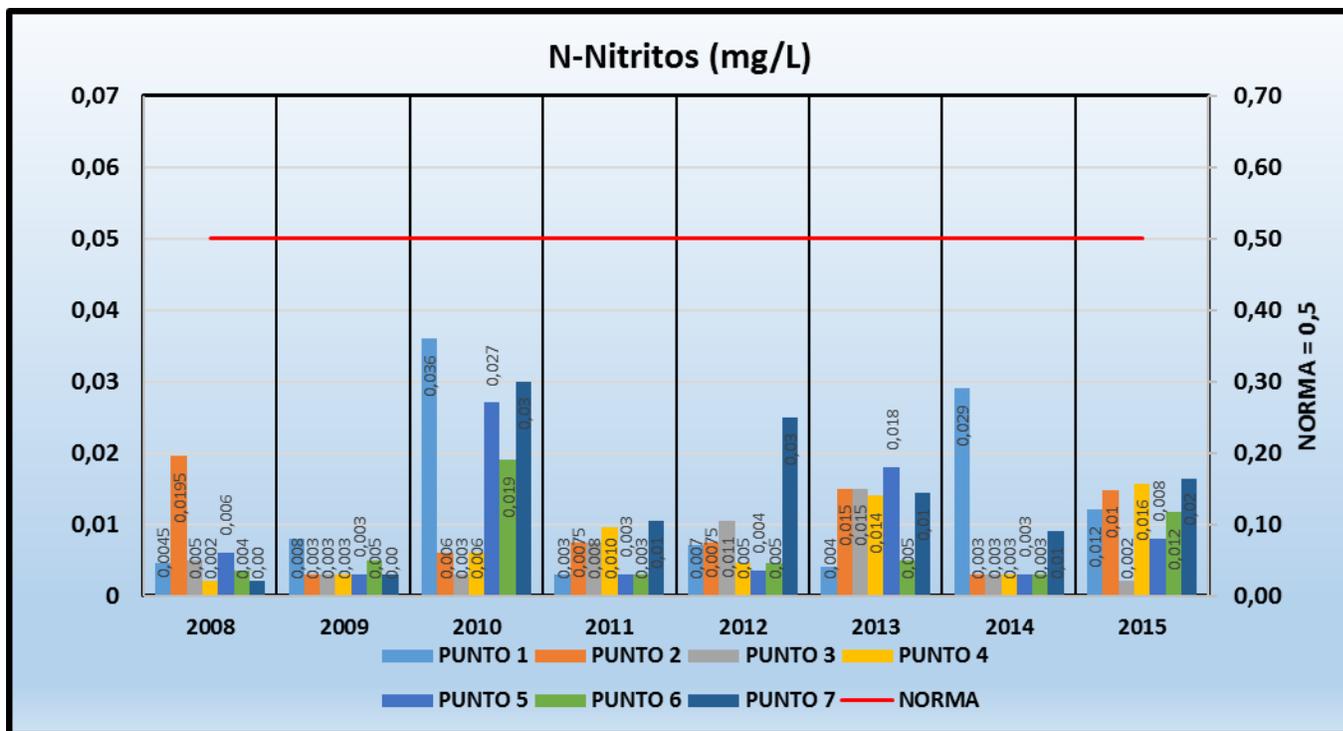


Figura 17. Gráfico Multitemporal para N-Nitritos

Fuente: Autor

Por su parte para los Nitratos (Figura 18), para el año 2008 los puntos 1 y 6, superaron el máximo permisible de 1,0 mg/l. Al año 2009, ningún punto sobrepaso el máximo permisible. Para el 2010 el punto no 1, lo pasó con un valor de 1,20 mg/l. El año 2011 no registró valores superiores al permisible. En el año 2012 se superó el máximo permisible por los objetivos de calidad en los puntos 1 y 7 con 1,30 mg/l y 1,05 mg/l. Todos los puntos registran valor de Nitratos lo cual indica y confirma la presencia de actividad bacteriológica. Los valores se encontraron entre los 0,1 mg/l y 9,3 mg/l.

Para el año 2013 el punto No 7 se mantiene en rangos altos, pero evidencia disminución en el valor, respecto al año anterior, pasando a 0,67 mg/l y aumenta el punto No 5 con un valor de 0,80 mg/l, ningún punto sobrepasa la norma. En el año 2014 se evidencia la permanencia dentro de los rangos altos para el punto número 7, pero en comparación con el año anterior con

una disminución y un valor de 0,57 mg/l, para ese año el pico más alto lo representa el punto No 3 con un valor de 0,71 mg/l y se evidencia un aumento del punto No 6, pasando a 0,53 mg/l, se resalta que tampoco se sobrepasa la norma en este año.

Para el último año objeto de estudio se observa un aumento en el valor reportado por la mayoría de los puntos de muestreo seleccionados, destacándose dentro de los picos más altos el punto No 3 con 0,60 mg/l y el punto No 6 con 0,45 mg/l, evidenciando la permanencia dentro de los mayores rangos al igual que el año anterior, pero sin sobrepasar el valor máximo permisible.

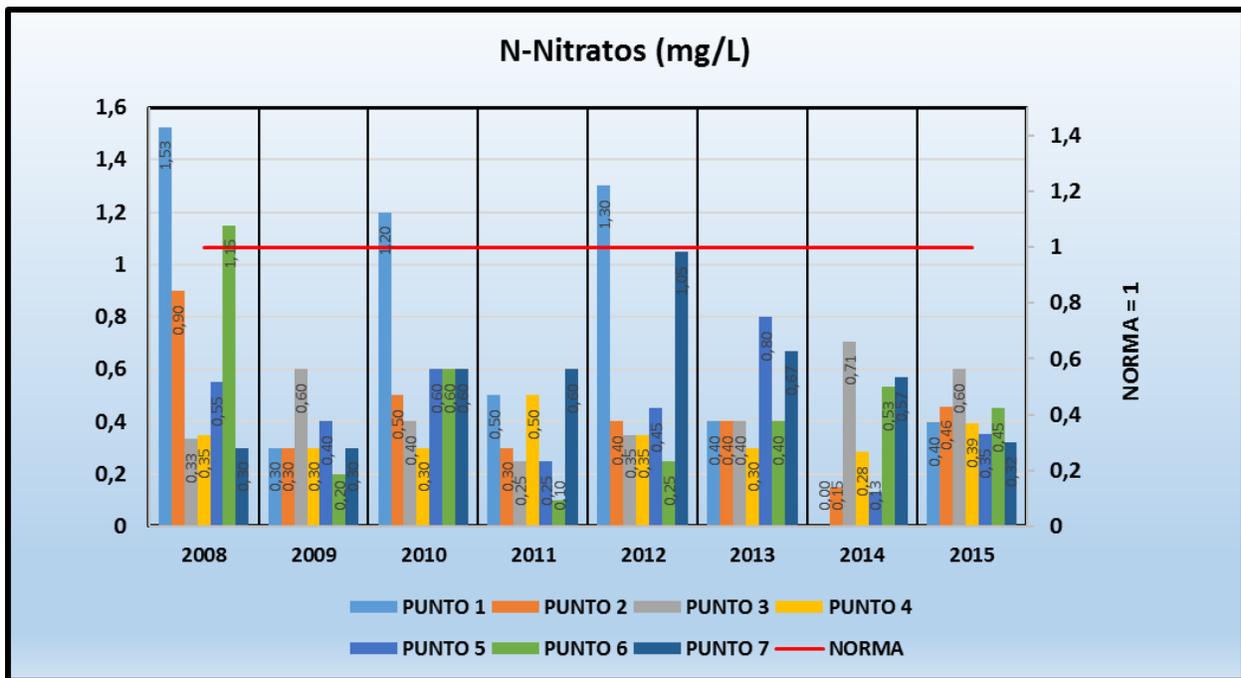


Figura 18. Gráfico Multitemporal para N- Nitratos

Fuente: Autor

4.4.7 Oxígeno Disuelto

El Oxígeno disuelto es importante para la vida de todos los organismos presentes en un cuerpo hídrico (desde los peces hasta las plantas), es de vital importancia en los procesos metabólicos de la mayoría de los organismos. Este parámetro se ve afectado por la temperatura

del agua ya que a mayor temperatura menor Oxígeno, la presión atmosférica, la salinidad, la alta presencia de nutrientes y cargas Orgánicas. Este parámetro está presente en el agua como desecho de la fotosíntesis y por procesos de aireación.

Para este parámetro se observa la presencia de Oxígeno en los puntos de muestreo y que el valor obtenido en las determinaciones, sea mayor o igual a cuatro (Figura 19). La evaluación del periodo histórico, indica la presencia de bajas cantidades de Oxígeno en el Humedal Gualì, en donde muy pocos puntos cumplen con el valor del objetivo de calidad.

Se observa cumplimiento para el año 2010 con 8,90 mg/l y para el punto 2, para el año 2011 en el punto 1 y 5 con 5,15 mg/l y 6,99 mg/l respectivamente, para el año 2013 en el punto 2 con 8,99 mg/l y en el año 2015 en el punto 3 y 4 con valores de 5,00 mg/l y 4,63 mg/l respectivamente. Ningunos de los puntos monitoreados cumple para el año 2008, 2009, 2012 y 2014 (Mitad de los años evaluados). En los años evaluados cumple un solo punto en los años 2010 y 2013. Se evidencia cumplimiento de dos puntos para los años 2011 y 2015 y los niveles de Oxígeno más bajos se reportan en los años 2013 y 2012.

En este punto se evidencia como se relacionan y aumentan los impactos negativos ocasionados sobre el cuerpo de agua, en donde los valores de Oxígeno claramente se relacionan con la gran cantidad de materia orgánica presente en el cuerpo y las altas tasas de Oxígeno utilizado para su degradación, lo cual ha llevado al sistema desde años atrás a valores casi inexistentes del mismo. A su vez se cumple la condición de que los altos valores registrados para la DBO se asocian a bajos niveles de Oxígeno.

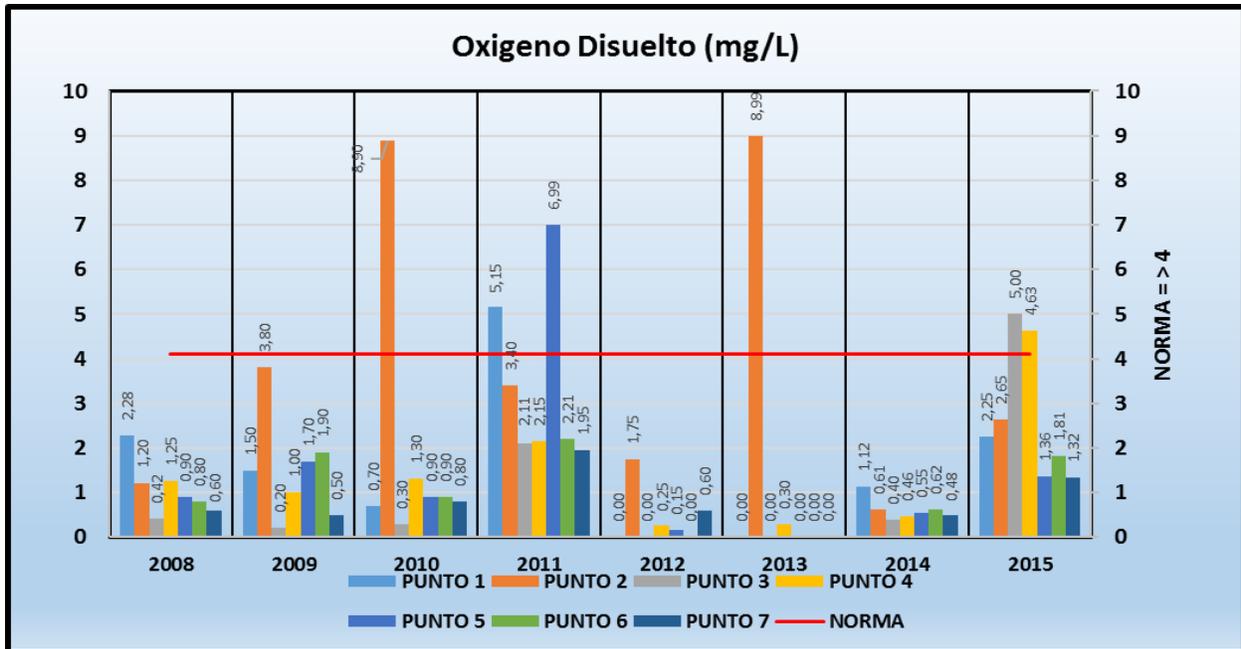


Figura 19. Gráfico Multitemporal para OXIGENO DISUELTO

Fuente: Autor

4.4.8 N-Amoniacal

La presencia de Nitrógeno amoniacal (Figura 20). El amoniaco es uno de los componentes transitorios en el agua, por hacer parte del ciclo del Nitrógeno al oxidar a nitritos y estos luego a nitratos, a su vez se ve influido por la actividad biológica. En el record histórico se evidencia que todos los puntos superan el máximo permitido por los objetivos de calidad, en donde el mayor valor se observa en el punto 2, para los años 2014 al 2015 con valores de 51,85 mg/l y 47,50 mg/l. En comparación con el cumplimiento de la norma la cual es de tan solo 0,3 mg/l, se evidencia la permanente presencia de materiales orgánicos en descomposición, lo cual concuerda con los resultados de la DBO, en donde se refleja altos valores y para el Oxígeno disuelto de valores nulos. Lo anterior indica la presencia de contaminación de origen agrícola e industrial, este parámetro le confiere al agua sabor desagradable y colores extraños.

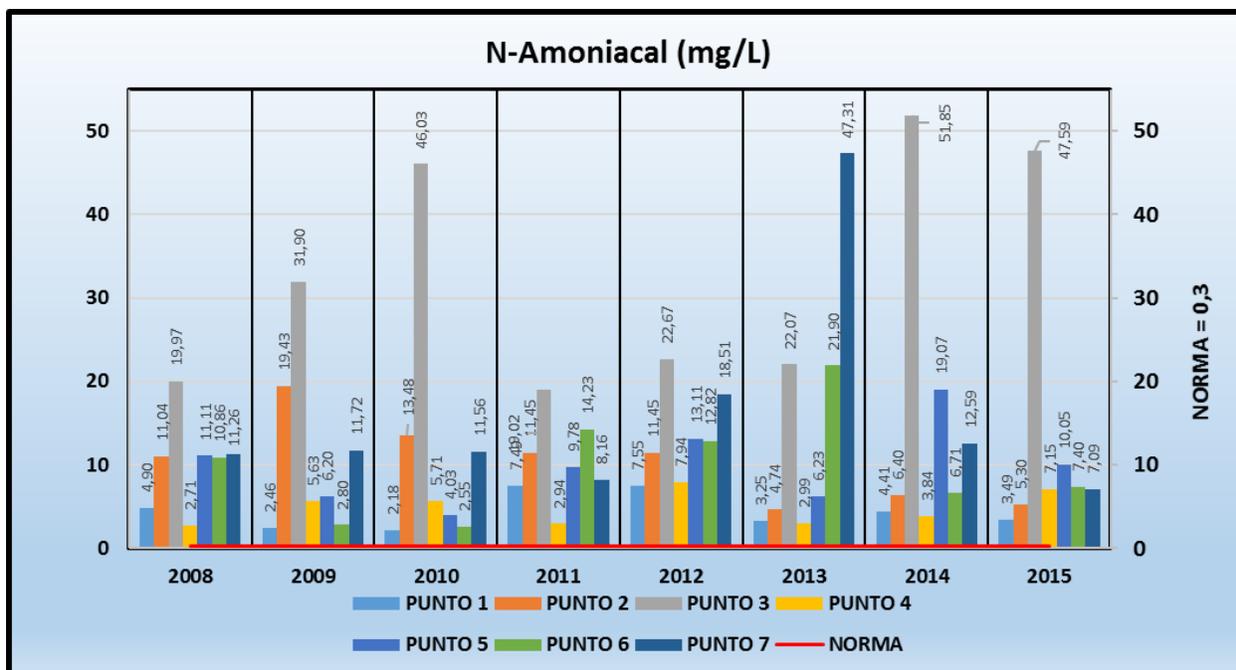


Figura 20. Gráfico Multitemporal para N-AMONIACAL

Fuente: Autor

4.4.9 Sólidos Suspendidos

En el record histórico (Figura 21), los puntos de monitoreo que sobrepasan la norma máxima de 20 mg/l para Sólidos Suspendidos, son en todo el periodo, el punto de monitoreo número 3. Seguido del número 2 el cual no presenta valor que superen el permisible en el año 2009. Posteriormente el punto No 5, el 6, el 7 y finalmente el uno.

Para el año 2008 los puntos 2, 3, 4, 5 y 6 superan el valor del objetivo de calidad, el mayor pico lo presenta el punto No 4 con 468 mg/l. Para el año 2009, los puntos 3 (50,00 mg/l) y 5 (35,00 mg/l), superaron el límite máximo. Para el 2010 fueron los puntos 2 (59,60 mg/l) y el 3 (88,00 mg/l).

Para el 2011 nuevamente aumenta la cantidad de puntos que presentan incumplimiento del respectivo objetivo, siendo estos los puntos 2, 3, 4, 5, 6 y 7, el valor pico pertenece al punto no 4 con 987 mg/l. El valor más alto del año 2013, pertenece al punto No 5 con 444, 4 mg/l. Para

el año 2014, el punto 3 logra el máximo valor para ese año con 200 mg/l. Finalmente para el año 2015 el valor más alto fue el del punto no 3, con 133,53 mg/l.

La presencia de altas concentraciones de solidos suspendidos aumentan la turbiedad de las aguas, la cual reduce la penetración de la luz, limitando así el crecimiento y desarrollo tanto vida acuática como de las plantas, a su vez facilita el crecimiento de microorganismos patógenos y disminuye la calidad del cuerpo hídrico. El punto no 3 inicialmente registraba valores críticos pero para el periodo 2014- 2015, estos tendieron a ser súper críticos.

El cambio de la cobertura vegetal asociado con la expansión de la agricultura, la urbanización y la contaminación tienen una profunda influencia en los procesos hidrológicos (Mendoza et al 2001). La transformación de humedales en tierras agrícolas y urbanas ha empobrecido la capacidad de estas esponjas naturales de absorber y almacenar el excedente de agua durante la estación lluviosa. (Arreygue-Rocha, 2007). Y en lugar de estar cumpliendo con su función natural, son factores muy grandes de erosión que afectan la calidad y cantidad de agua.

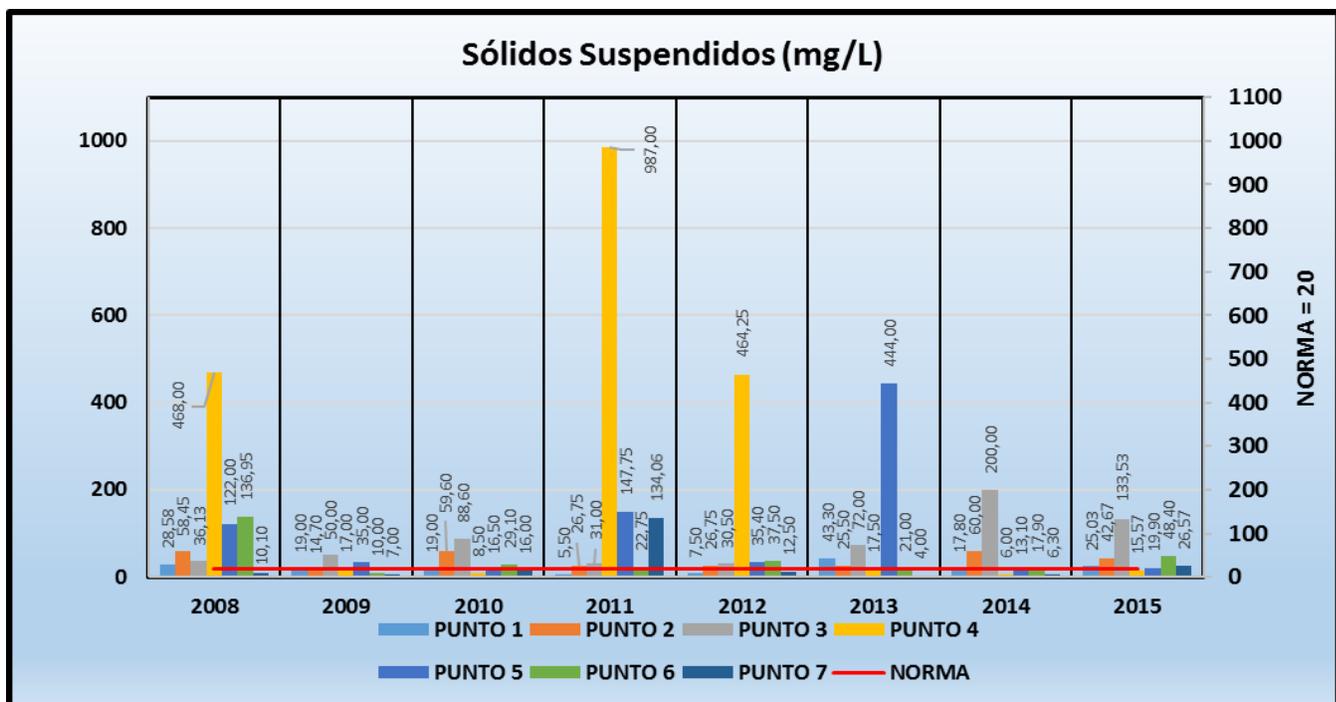


Figura 21. Gráfico Multitemporal para SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Fuente: Autor

4.4.10 pH

El pH se refiere a la concentración de iones hidronios presentes en el cuerpo de agua, permitiendo establecer si es ácida o básica. Su importancia radica en la interrelación con procesos biológicos como la fotosíntesis, la respiración, la fermentación, entre otros y el hecho de que muchos organismos vivos, requieren de ciertos niveles de pH adecuados para su sobrevivencia.

Los puntos de monitoreo en el periodo histórico evidencian un cumplimiento (Figura 22), ya que la mayoría de los puntos se encuentra dentro del rango de pH adecuado. Los puntos 1 y 2 para el año 2008, 2011 y 2012 registran valores de pH ácidos. Para el año 2009, 2010, 2013 y 2014 el punto No 2 presenta tendencia de pHs demasiado bajos. Las principales causas asociadas a la presencia de valores de pH ácidos son la presencia de vertimientos de tipo industrial.

Los valores de pH en el humedal, pueden verse drásticamente afectados por la intensa actividad fotosintética realizada por los productores primarios, ya que al consumir el Dióxido de Carbono presente, aumentan el pH, en oportunidades hasta las 10 Unidades. A su vez el pH, se asocia a las características de los materiales en el suelo sobre el que está el humedal, para el caso, este humedal se encuentra en terrenos de naturaleza Silícea con terrenos pobres en caliza, por lo cual sus valores tenderán a encontrarse entre 6 y 7 unidades.

Los valores de pH, a su vez se relacionan con la época, ya que en época lluviosa la mezcla es más diluida y en época de aguas bajas, suele ser mucho mayor la concentración presente, evidenciando para este sistema alta fragilidad, ya que en años lluviosos para Colombia (Fenómenos de la niña), 2008-2011, se evidencian concentraciones altas de nutrientes, tan solo para el 2011 se evidencia una mayor dilución.

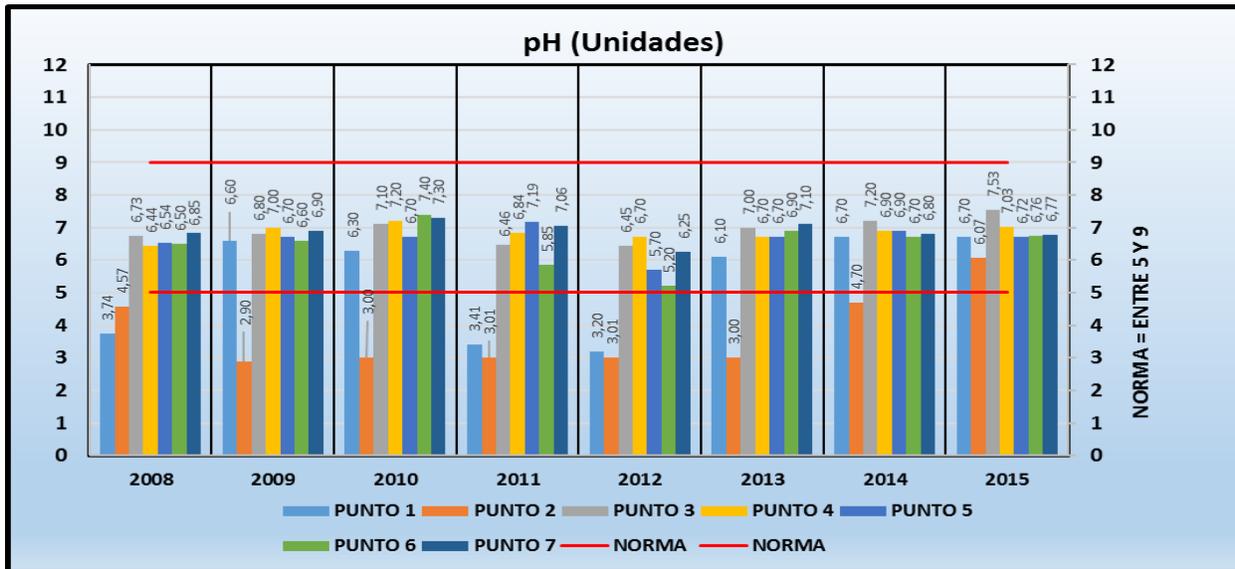


Figura 22. Gráfico Multitemporal para Ph

Fuente: Autor

1.1.1 Cobalto, Cromo y plomo

En el agua generalmente y debido a causas naturales se encuentran presentes pequeñas trazas de metales, algunos de ellos son requeridos para el normal desarrollo de la vida y la ausencia de las cantidades necesarias puede llegar a intervenir en el crecimiento normal de algas y plantas acuáticas. Varios metales, entre ellos los de mayor peso en concentraciones elevadas pueden llegar a perjudicar el bienestar de los organismos presentes en el cuerpo hídrico.

Para el periodo histórico se evidencia la presencia de altos valores de Cobalto (Figura 23), del año 2008 al 2011, en donde ninguno de los puntos presenta cumplimiento de la norma del objetivo de calidad utilizado como punto de análisis, los puntos más altos se asocian al punto No 1 y 2 con 170 mg/l y 685,53 mg/l. Para el año 2012 todos los puntos registran la presencia de cobalto pero los valores no son tan alarmantes como los del año periodo 2008-2011. Seguidamente en el año 2013 se registra el aumento de las concentraciones de cobalto en comparación con las registradas para el año 2012. Para el año 2014 y 2015 disminuyen los valores registrados pero aun así siguen por encima de la norma.

La ingesta de Cobalto genera bioacumulación en tejidos y posteriores formaciones de cáncer

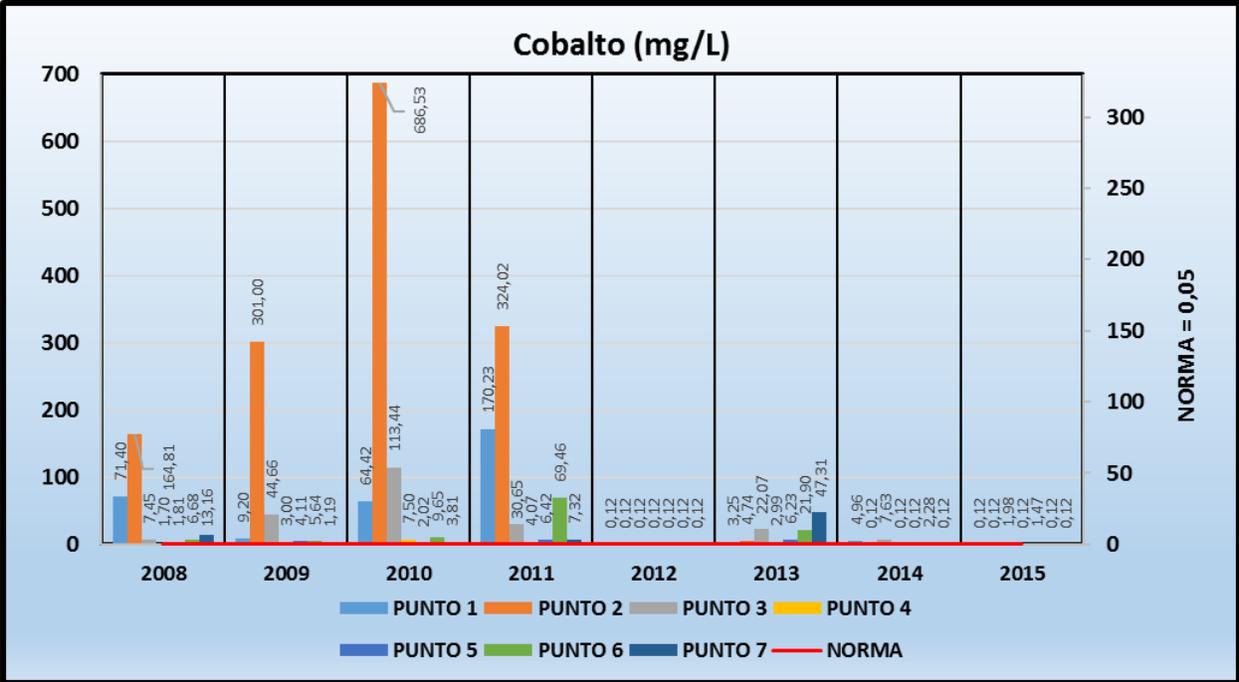


Figura 23. Gráfico Multitemporal para COBALTO

Fuente: Autor

Para el periodo histórico se evidencia la presencia de bajos valores de cromo (Figura 24) para los años 2011, 2012, 2014 y 2015. Para el año 2013 igual que para el cobalto se registra la presencia de este metal pesado en todos los puntos de monitoreo, en donde el punto 11 localizado en cercanías al centro de Funza y aledaño al sector industrial registra la presencia de 440 mg/l de este metal.

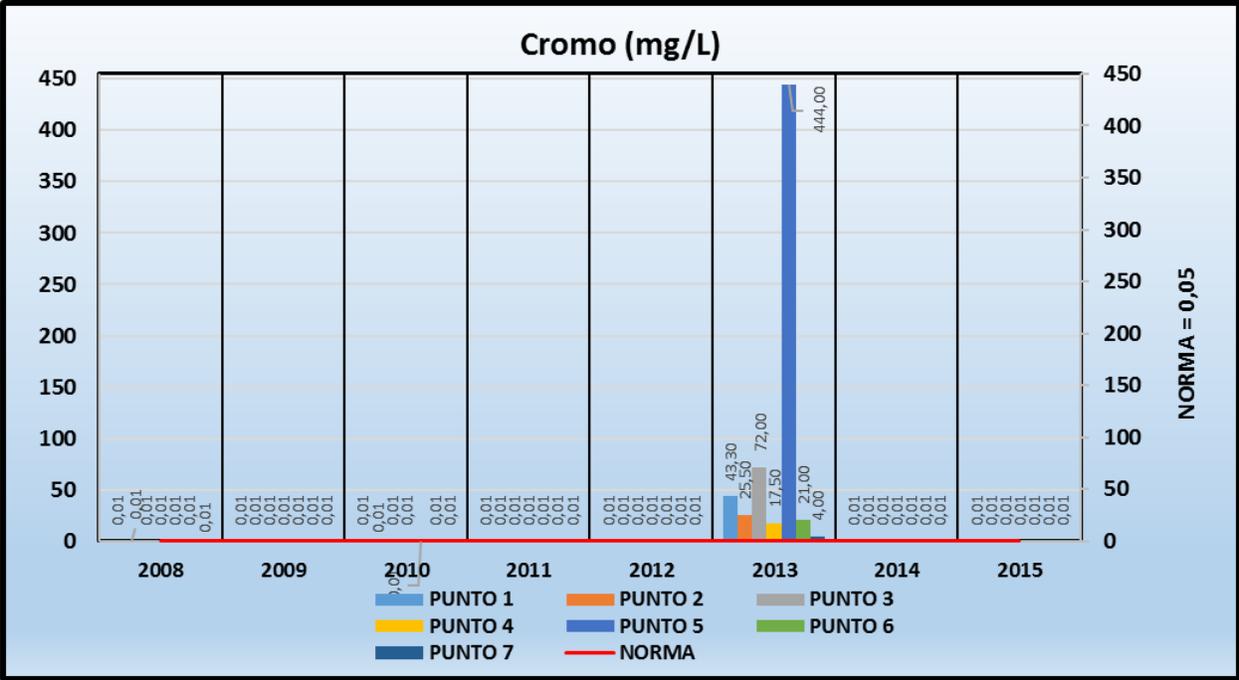


Figura 24. Gráfico Multitemporal para CROMO

Fuente: Autor

Finalmente en el periodo de análisis se evidencia la presencia de Plomo (Figura 25), en donde para todo el periodo análisis se sobrepasan la norma máxima admisible según los objetivos de calidad y años del 2009 al 2011 y 2013, en donde se registran altos valores para los siete puntos de monitoreo, teniendo para el año 2011 el valor máximo de la serie de 32,83 mg/l para el punto 4. Para el 2013 todos puntos registran valores altos de plomo, los cuales se encuentran entre los 3,0 mg/l y los 7,10 mg/l. En el año 2014 el punto no 3 registra un puntaje de plomo de 11,78 mg/l. El plomo generalmente no se encuentra en aguas de tipo natural.

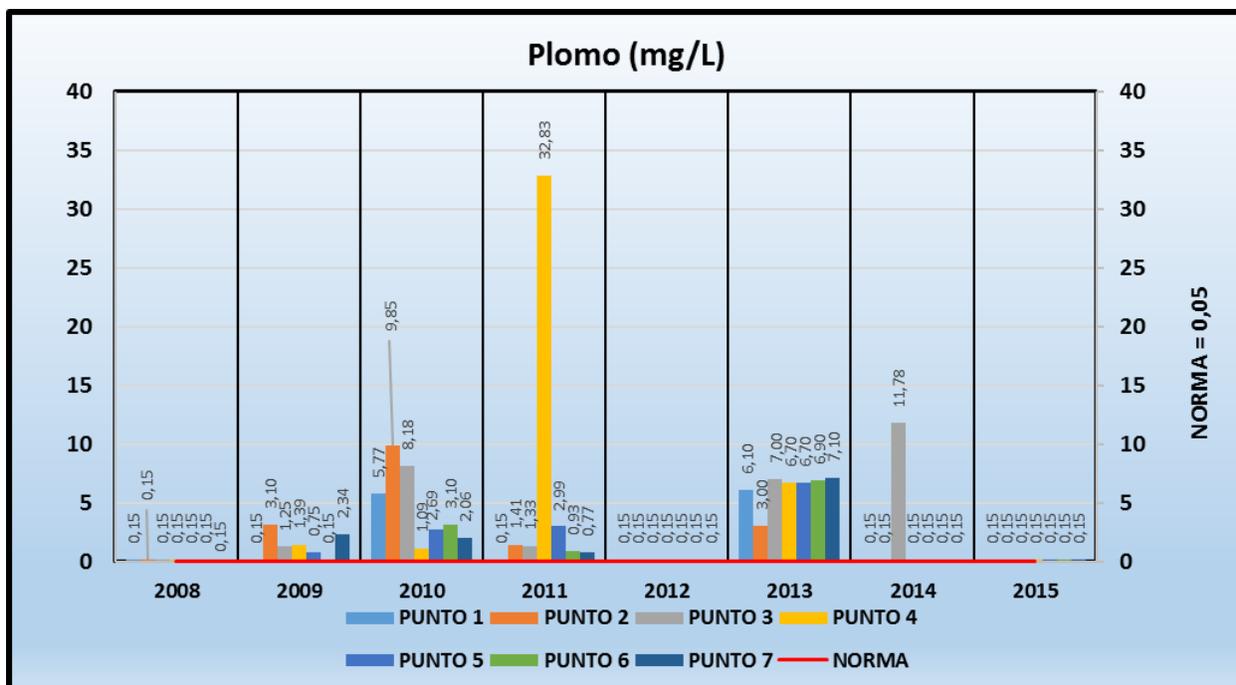


Figura 25. Gráfico Multitemporal para PLOMO

Fuente: Autor

La presencia de este tipo de contaminación se asocia al ingreso de vertimientos de diversa índole, pudiendo llegar a generar la morbilidad de peces, los cuales no se observaron en los recorridos realizados por el brazo analizado. Afectan gravemente la calidad del humedal al ser elementos no degradables ni biológica ni químicamente y presentar la tendencia a bioacumularse en los seres vivos, generando la muerte de fauna representativa para el humedal y a su vez al hacer uso de esta agua para regar cultivos mediante el sistema hidráulico de la Ramada, estos elementos se pueden adicionar a los tejidos de las plantas y posteriormente ser consumidos por los seres humano en pequeñas dosis.

El aumento de la toxicidad de metales pesados, se ve favorecida por bajos valores de pH y por altos valores de DBO (aumentan su solubilidad).

4.5 ICO's

Los índices de contaminación califican diferentes cualidades dentro de un cuerpo de agua, complementando el panorama ambiental presente. Son de fácil estimación y permiten puntualizar un problema ambiental presente. Su apreciación genera un resultado entre 1 y 0, definiendo a través de esta escala el grado de contaminación (tabla No 38). A su vez facilitan el análisis de gran cantidad de datos y su expresión visual mediante diferentes software SIG.

Tabla 38. Clasificación de índices de contaminación

ICO	GRADO DE CONTAMINACIÓN	ESCALA DE COLOR
0-0,2	Ninguna	
0,2-0,4	Baja	
0,4-0,6	Media	
0,6- 0,8	Alta	
0,8-1	Muy Alta	

Fuente: Universidad de Pamplona

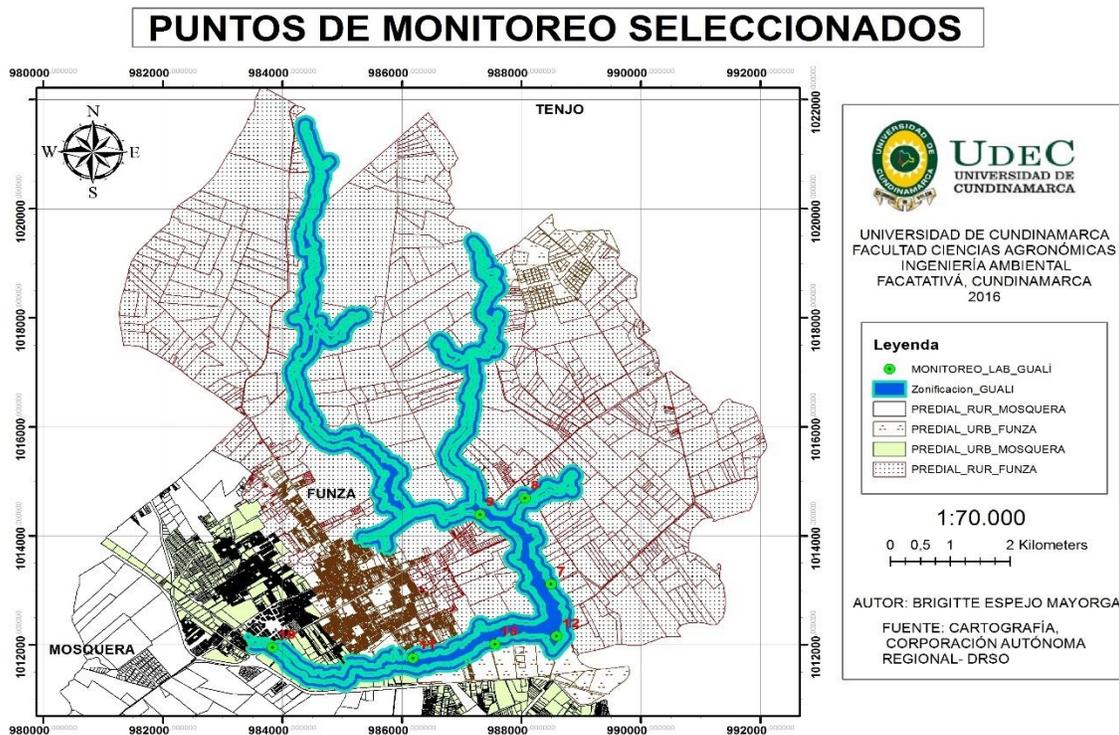
Seguidamente se muestran los resultados y análisis del cálculo de los índices de contaminación utilizados para la evaluación del brazo noroccidental del humedal Gualí, a su vez se evidencia el grado de avance, cambios en función del tiempo y respecto a la distribución espacial de un tipo de contaminación presente, indicando adicionalmente la vulnerabilidad de una zona del humedal a presentar este tipo de evento, lo anterior mediante mapas geoestadístico logrados con el DEMO del software Arcgis y el uso de la herramienta de interpolación Kriging.

La herramienta Kriging funciona como un procedimiento geoestadístico avanzado, el cual genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z. A diferencia de otros métodos de interpolación en el conjunto de herramientas de Interpolación,

utilizar la herramienta Kriging en forma efectiva implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida (Desktop Arcgis, 2016). Para términos de entendimiento de los análisis que siguen, se presenta nuevamente la tabla y el mapa de puntos de monitoreo, sin numerar, ya que en la parte inicial del trabajo se nombran.

NO	NOMBRE	Y	X	ALTURA
7	Canal Chicú- Gualí	1013348	988947	2549
8	Ciénaga Gualí - Chicú	1014689	988064	2544
9	Ciénaga Gualí - Sobre el puente Vía Siberia Funza	1014386	987310	2545
10	Cienaga Tres Esquinas - Frente a purina	1011951	983836	2543
11	Ciénaga Tres Esquinas - Antigua bocatoma acueducto de Funza	1011753	986190	2545
12	Ciénaga Gualí - Tres esquinas frente a entrada La Ramada	1012156	988587	2543
15	Canal A- Frente a flores Guacatay	1011394	987609	2544

Fuente: Laboratorio CAR



Fuente: Cartografía Corporación Autónoma Regional- DRSO

4.5.1 ICOMO

El índice de contaminación orgánica se calcula a partir de la siguiente ecuación, para ello se hace uso de las variables DQO, Coliformes Totales y % de Oxígeno. Las tablas de resultados se muestran en el Anexo 3 (Tablas 40 a 47).

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxígeno \%})$$

Donde:

$$I_{DBO} = -0.005 + 0.70 \text{Log}_{10} \text{ DBO (mg /L)}$$

$$\text{DBO} > 30 \text{ mg /L} = 1$$

$$\text{DBO} < 2 \text{ mg /L} = 0$$

$$I_{Coliformes \text{ Totales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} \text{ Col. Tot. (NMP /100ml)}$$

$$\text{Coliformes Totales} > 20.000 \text{ (NMP /100ml)} = 1$$

$$\text{Coliformes Totales} < 500 \text{ (NMP /100ml)} = 0$$

$$I_{Oxígeno \%} = 1 - 0.01 \text{ Oxígeno \%}$$

Oxigenos (%) mayores a 100% tienen un indice de oxigeno de 0

Los resultados de los ICOMO por año evidencian una fuerte tendencia a presentar la presencia de materia orgánica o contaminación muy alta, la cual es respectivamente para el año 2008 del (85%), para el 2009 del 28,57%, para el 2010 del 42,86%, del 2011 al 2013 del 57%, para el año 2014 del 85,71% y para el año 2015 del 71,43%. A su vez se evidencia que para el periodo estudio el resultado predominante es cercano a 1, es decir entre contaminaciones medias y muy altas.

Cuando se incrementan los valores de la DBO se hace presente una fuerte carga de contaminantes orgánicos que pueden tener como origen desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos

industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Todos estos desechos hacen que el porcentaje de oxígeno en el agua descienda dramáticamente generando grandes afectaciones para la vida y el medio (Cañas Juan, 2010).

Al analizar los altos valores de Coliformes totales se evidencia que el agua del humedal podría representar un alto riesgo para la salud de las personas que estén en contacto con esta, ya que el grupo Coliforme, esta principalmente conformado por bacterias nocivas.

Los resultados indican una variación para el periodo estudio en donde para el punto de muestreo No 1 el año 2008 presenta una contaminación alta, para el 2009 media, al 2010 alta, en el año 2011 se evidencia un índice de contaminación con calificación baja, luego en el 2012 pasa a calificación media y ya para el 2013- 2015 mantiene un grado de contaminación alto. El punto de muestreo No 2 indica para el año 2008 presenta un grado de contaminación muy alta, para el 2009 media, para el 2010 baja, en el 2011 sube a contaminación media, luego en el año 2012 pasa a contaminación baja y finaliza el periodo estudio 2014-2015 manteniéndose con calificación muy alta. Respecto al punto de muestreo No 3 y 7 se observa que pertenecen a los puntos con mayor contaminación presente para la zona estudio, ya que durante todo el periodo se mantuvo con un grado de contaminación muy alta. El punto de muestreo No 4 presento etapas en donde por los años (2008- 2014), presento un grado de calificación muy alto, a excepción de los años (2009 y 2015), que presentaron contaminación alto. El punto No 5 inicia con y termina con una contaminación muy alta para el 2015, únicos años que presento contaminación alta fueron 2010 y 2011. El punto o 6 inician con contaminación media para el año 2008, los años (2010- 2015), presentaron contaminación muy alta, exceptuando el año 2012, con contaminación media.

El punto No 7 presento un grado de contaminación muy alta para los años (2008 – 2015), exceptúan el año 2009 (media) y alta (2010).

Luego de realizar el proceso de interpolación de los resultados de los índices de contaminación con la herramienta Kriging de Arcgis y generar los mapas de calidad de la figura 23 a la 31, se obtiene que para el año 2008 (Figuro 26), se prácticamente la totalidad de la extensión del humedal en su brazo noroccidental presenta un grado de contaminación muy alta y solo un pequeño radio alrededor del punto de monitoreo No 7, presenta contaminación alta, la cual muy probablemente también a futuro será de grado muy alto, si no se controlan la o realizan medidas preventivas que permitan disminuir el ingreso de materia orgánica .

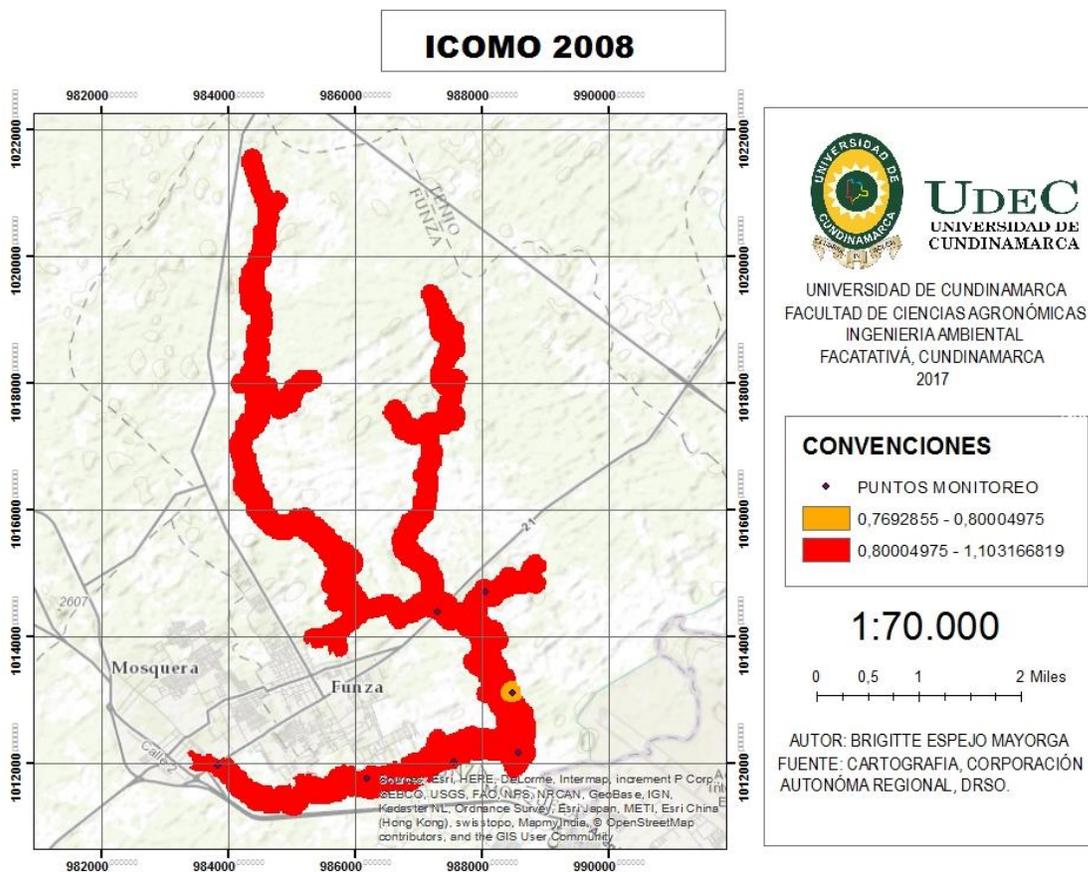


Figura 26. Mapa de calidad ICOMO 2008

Fuente: Autor

Al año 2009 (Figura 27), disminuyeron las condiciones de contaminación, en donde la mayor parte de área del brazo noroccidental tiende a presentar un grado de contaminación alto. Para este año las zonas más vulnerables fueron las del radio del punto de monitoreo 9 y 11, las zonas menos afectadas fueron los radios circundantes a los puntos de monitoreo 8, 7, 12 y 15. Se observa la disminución de la carga presente en comparación con el año 2008.

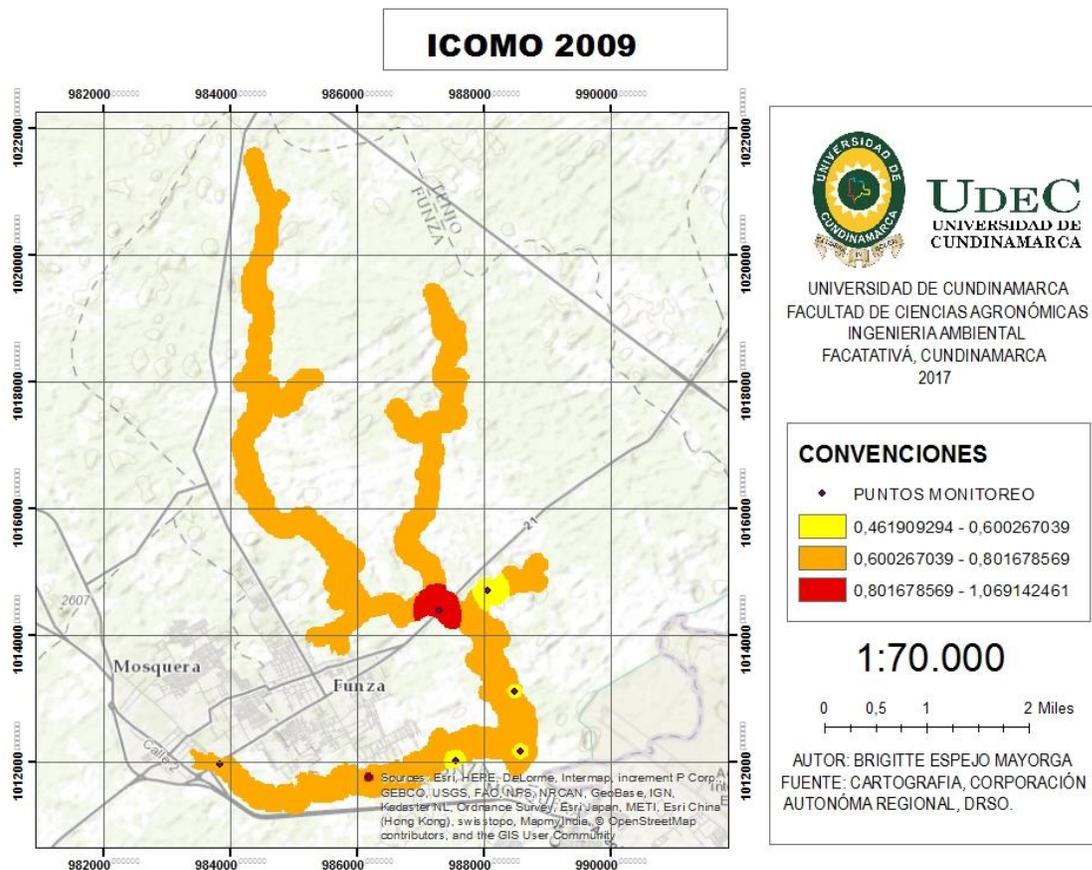


Figura 27. Mapa de calidad ICOMO 2009

Fuente: Autor

En el año 2010 (Figura 28), se observa la persistencia del punto de monitoreo No 9, a presentar contaminación muy alta, aumenta el área de este grado de contaminación, para los puntos 12 y 10 y el punto no 8, que para el año 2009 presentaba valores medios, para el presente

muestra un grado de recuperación con contaminación Baja. La mayoría de la superficie del área análisis presenta un grado de contaminación alto.

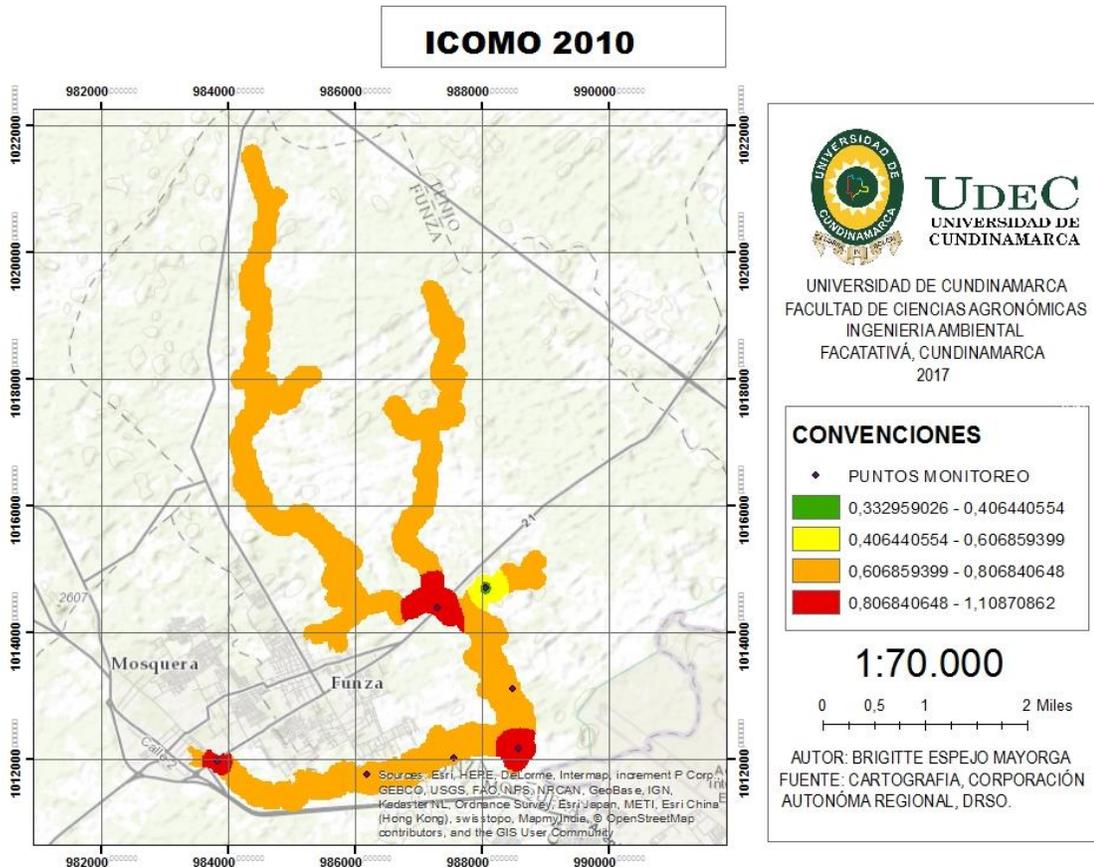


Figura 28. Mapa de calidad ICOMO 2010

Fuente: Autor

Para el año 2011 (Figura 29), se observa en el mapa de calidad que la contaminación por materia orgánica reduce para un área cercana a los puntos de monitoreo 8 y 7, persistiendo las condiciones de mejora en esta zona. Disminuye el área de contaminación muy alta de los puntos de monitoreo 9 y 12. Y aumenta el grado de contaminación de los puntos 11 y 10, los cuales

presentaban para el caso del punto 11, contaminación alta y para el caso del punto 10, un área de menor afectación.

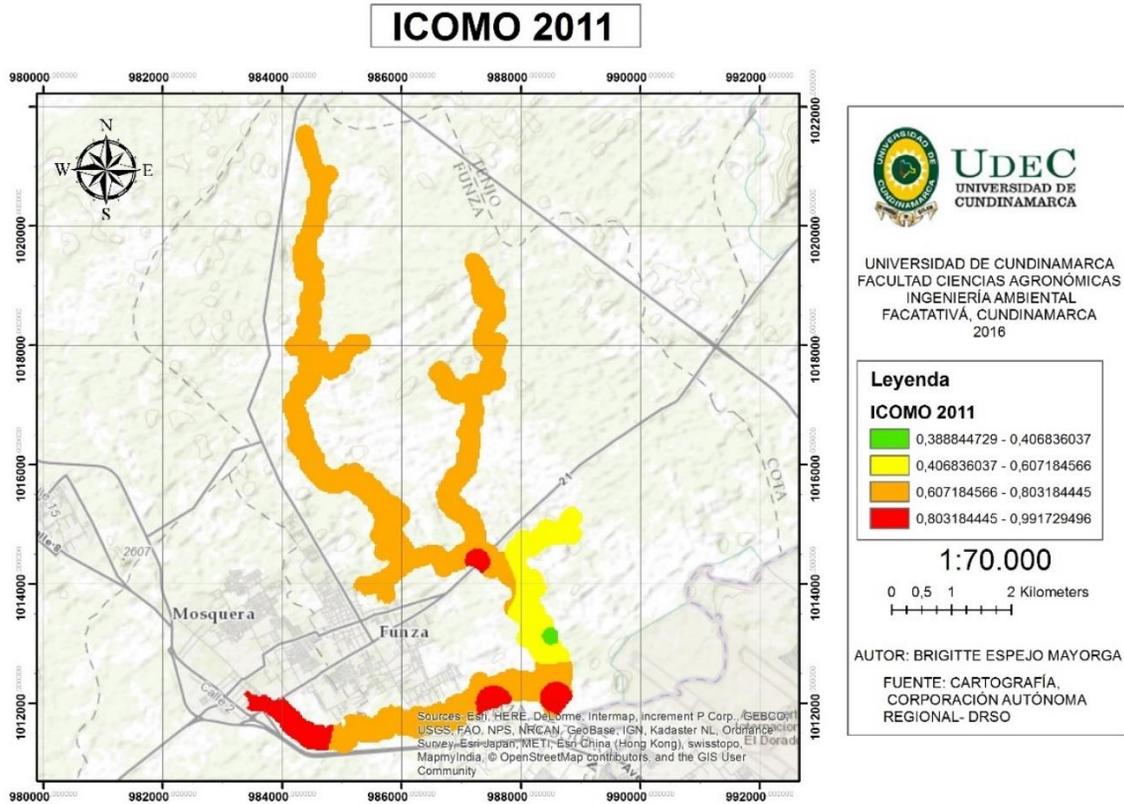


Figura 29. Mapa de calidad. ICOMO 2011

Fuente: Autor

Al año 2012 (Figura 30), aumenta la extensión con contaminación muy alta, avanzando rápidamente desde el área baja del punto de monitoreo No 10, alcanzando el punto No 11 y el 15, puntos que para el año anterior presentaban valores altos y muy altos más bajos. Las áreas que estaban presentando una mejora y reducción de la contaminación, para el presente año muestran una disminución de la misma y aumento de la contaminación alta.

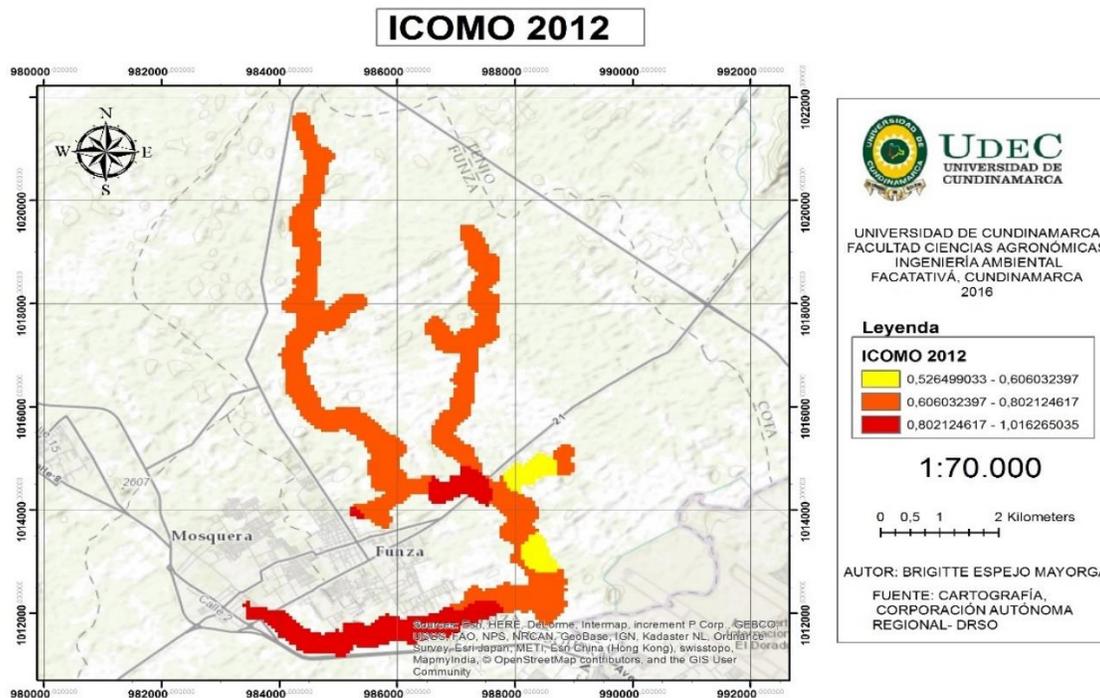


Figura 30. Mapa de calidad. ICOMO. 2012

Fuente: Autor

El año 2013 (Figura 31), presenta un comportamiento similar al del año 2012, pero a diferencia de este se observan zonas en donde se evidencia recuperación, regresando nuevamente el área del punto No 8 a niveles de calidad mucho más óptimos, se evidencia recuperación en la parte baja del humedal, cercana al punto de monitoreo No 10 y aumento del área de contaminación muy alta a los puntos de monitoreo 11, 15 y 12. Y se evidencia una leve recuperación de las áreas circundantes a los puntos 12 y 7.

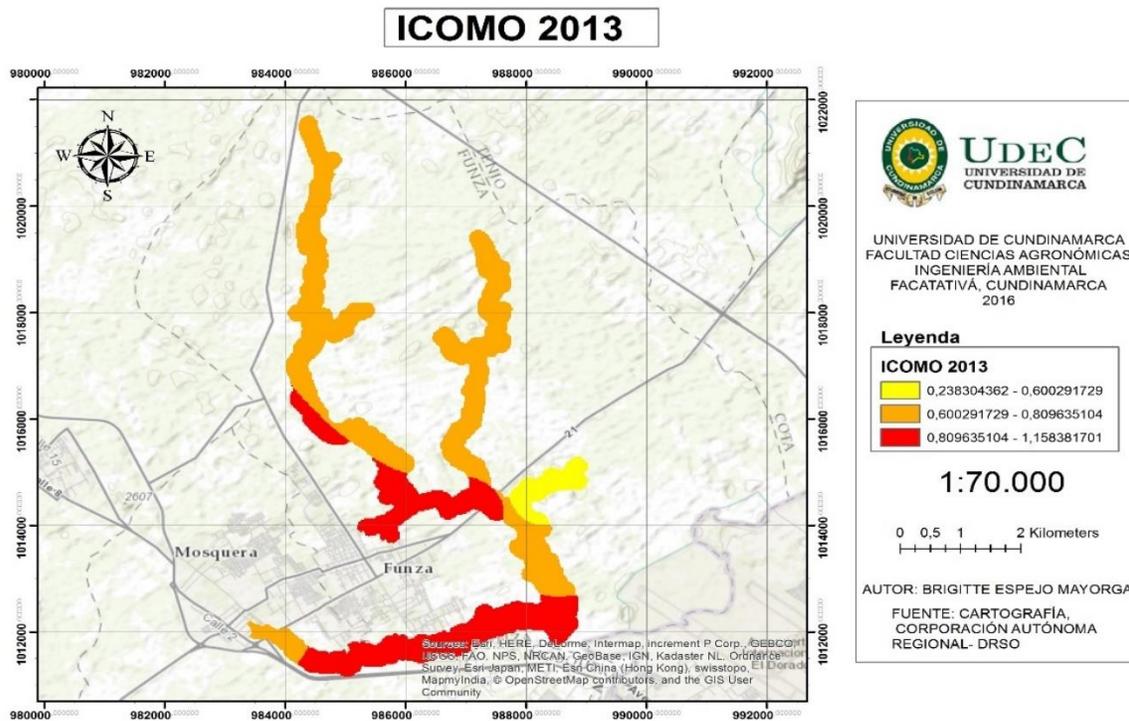


Figura 31. Mapa de calidad. ICOMO 2013

Fuente: Autor

El año 2014 (Figura 32) presenta el segundo estado de calidad más crítico, luego del de 2008, para la zona estudio, ya que como se evidencia en la zona estudio la mayor parte de esta presenta un grado de contaminación muy alta y tan solo una pequeña zona un grado de contaminación alta, no se evidencian puntos medios y bajos.

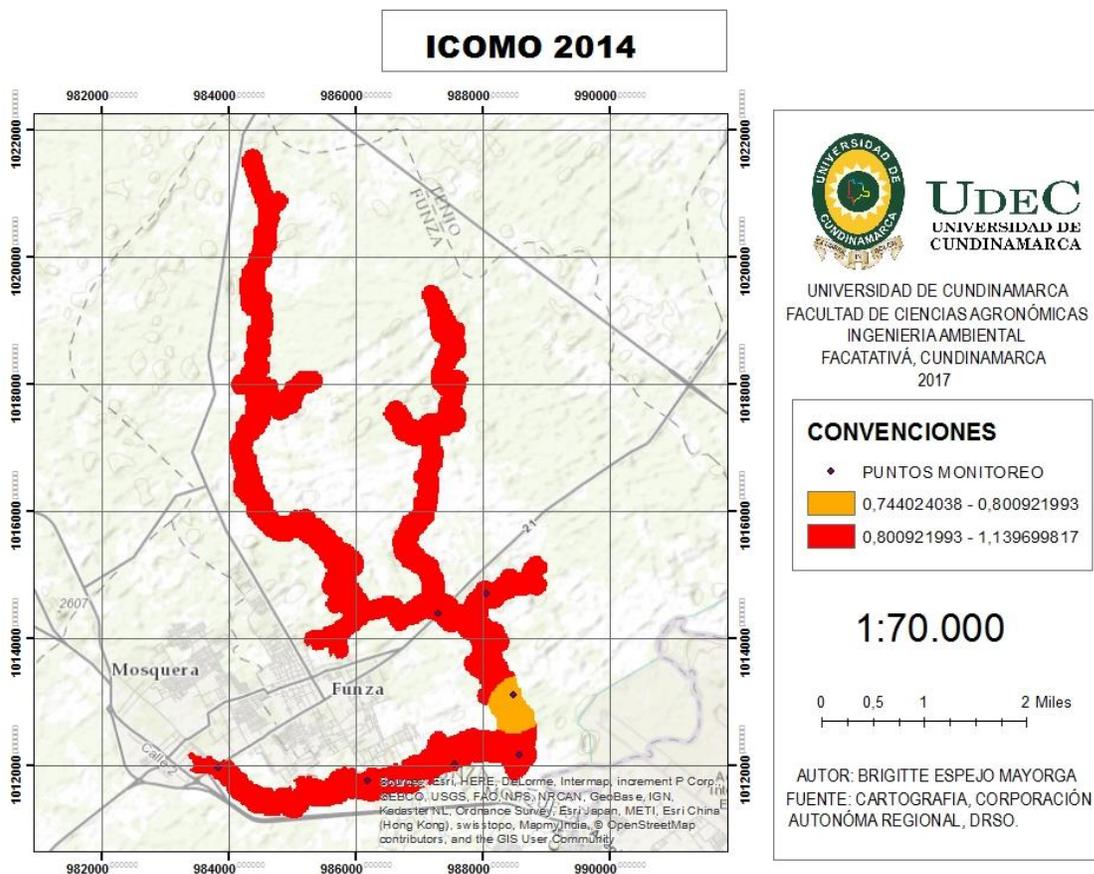


Figura 32. Índice de Contaminación con Materia Orgánica 2014

Fuente: Autor

Para el año 2015 (Figura 33), no se evidencian zonas con contaminaciones medias o bajas y al igual que el año anterior a este la mayor parte del área del humedal tiende a presentar grado de contaminación muy alto. Se evidencia una recuperación en la parte baja del brazo occidental, en el área circundante al punto de monitoreo NO 10. La tendencia o vulnerabilidad se asocia al aumento de la contaminación de grado alto con bajas tendencias de recuperación, para la mayor parte del área del brazo noroccidental del Humedal Gualí.

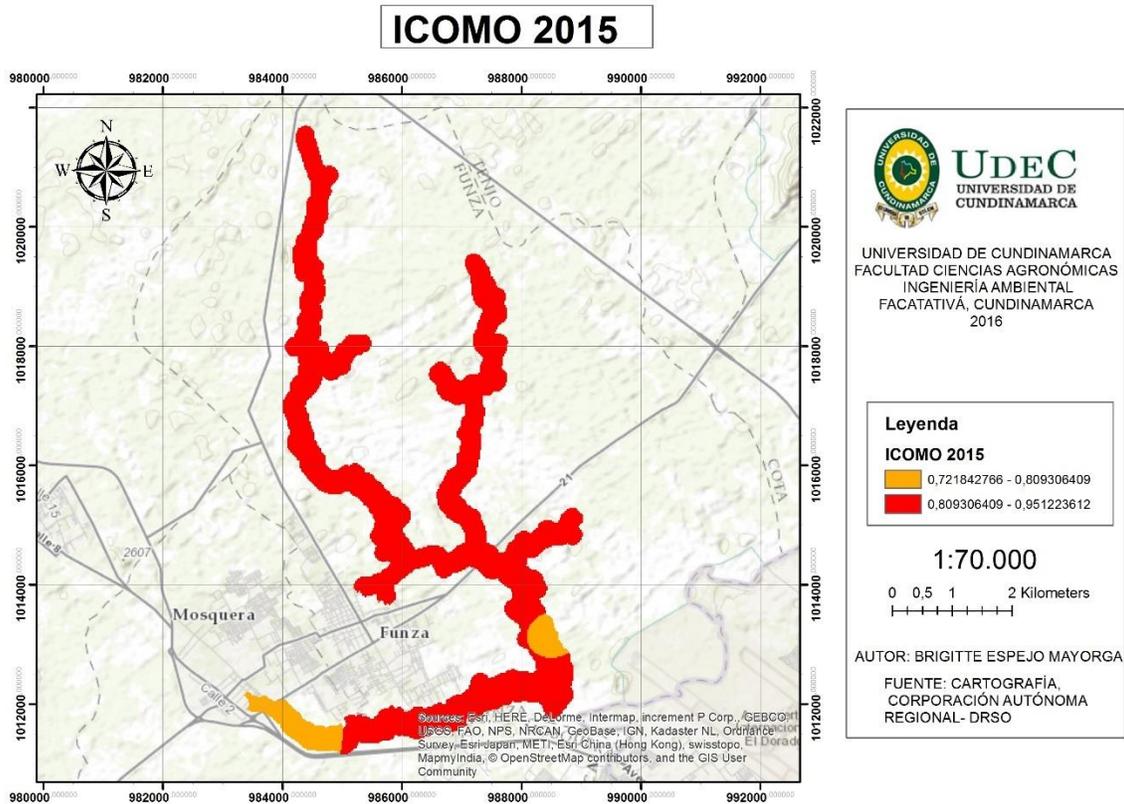


Figura 33. Índice de Contaminación con Materia Orgánica 2015

Fuente: Autor

4.5.2 ICOSUS

El índice de contaminación por sólidos suspendidos se calcula a partir de la siguiente ecuación. Este índice tiene relación con la DQO la DBO y el amonio y se calcula solo con el valor de Sólidos Suspendidos. Las tablas de resultados se muestran en el Anexo 4 (tabla 49 a 56).

$$\text{ICOSUS} = -0.02 + 0.0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg /L)}$$

Sólidos Suspendidos > a 340 mg /L Tiene un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos < a 10 mg /L Tiene un ICOSUS = 0

Para el periodo estudio y según los cálculos realizados, no existe contaminación por sólidos suspendidos. Las figura 34 a 41, indica que los valores del periodo estudio permanecen en el rango de no existencia de contaminación de este tipo, las tonalidades de azul indican las áreas en donde los valores de contaminación se aproximan más al 0,2, indicando así, las zonas más susceptibles a presentar este tipo de contaminación. El año 2009 presento los valores de nula contaminación más altos de periodo estudio, mientras que los años 2014-2015, evidencias los años más saludables del periodo estudio, la parte baja del humedal presenta la mayor vulnerabilidad al aumento a presentar este tipo de contaminación, zona cercana a los puntos de monitoreo Ciénaga Tres Esquinas - Frente a purina y Ciénaga Tres Esquinas - Antigua bocatoma acueducto de Funza.

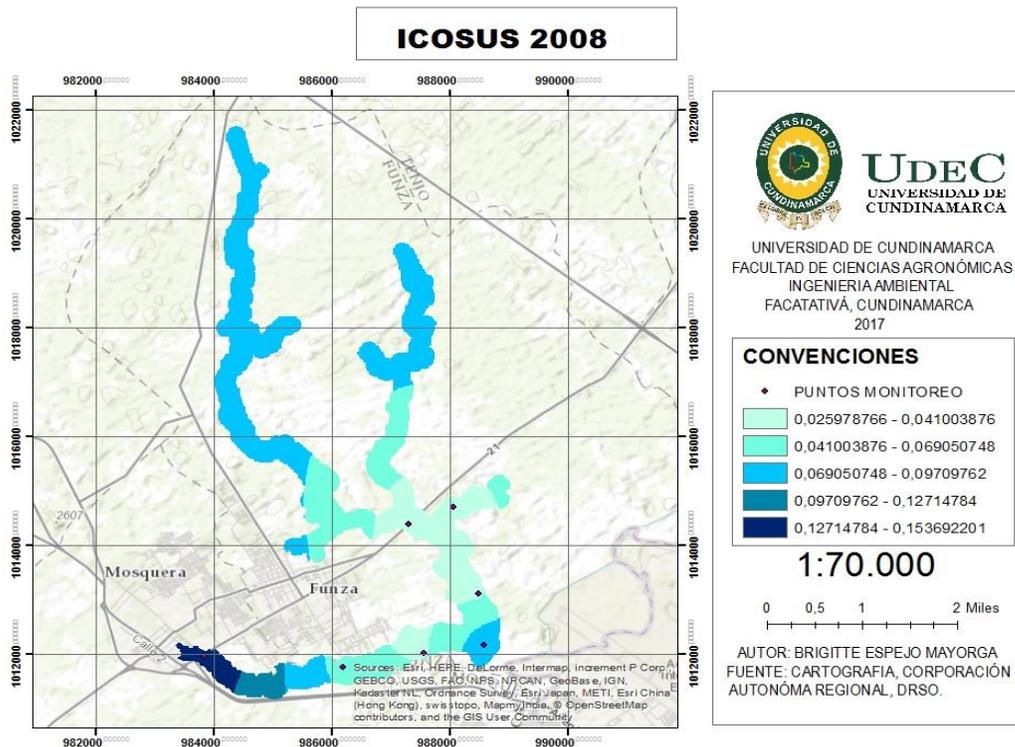


Figura 34. Mapa de calidad, ICOSUS, 2008

Fuente: Auto

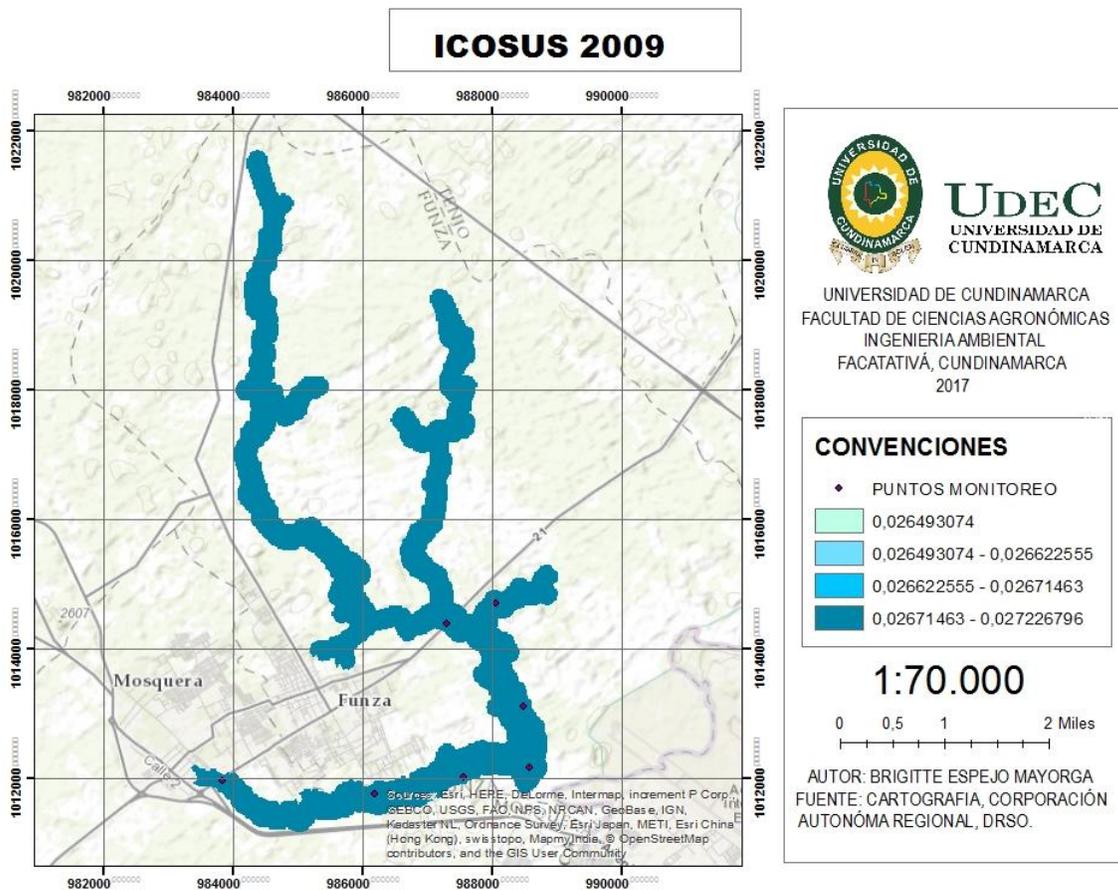


Figura 35. Mapa de calidad. ICOSUS, 2009.

Fuente: Autor

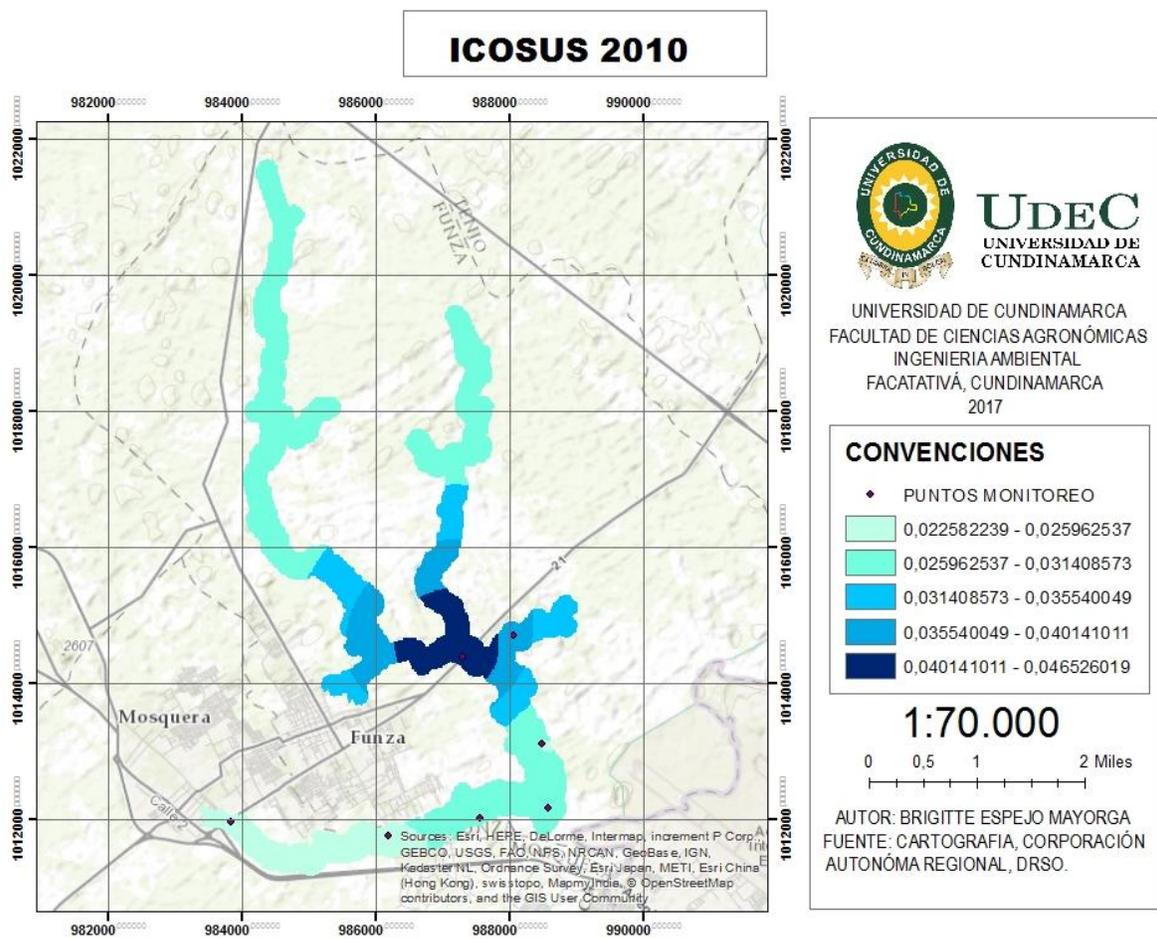


Figura 36. Mapa de calidad, ICOSUS 2010

Fuente: Autor

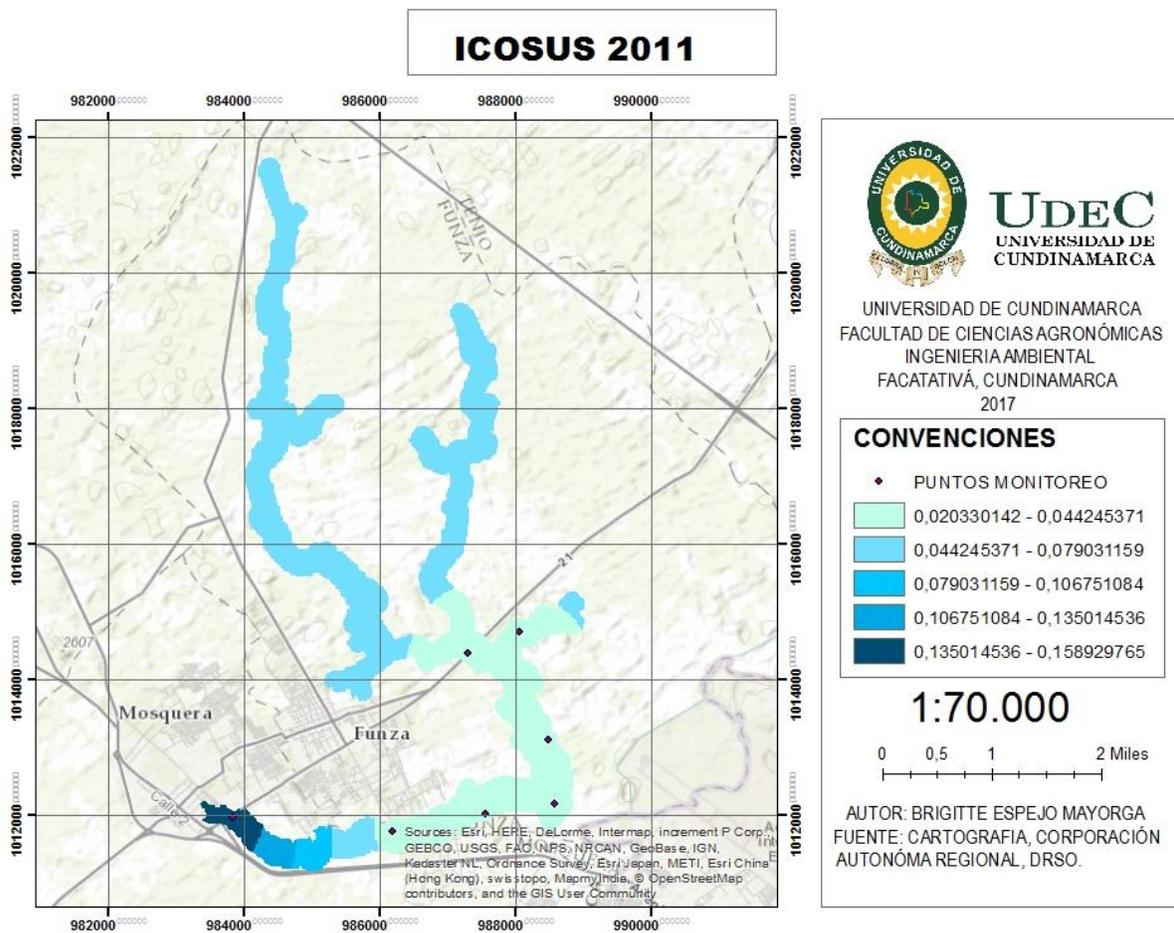


Figura 37. Mapa de calidad. ICOSUS 2011

Fuente: Autor

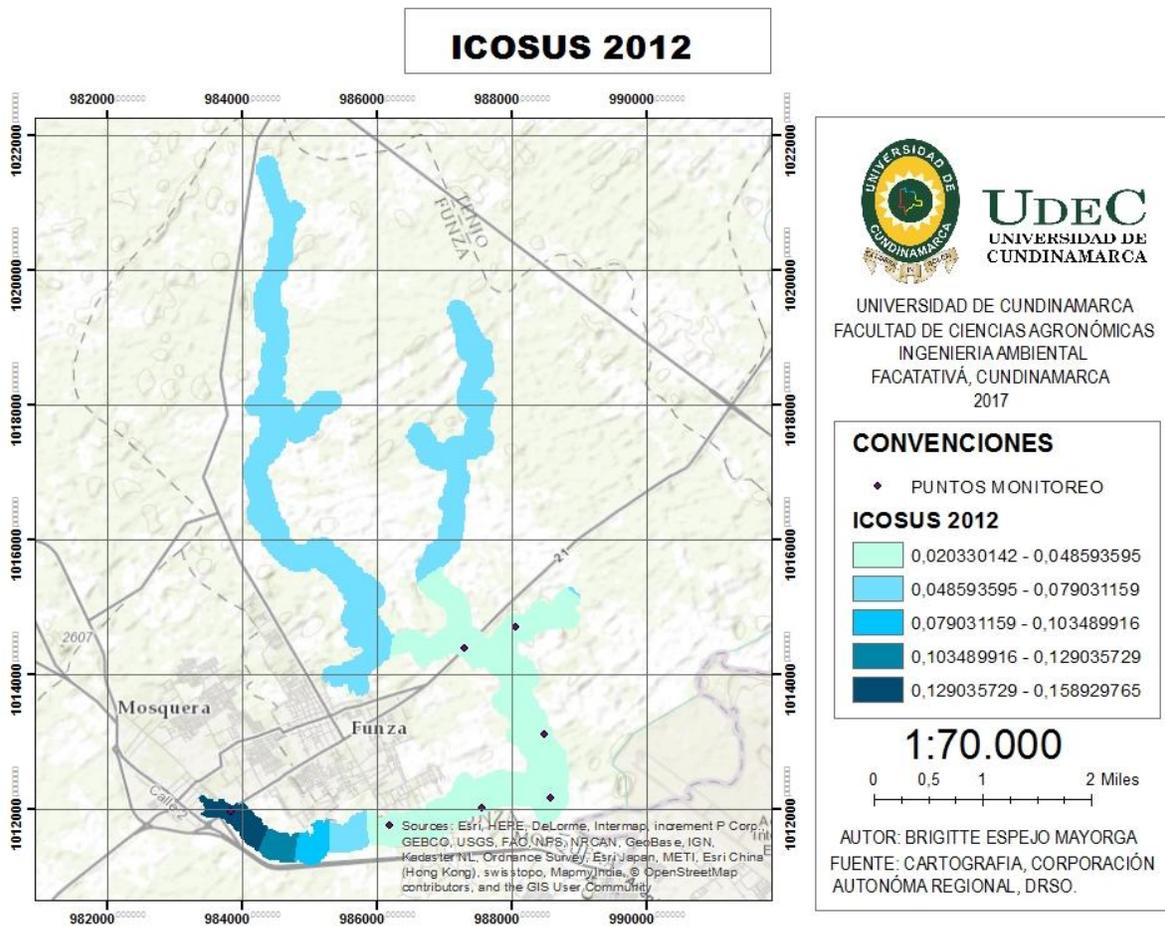


Figura 38. Mapa de calidad, ICOSUS 2012

Fuente: Autor

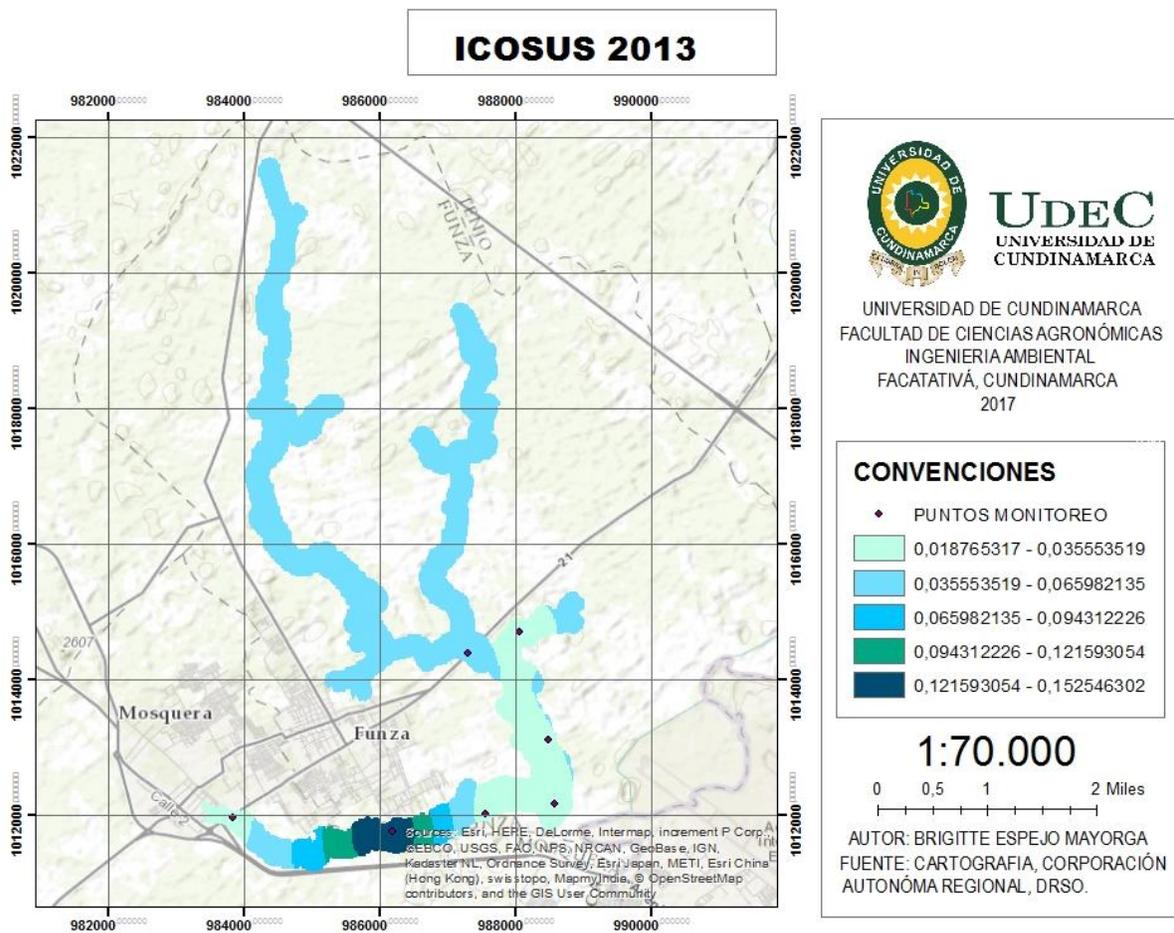


Figura 39. Mapa de calidad, ICOSUS, 2013

Fuente: Autor

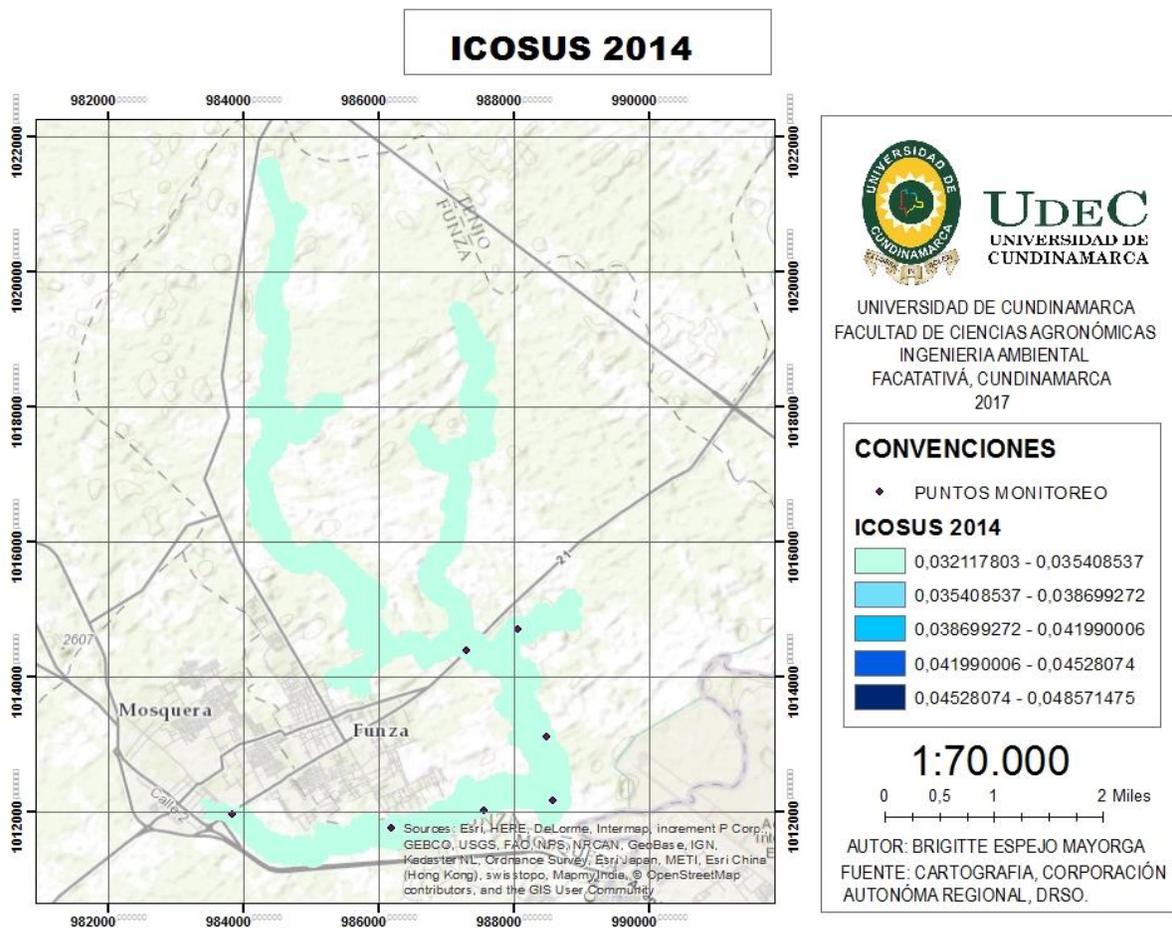


Figura 40. Mapa de calidad, ICOSUS, 2014

Fuente: Autor

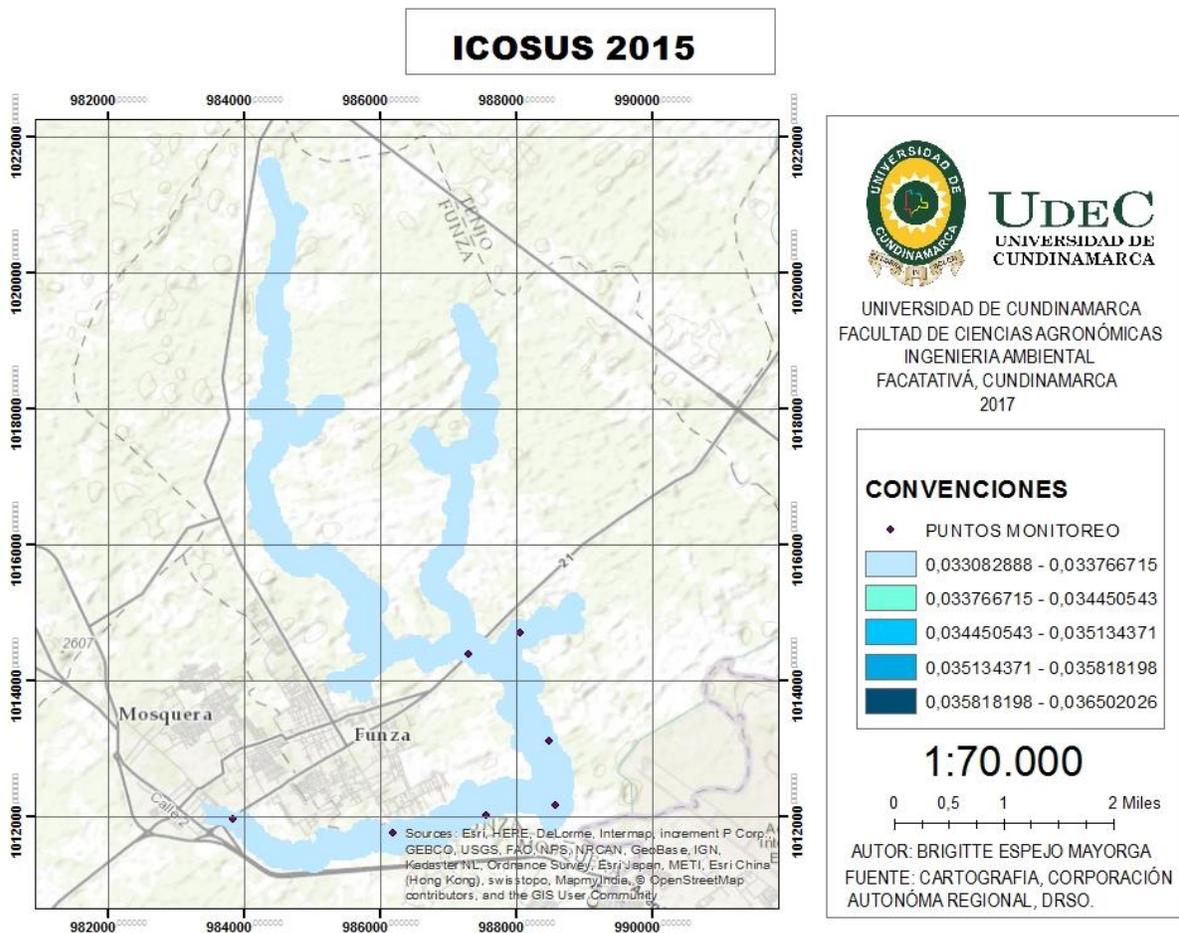


Figura 41. Mapa de calidad, ICOSUS 2015

Fuente: Autor

4.5.3 ICOTRO

Este índice se refiere a la concentración de fosforo total de acuerdo a los siguientes

rangos:

Oligotrofia = < 0.01

Mesotrofia = $0.01 - 0.02$

Eutrofia = $0.02 - 1.00$

Hipereutrofia = > 1.00

En donde la oligotrofa se refiere a la escases de nutrientes, la mesotrofia se caracteriza por representar un estado medio de nutrición y por ende de productividad, la eutrofia indica la presencia de un exceso de nutrientes y la evidencia de eutrofización de las aguas y la hipereutrofia represente una elevada concentración de nutrientes.

De acuerdo a las tablas de cálculos presentadas en el Anexo 4 (Tabla 57 a 64). La variación de los puntos respecto a este tipo de contaminación es la que sigue:

El punto No 1 presenta variaciones respecto a la cantidad de nutrientes presentes, en donde para el año 2008 y 2011 indica la presencia de Hipertrofia alta, para el 2009-2010 y 2012-2015 variaciones de eutrofia alta, media y nula, en donde después de estar en alta pasa a baja y luego a nula.

Para el punto No 2, se presenta en donde al año 2008 se presentaba hipertrofia alta, y del año 2009 al 2015 variaciones de eutrofia media, baja y nula.

El punto No 3 inicia el periodo estudio con valores de hipereutrofia alta del 2008 al 2011, para el año 2012 disminuye y pasa a eutrofia media y para los años 2013- 2015 aumenta a hipereutrofia muy alta,.

El punto No 4 presenta para el 2008 y el 2011, una hipertrofia muy alta y del año 2010, 2012 y 2015 eutrofia media, baja y para los años 2013 y 2014 eutrofia baja.

Los puntos 5 y 6 presentan en el año 2008, hipertrofia alta. El punto 5 al 2009 presenta eutrofia alta y el 6 eutrofia baja. Para el periodo 2008-2009, el punto No 7 presenta eutrofia alta y baja. Para el año 2010 los puntos 5 y 6, regresan a valores de hipertrofia alta y el punto No 7 pasa a eutrofia media. Para el 2011- 2012, el punto 5 presenta eutrofia media, el punto 6 eutrofia bajo y el punto 7 eutrofia alta. Finalmente para el periodo 2013- 2015 los puntos 5, 6 y 7 presentan un grado de contaminación de tipo hipertrófico alto. Lo anterior indica que los puntos

o áreas más susceptibles a sufrir de este tipo de contaminación son los puntos 5, 6 y 7 y los menos vulnerables los puntos 1, 2 y 4.

Los resultados anteriores dan cuenta de que la eutrofización constituye uno de los problemas más graves de contaminación presentes en el humedal Gualì. Los resultados reportan la persistencia de eutrofia e hipereutrofia para el periodo estudio, en donde se pueden ver variaciones de un estado al otro, pero no se evidencia la recuperación o disminución a estados más bajos, en donde estos sean los que predominen. En la Figura que sigue, se evidencia como el cuerpo de agua es acaparado en su mayoría por buchón de agua y algunos juncos.



Figura 42. Eutrofización humedal Gualì

Fuente: Autor

Los mapas de calidad desarrollados con la herramienta de interpolación se muestran seguidamente. Para el año 2008 (Figura 43), indica altos niveles de contaminación para el brazo noroccidental. Indicando la susceptibilidad de presentar altos niveles de fósforo, procesos de eutrofización y aumento de procesos de consumo de oxígeno, entre otros impactos.

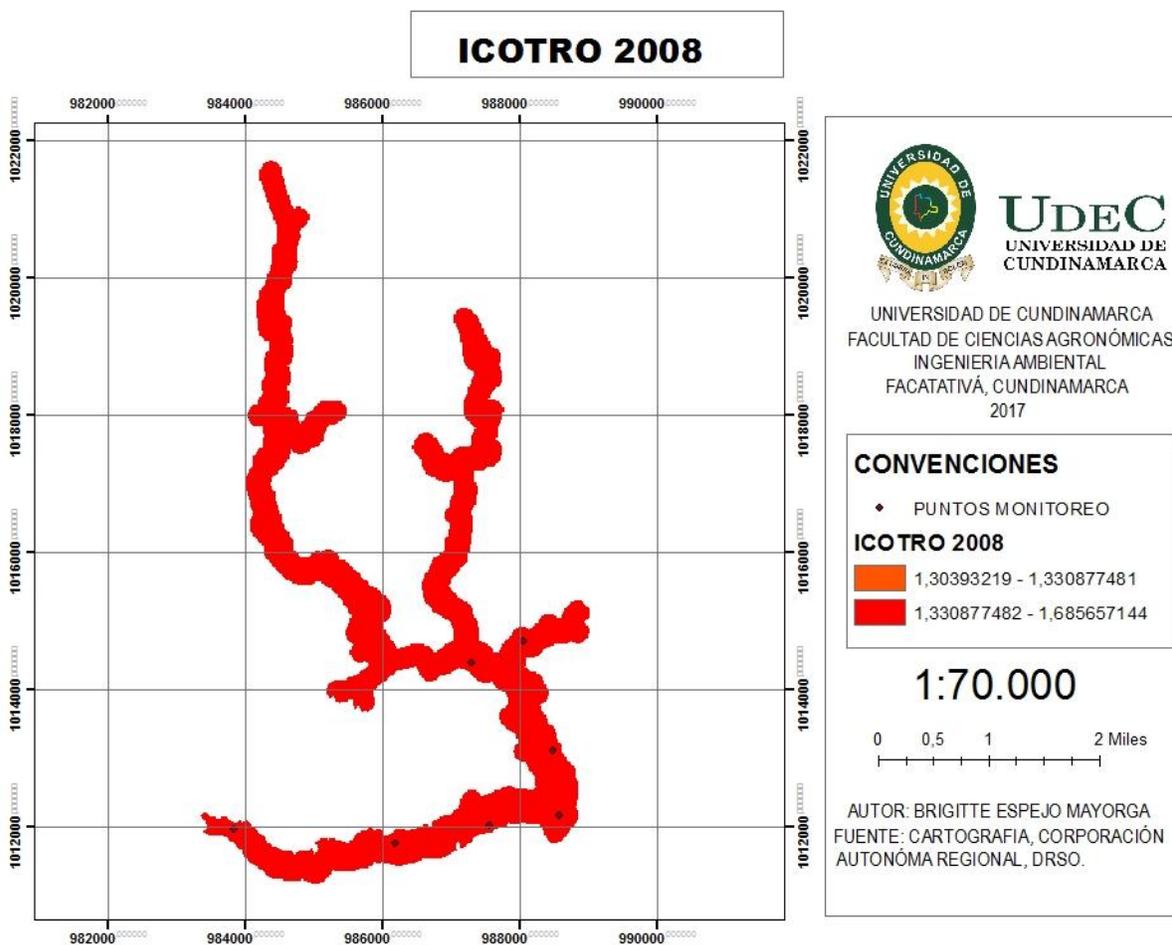


Figura 43. Mapa de calidad. ICOTRO 2008.

Fuente autor:

Para el año 2009 (Figura 44), se evidencian niveles de fósforo más bajos para las áreas cercanas a los puntos de monitoreo 9, 7, 12 y 15 y la tendencia a presentar en la mayor extensión del área estudio contaminación de tipo muy alta, tal como se evidencia en la figura. A su vez sigue reflejando la alta presencia de este elemento e el humedal.

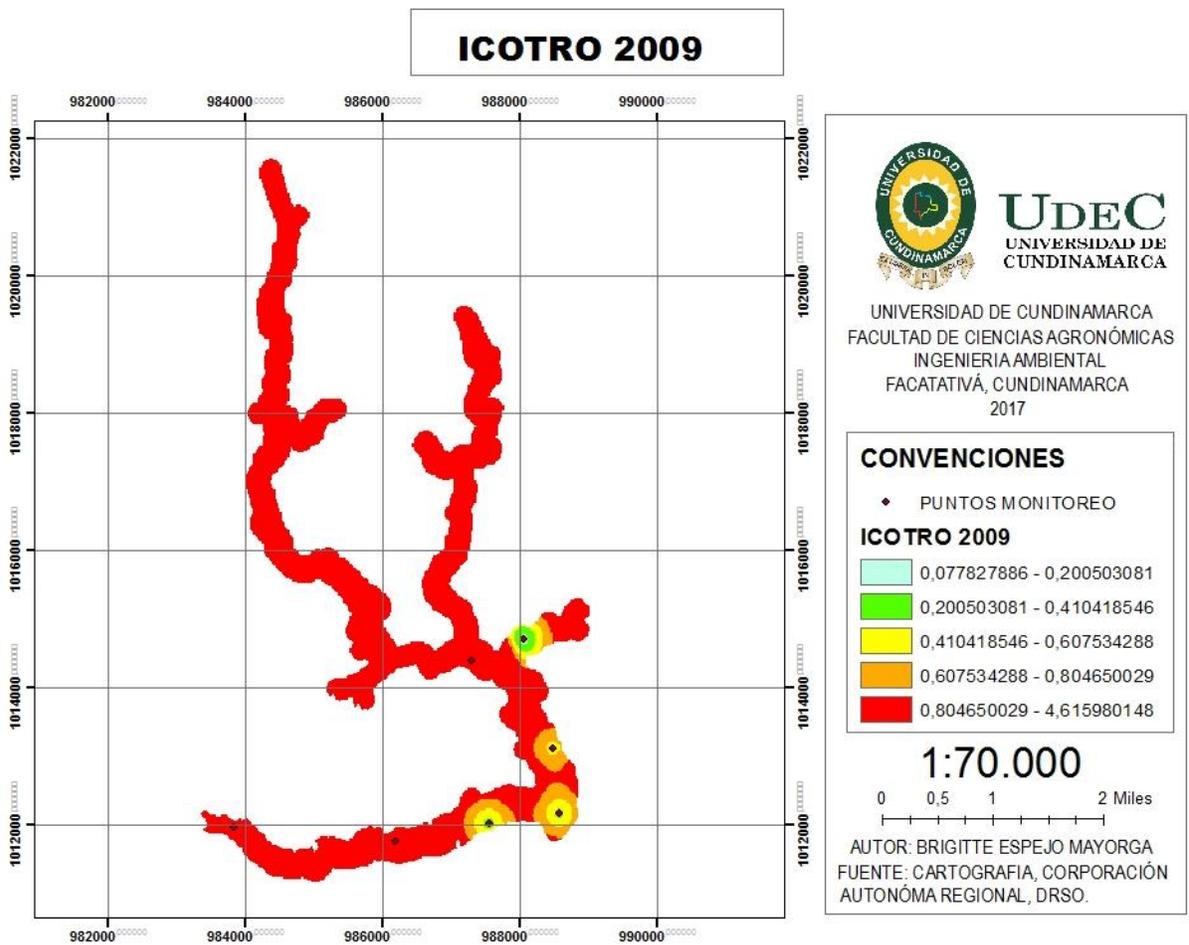


Figura 44. Mapas de calidad. ICOTRO 2009

Fuente: Autor

Para el año 2010 (Figura 45), se evidencia como aumenta el nivel de contaminación hipertrófica alta, a su vez se visualiza que los puntos 7, 12 y 15 presentan las mayores resistencias a presentar este tipo de contaminación. Para este año de igual forma que con los anteriores se evidencia la susceptibilidad del área hídrica, a presentar altos niveles de este nutriente.

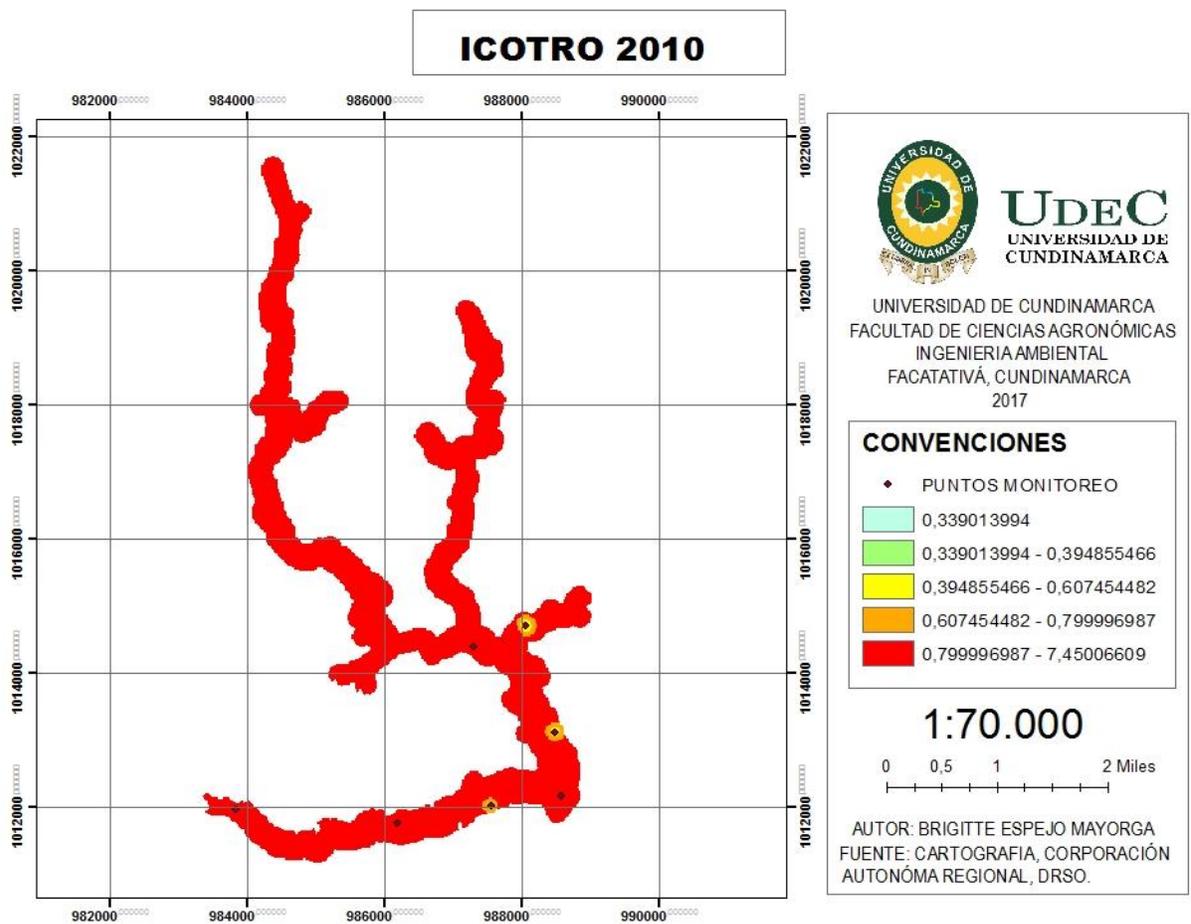


Figura 45. Mapas de calidad. ICOTRO 2010

Fuente: Autor

En el año 2011(Figura 46) – 2012 (Figura 47), se evidencia como disminuye el grado de contaminación del área estudio a niveles eutróficos, mostrando la presencia de una mejora en las condiciones de calidad para dicho periodo, respecto a este parámetro. Las mejores condiciones se evidencian para el año 2012, en donde los valores de fósforo presentes son más bajos que en cualquiera de los de los demás años estudiados. Las mejores condiciones se presentan en las áreas cercanas a los puntos 12 y 15, ello para los dos años mencionados, estos dos años presentan

estos resultados quizás porque hubo más dilución de las aguas de ingreso a estos humedal para esos dos periodos.

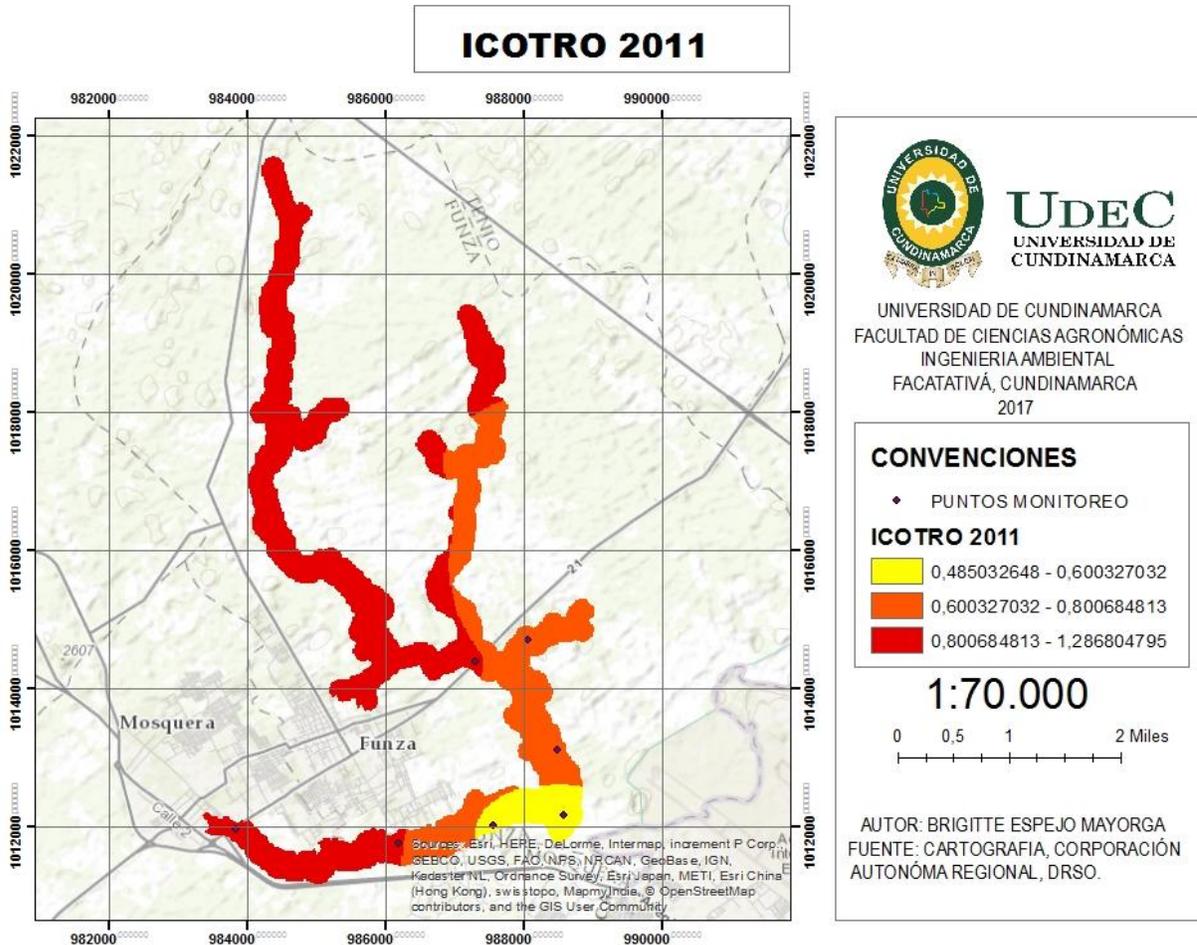


Figura 46. Mapas de calidad. ICOTRO 2011

Fuente: Autor

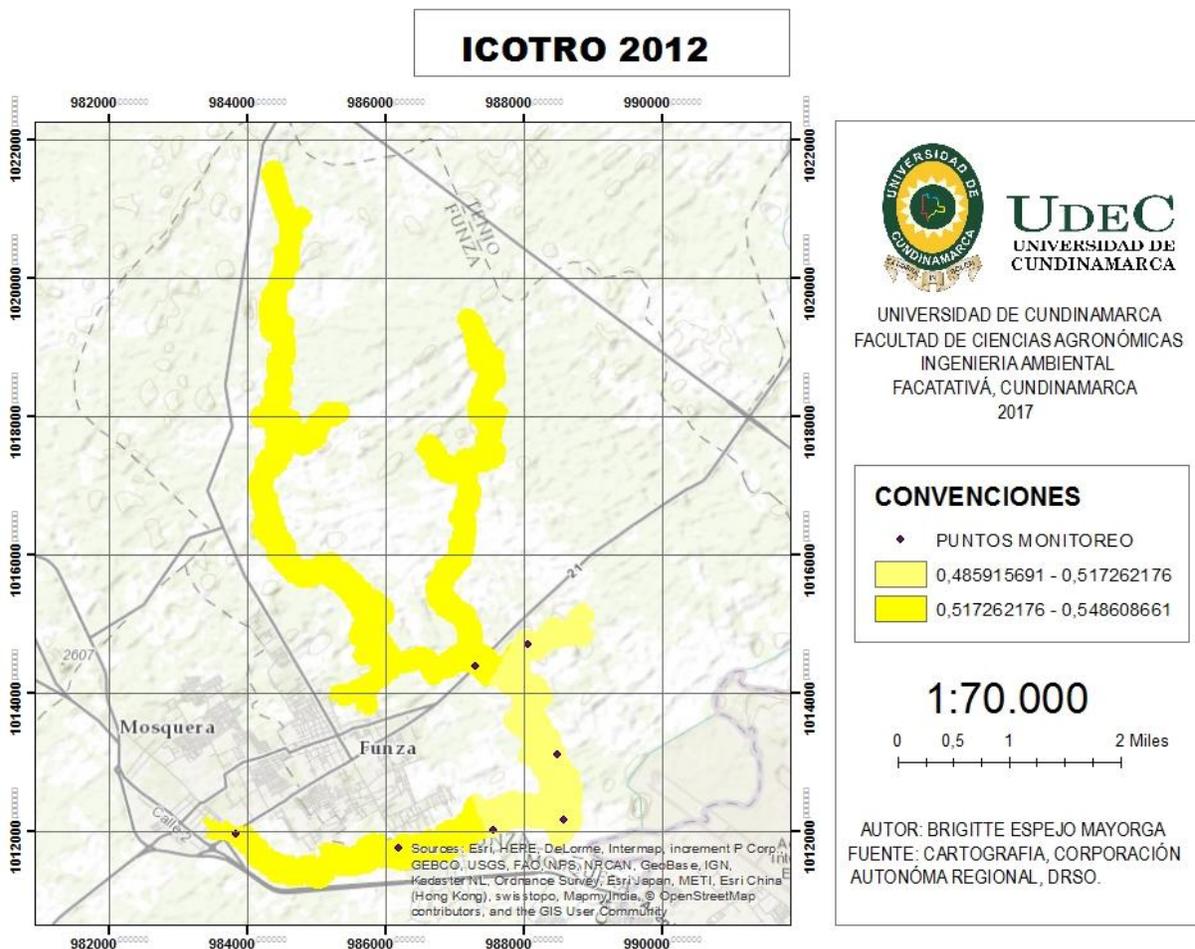


Figura 47. Mapa de calidad. ICOTRO 2012

Fuente: Autor

El año 2013 (Figura 48), se presenta un aumento de las condiciones de calidad a valores de hipertrofia muy alta para toda la zona estudio, evidenciando una desmejora respecto a los dos años anteriores y de nuevo la presencia de altos niveles de Fósforo en el área noroccidental. Para el año 2014 (Figura 49), se observan algunas mejoras en las áreas circundantes a los puntos de monitoreo 8, 7 y 10, presentando valores eutróficos altos y medios o de Fósforo mucho menores, pero en general la extensión evaluada, tiende a presentar altos valores del nutriente en cuestión.

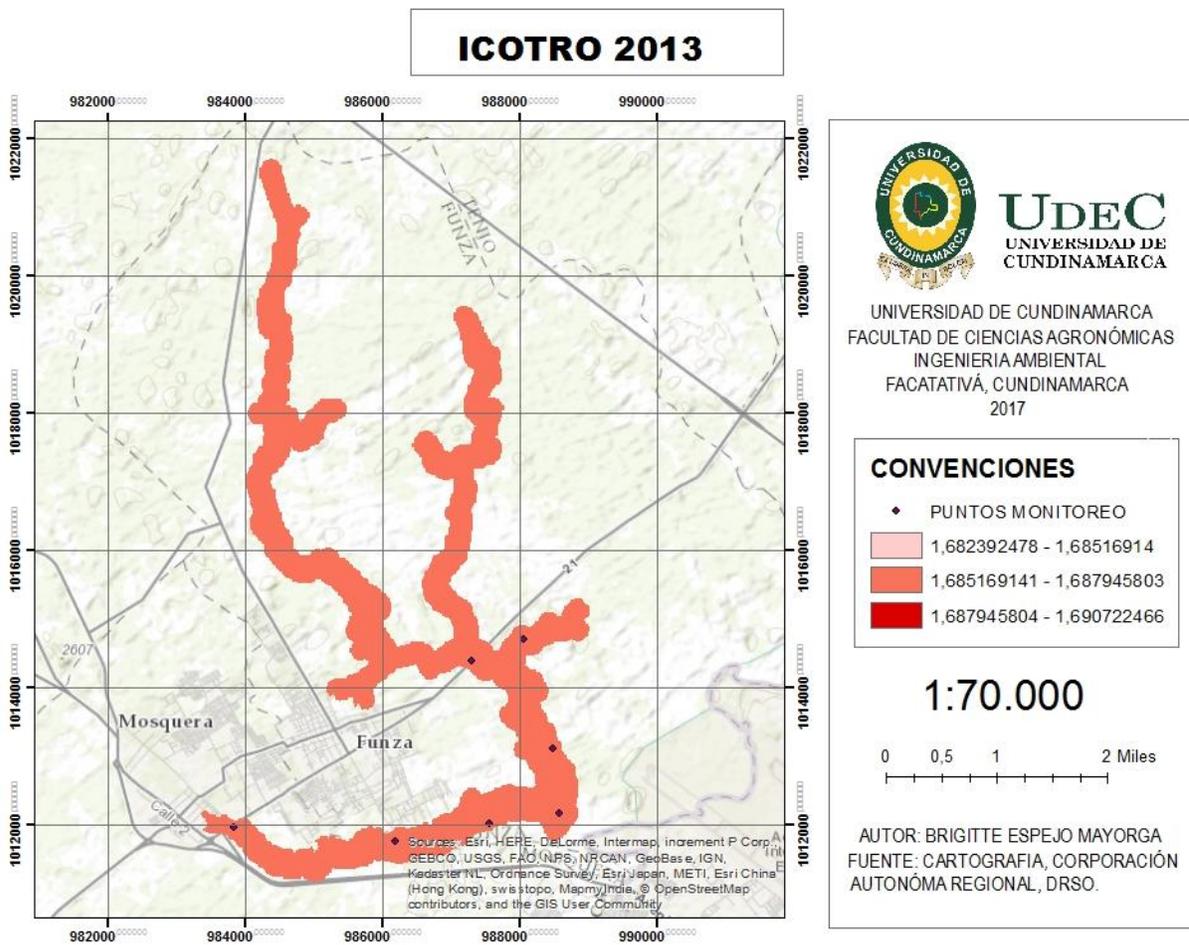


Figura 48. Mapa de calidad. ICOTRO 2013

Fuente: Autor

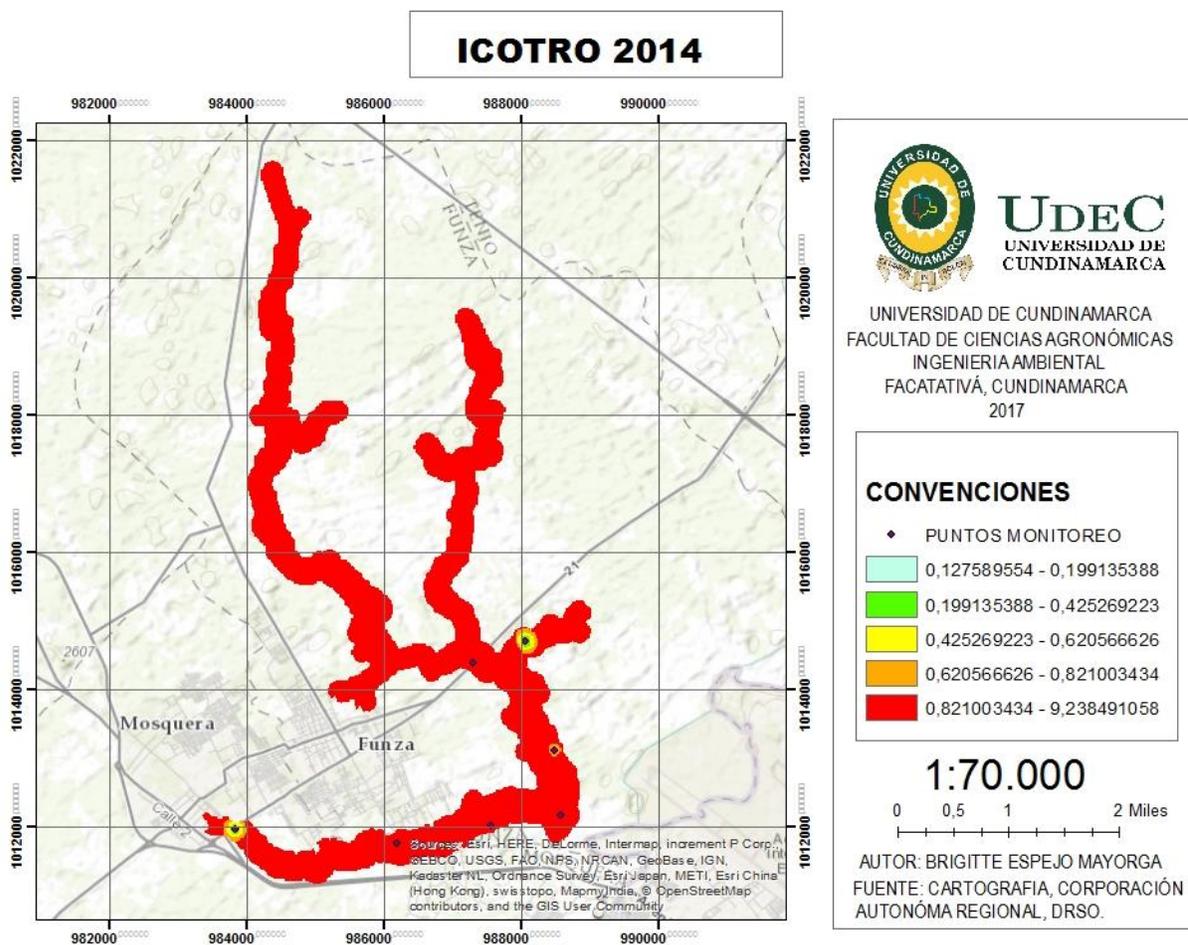


Figura 49. Mapa de calidad. ICOTRO 2014

Fuente: Autor

El mapa de calidad del año 2015 (Figura 50), indica una situación muy similar al panorama presentado para el año anterior, muestra que los puntos de monitoreo 8 y 7, presentan la mayor calidad en rangos tróficos.

El mejor estado de calidad del periodo analizado y para este índice se visualiza en los años 2011 y 2012, todos los mapas de calidad denotan que la mayor proporción del brazo noroccidental presenta alta susceptibilidad a presentar este tipo de contaminación, siendo pocas las áreas que muestran un grado de mejoría respecto a la contaminación hipertrófica alta. La mayor parte del

área estudio presenta alta vulnerabilidad a presentar este tipo de contaminación. Asociado a esta alta vulnerabilidad se encuentra la disminución del Oxígeno necesario para la vida de los seres vivos presentes en el ecosistema, la presencia de malos olores, el oscurecimiento del agua, la disminución de la biodiversidad, entre otros. El ingreso de este elemento está relacionado más directamente con los vertimientos industriales y con la percolación de aguas de fumigación de los cultivos aledaños a la zona. Es de esperar que este tipo de contaminación persista en el tiempo y el humedal sea vulnerable a ella, pues durante años esta fue la actividad económica principal desarrollada en la zona.

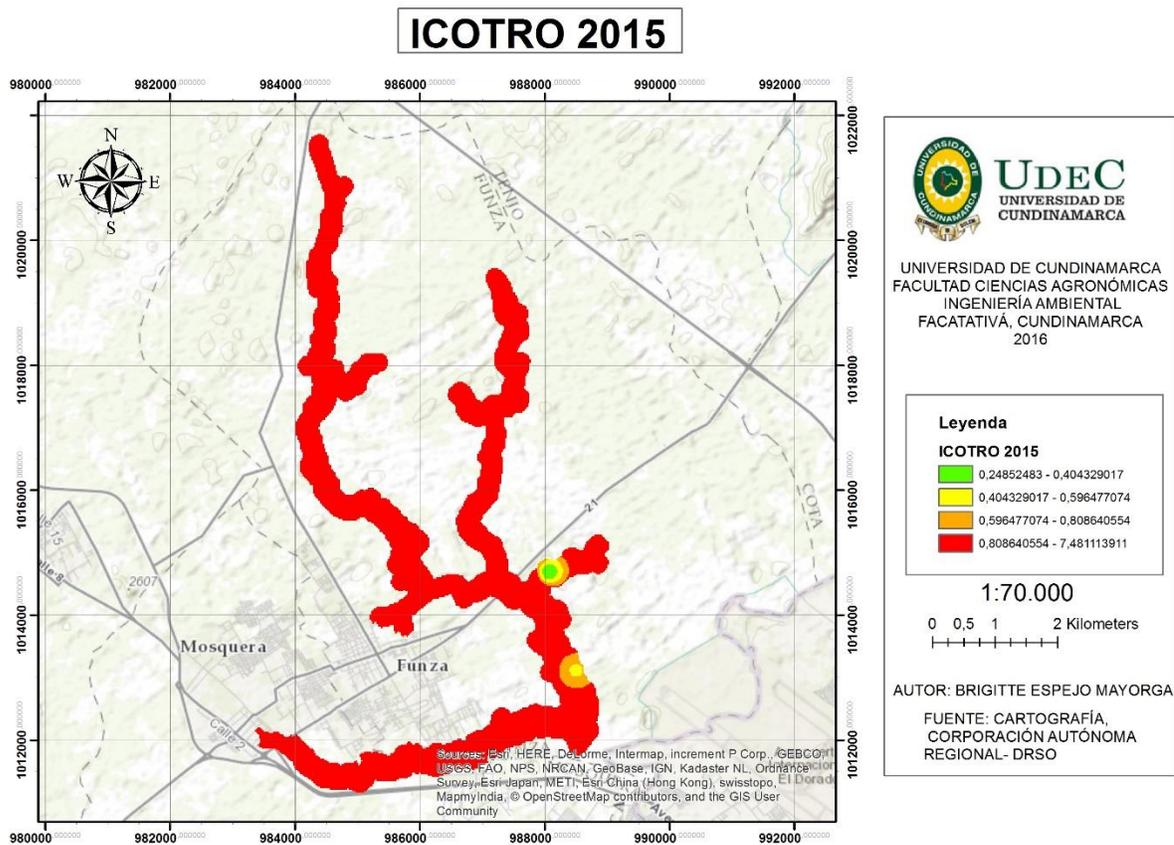


Figura 50. Mapa de calidad. ICOTRO 2015

Fuente: Autor

4.5.4 ICOpH

Este índice representa la contaminación de los cuerpos de agua a causa de la influencia del CO₂ disuelto en la atmósfera o proveniente de los seres vivos, por lluvia ácida o por la incidencia de vertimientos. La evaluación de este índice se realizó haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$\text{ICOpH} = \frac{e^{-31.08+3.45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31.08+3.45 \text{ pH}}}$$

Los resultados arrojados se muestran en las tablas del anexo 5 (Tablas 65 a 72), estos resultados indican que no existe contaminación por pH para el brazo noroccidental del humedal Gualí. La figura 51, hace relación al mapa de calidad para este índice, en donde se visualizan los puntos con pH más altos y los que directamente son más susceptibles a presentar este tipo de contaminación (áreas con azules más oscuras), las menos susceptibles son las áreas con tonalidades más claras y presentan pHs más adecuados.

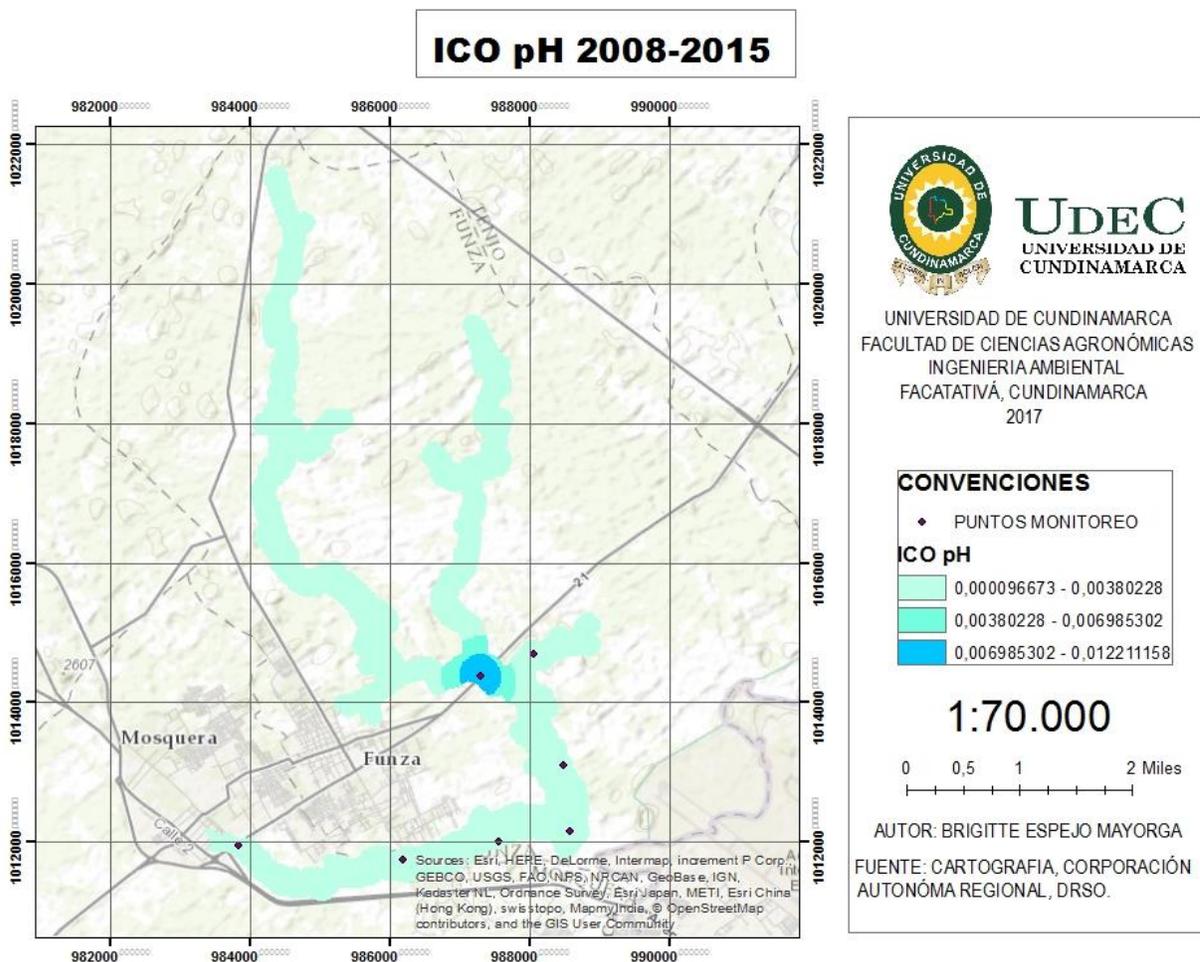


Figura 51. Índice de Contaminación por pH

Fuente: Autor

4.5.5 Resumen de evaluación de calidad

Los resultados obtenidos en la evaluación de parámetros frente al cumplimiento de objetivos de calidad y la evaluación de índices de contaminación, se sintetizan en la tabla No 39. Esta tabla se obtuvo mediante el cálculo de un rango en donde los valores que superan el máximo permisible del objetivo de calidad del Acuerdo 043, pertenecen a los resultados súper crítico (es decir los mayores al límite máximo admisible), los que son mayores al valor medio del

límite máximo permisible, son datos críticos y los menores al valor medio del objetivo de calidad son datos buenos o con resultados de calidad óptimos.

Tabla 39. Resumen evaluación de calidad

PARAMETRO	SUPER CRITICO	CRITICO	BUENO	SUMAS
NIVEL DE OXIGENO				
DBO ₅	18	19	19	56
PORCENTAJE (%)	32,1	33,9	33,9	100
OXÍGENO D	42	8	6	56
PORCENTAJE (%)	75	14,3	10,7	100
ASPECTOS DE SALUD				
COLIFORMES	32	14	10	56
PORCENTAJE (%)	57,1	25,0	17,9	100
EUTROFIZACIÓN				
FÓSFORO	33	18	5	56
PORCENTAJE (%)	58,9	32,1	8,9	100
N-NITRATOS	5	18	33	56
PORCENTAJE (%)	8,9	32,1	58,9	100
N-NITRITOS	0	0	56	56
PORCENTAJE (%)	0,0	0,0	100,0	100
PROBABILIDAD DE PRESENCIA DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA DE CARACTER PATOGENICO				
SULFATOS	17	3	36	56
PORCENTAJE (%)	30,4	5,4	64,3	100
CLORUROS	0	5	51	56
PORCENTAJE (%)	0,0	8,9	91,1	100
CONTAMINACION ESPECIFICA: METALES PESADOS				
COBALTO	56	0	0	56
PORCENTAJE (%)	100	0	0	100
CROMO	6	1	49	56
PORCENTAJE (%)	10,7	1,8	87,5	100
PLOMO	56	0	0	56
PORCENTAJE (%)	100%	0	0	100
CARACTERISTICAS FISICAS				
SSUS	10	29	17	56
PORCENTAJE (%)	17,9	51,8	30,4	100
pH	0	11	45	56
PORCENTAJE (%)	0,0	19,6	80,4	100

PRESENCIA DE ALTOS VALORES DE MATERIA ORGANICA				
N-AMONICAL	56	0	0	56
PORCENTAJE (%)	100,0	0,0	0,0	100
INDICES DE CONTAMINACIÓN				
ICOMO	-	CRITICO	-	-
ICOSUS	-	-	BUENO	-
ICOTRO	-	-	-	-
HIPEROTROFÍA	-	44,64%	CRITICA	-
EUTROFIA ALTA	-	14,28%	BUENA	-
EUTROFIA MUY ALTA	-	5,35%	BUENA	-
EUTROFIA MEDIA	-	12,50%	BUENA	-
EUTROFIA BAJA	-	14,28%	BUENA	-
EUTROFIA NULA	-	8,92%	BUENA	-
SUMA	-	100%	-	-

Fuente: Autor

La evaluación estadística indica y se relaciona con los análisis y resultados, ya que de allí se obtienen los valores más altos y los más bajos del rango evaluado. A su vez se evidencian cuantos valores son atípicos y cuál es la moda o valor más frecuente. No se realiza ningún otro tratamiento estadístico, ya que ellos desviaría el objetivo de simplemente evidenciar cual es el comportamiento descriptivo a un objetivo mucho más avanzado y para estudios diferentes a este.

La evaluación de calidad realizada, acorde a los parámetros e índices evaluados y a los resultados obtenidos, indica que el aumento del sector industrial, de la población y de agricultura intensiva se presenta como a causa principal asociada a los procesos de contaminación y degradación del humedal Gualí, el cual años atrás y según lo cuentan personas con muchos años ya en los municipios de Funza y Mosquera, era un cuerpo de agua mucho más exuberante, en donde se observaba diversidad peces como la Guapucha, aves y en general gran número de especies de flora y fauna.

El estudio realizado y gracias a los resultados obtenidos podemos decir que las contaminaciones más significativas y que deben ser de mayor precaución son la presencia excesiva de nutrientes y de materia orgánica, tal y como lo indican los resultados de los índices de contaminación por materia orgánica (ICOMO) y el índice de contaminación por trofia (ICOTRO). Las interrelaciones que se suscitan en todo el sistema indican la mala calidad y pérdida continua de este ecosistema estratégico.

La presencia de altos valores de Sulfatos, indican la probabilidad de presentar contaminación de tipo industrial y doméstico, este parámetro genera el aumento de la dureza del agua. La reducción de este anión genera la producción de Sulfuro de Hidrogeno, producción que aumenta con la disminución de la concentración de oxígeno. Por su parte la presencia de Cloruros, indica la probabilidad de presentar contaminación por presiones agrícolas. Estos dos aniones dan cuenta del ingreso al humedal de contaminación de tipo antropogènica, siendo mayor el ingreso de contaminantes de tipo industrial y doméstico, tal y como se comprobó con la verificación de puntos de vertimiento.

Los Sulfatos indican que los niveles de Oxígeno presente, es bajo. El Oxígeno disuelto es importante para la vida de todos los organismos presentes en un cuerpo hídrico, desde peces hasta plantas y algas, es de vital importancia en los procesos metabólicos de la mayoría de los organismos.

Cuando los valores de Oxígeno son bajos, disminuye la capacidad autodepuradora del cuerpo de agua, por el excesivo consumo de Oxígeno. Este se ve afectado principalmente por la presencia de plantas acuáticas, la temperatura, la presión atmosférica, la salinidad, el aumento de la presencia de nutrientes y de cargas orgánicas. Siendo el valor del Oxígeno inversamente

proporcional a estos dos últimos factores, ya que a mayor cantidad de nutrientes y de materia orgánica presente, menor cantidad de Oxígeno disuelto.

A su vez los valores registrados para el Nitrógeno Amónico, superando el máximo permisible, indican la presencia constante de materiales orgánicos en descomposición y de nutrientes en el agua. Altos valores de este parámetro le confieren al agua un sabor y color fuerte.

La presencia de altos valores de nitratos, indican la presencia de actividad bacteriológica y altos valores de nutrientes en el cuerpo de agua.

Los bajos valores de Oxígeno son causa de los altos valores de este mismo elemento, demandados para la degradación biológica de la materia orgánica presente en el agua del cuerpo hídrico. Estos dos parámetros de calidad, son directamente proporcionales, ya que a mayor valor de DBO, mayor es el consumo de Oxígeno requerido para la oxidación de la materia orgánica.

El Oxígeno define la presencia o ausencia potencial de todas las especies acuáticas y el tipo aeróbico o anaeróbico prevaleciente en el ecosistema. Al ser los humedales cuerpos lenticos, presentan bajos valores de Oxígeno, pudiéndose desarrollar en el fondo de estos lugares formas de vida anóxicas.

Los altos valores de nutrientes desencadenan varios eventos como el aumento de la DBO, la producción de sulfuro de hidrógeno, el aumento de la carga orgánica, la reducción de Oxígeno, la disminución de los posibles usos, la mortalidad de especies, la coloración verde-grisácea del agua, el aumento de la sedimentación y la turbiedad de las aguas, la producción de malos olores y el crecimiento de microorganismos. La alta presencia de nutrientes

principalmente de Nitrógeno y compuestos nitrogenados, en el humedal Gualì, ocasiona procesos de eutrofización, siendo este uno de los problemas de contaminación más grave.

La eutrofización se refiere a toda una serie de sucesos que comienzan, con el enriquecimiento de nutrientes, el crecimiento y la muerte del fitoplancton, la acumulación de detritos, cuando las plantas se secan y se hunden en el fondo del humedal, el aumento de bacterias y por último el agotamiento del Oxígeno y la sofocación de los organismos superiores.

El humedal Gualì es un cuerpo de agua en el que la superficie, es mayor en relación con la profundidad y los aportes significativos de nutrientes se hacen contantes, por ende muchos organismos fotosintéticos tendrán mucha materia prima para funcionar y proliferar. El incremento de la producción primaria aumenta la regeneración de nutrientes y materia orgánica, incrementando aún más el crecimiento y muerte de organismos vivos.

La proliferación y concentración del fitoplancton en la superficie, acapara la luz e impide que esta penetre adecuadamente, restringiendo la productividad en las capas inferiores y generando condiciones anòxicas.

Las plantas que mueren y el aporte de materia orgánica, producen mayor cantidad de materia en descomposición, sobre los que actúan las bacterias y generan gases con malos olores. La descomposición, consume la cantidad de Oxígeno disuelto, modificando las condiciones del medio y restringiendo la vida por debajo de la superficie. El número de especies se reduce considerablemente y la actividad termina por limitarse a la superficie.

En algunos casos, el aporte de sedimentos, va llenando el fondo y reduciendo la profundidad del humedal, hasta que se transforma en un ecosistema terrestre.

En el humedal Gualì las altas cantidades de fitoplancton provocan la pérdida de la transparencia del agua, la disminución de la fotosíntesis por la falta de luz y el aumento de la descomposición de materia orgánica. La disminución del oxígeno presente y por ende la muerte de organismos aerobios y el aumento de las fermentaciones. Procesos que indican la degradación y disminución de la calidad del humedal.

Finalmente en el humedal Gualì, los procesos de eutrofización, han causado disminución en la biodiversidad presente, ya que la mayor parte de la superficie del cuerpo de agua, esta dominado por Buchón de agua y Junco.

El pH del humedal se encuentra en rangos alcalinos y en algunos puntos presenta valores ácidos. La eutrofización influye en los bajos valores de pH, los lagos eutróficos se caracterizan por ser terrenos pobres en caliza, a su los aportes industriales, domésticos y agrícolas en su conjunto generan una alta variabilidad del pH presente en el cuerpo hídrico. El pH, a su vez se ve afectado por la cantidad de CO_2 presente en el cuerpo de agua, ya que a mayor cantidad de este, menor valor de pH, se presenta.

Los Sólidos Suspendidos, no se sedimentan o por lo menos no lo hacen en tan poco tiempo como los sólidos sedimentables, los sólidos suspendidos pueden durar décadas en sedimentarse. La presencia de altas concentraciones de solidos suspendidos aumentan la turbiedad de las aguas, la cual reduce la penetración de la luz, limitando así el crecimiento y desarrollo tanto vida acuática como de las plantas, a su vez facilita el crecimiento de microorganismos patógenos y disminuye la calidad del cuerpo hídrico.

La presencia de Coliformes representa un indicador de baja calidad del cuerpo hídrico y la presencia de contaminación de origen fecal, bien sea producto de la ganadería o de aguas

negras. Al ser regados diferentes cultivos que se sirven del agua del humedal a través del sistema hidráulico de La Ramada, se puede decir, que existe la probabilidad de transmitir los agentes bacterianos presentes en el agua del humedal a través de los alimentos regados. Los altos valores presentes indican lo inadecuado que es usar esta agua para el riego de cultivos.

Finalmente se evidencia, la presencia contaminación específica, por metales pesados, la cual se asocia principalmente a la presencia de alto valores de cobalto y plomo, siendo este último elemento de fuente antropogènica, ya que no se encuentra naturalmente en los cuerpos de agua.

Para la DQO se presenta igualdad entre los datos súper críticos, críticos y buenos, presentándose una dispersión de estos en donde se incumple, pero a su vez se cuenta con resultados óptimos de calidad respecto a esta variable, lo anterior no indica que esta sea la condición que prevalezca. Al relacionar lo anterior con el resultado del Índice de Contaminación por Materia Orgánica, ICOMO, se puede decir que el estado de calidad respecto a la presencia de este elemento es, Crítico y la DQO, tiende más a valores de este tipo, ya que los resultados indican valores que sobrepasan de manera exagerada el valor máximo admisible por el objetivo de calidad. Siendo este uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta, ya que este tipo de contaminación genera diversos impactos negativos para todo el ecosistema. Tal como lo indican los mapas de calidad, la contaminación por materia orgánica presenta un aumento del año 2008 al año 2014, en año a año se van evidenciando más zonas afectadas y áreas susceptibles a presentar este tipo de contaminación.

Los parámetros que evidenciaron el mejor comportamiento de calidad fueron, los sulfatos en donde el 64,3% de los resultados presentaron un cumplimiento bueno. Los Cloruros, con un 91,1% de cumplimiento frente al objetivo. Los N- Nitratos con un cumplimiento bueno del

58,9%, al igual que los N- Nitritos con un cumplimiento óptimo del 100%, en donde los ninguno de sus resultados sobrepaso y estuvo muy por debajo del valor máximo admisible. El oxígeno disuelto aunque tuvo picos importantes que sobrepasaron el valor máximo admisible, logró encontrarse en un 71,4% de cumplimiento adecuado. De igual forma el pH presentó un cumplimiento adecuado del 80,4%. Finalmente el último parámetro con un rango de cumplimiento bueno, respecto al objetivo de calidad fue el Cromo con un 87,5%.

Los parámetros que presentaron resultados definidos como súper críticos, fueron, Coliformes Totales (57,1%), Fósforo (58,9%), N- Amoniacal (100%) y Cobalto (62,5%).

Los parámetros con resultados críticos fueron Sólidos Suspendidos (51,8%) y Plomo (53,6%).

Los últimos dos rangos de calificación hacen referencia a los parámetros que generan calidades mucho menores en el humedal y afectan su conservación de manera importante. Es preocupante encontrar inmersas cantidades significativas de metales como el Plomo y el Cobalto. Los anteriores resultados son muestra de cómo la calidad del humedal es afectada por factores antrópicos y externos a sus procesos naturales.

Contrario a lo que indicó la evaluación del parámetro, Sólidos Suspendidos, el ICOSUS arrojó que el cumplimiento es bueno, ya que de acuerdo a los cálculos y a los mapas de calidad, frente a este parámetro no existe contaminación alguna.

Respecto al Índice de Contaminación por Trofia, se puede decir que en el Humedal Gualí, se presenta mayor vulnerabilidad a existir Hiperotrofia, con un valor crítico del 44,64% respecto a los demás tipos de trofia, las cuales presentan una valoración positiva.

Capítulo 5. Propuestas de gestión

Las propuestas a plantear son de tipo preventivo, de control y protección, enfocadas en la conservación del humedal Gualí como ecosistema estratégico de importancia para la sabana, dadas sus características naturales, amplia biodiversidad, amplia extensión, poco grado de intervención, entre otros. Estas propuestas son presentadas mediante fichas de manejo, siendo estas herramientas técnicas, administrativas y operativas para la gestión ambiental. Las propuestas generadas se asocian a los factores de calidad hídrica, manejo de residuos, reforestación y capacitaciones a la comunidad, lo anterior como una medida única, en donde cada una de estas propuestas aporta de manera significativa al conjunto del humedal y a la conservación del mismo.

- i) Calidad hídrica: Tal y como se evidenció en la evaluación desarrollada, la calidad hídrica requiere de especial atención, a causa de la presencia de constantes factores que generan la variación y cambio en la composición química del recurso.

Ficha No 1	Mejoramiento de la calidad hídrica del humedal Gualí	
OBJETIVO		
<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar el cumplimiento de todos los objetivos de calidad Clase III y disminuir los porcentajes de los parámetros que presentan rangos de contaminación súper críticos y críticos y que afectan la calidad del agua del humedal. 		
METAS		
Reducción de los niveles de contaminación a valores menores		
IMPACTO AMBIENTAL		
ELEMENTO AFECTADO	IMPACTO	TIPO DE IMPACTO

Recurso hídrico	Cambio en la calidad del recurso	Localizado	
TIPO DE MEDIDA			
PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	CORRECCIÓN	COMPENSACIÓN
X			
ACCIONES A DESARROLLAR			
<ul style="list-style-type: none"> • Establecer un programa de monitoreo mucho más estricto en donde se establezcan nuevos puntos a monitorear, los cuales estén en cercanía a los principales vertimientos identificados. Realizar el seguimiento de forma efectiva, cada tres meses al año, logrando identificar la variabilidad del agua en el humedal y la afectación realizada por los vertedores. • Agregar como punto de monitoreo principal, el punto en donde ingresan aguas del Río Bogotá al humedal, identificando la calidad, afectación y necesidad de implementar un tratamiento previo al ingreso de dichas aguas. • Usar técnicas de Oxigenación líquida o gaseosa del sedimento combinadas con técnicas de precipitación de Fosforo para disminuir la cantidad de nutrientes presentes en el humedal, lo anterior previo a un estudio de factibilidad. • Evaluar las cargas contaminantes en los puntos de vertimiento y calcular las tasas retributivas correspondientes • Establecer un modelo de calidad para el humedal. • Realizar una revisión de los sistemas de tratamiento utilizados por los usuarios que generan vertimientos, verificar las caracterizaciones realizadas por ellos y de no poseerlas solicitar realizar los diseños necesarios para implantar un sistema de tratamiento antes del vertimiento. • Dada que en ocasiones se evidencia la presencia de material vegetal invasor, sin la evidente remoción del mismo, establecer un programa en donde periódicamente se realice la remoción del exceso macrófitas para permitir el contacto con la atmósfera y generar el aumento gradual del oxígeno disuelto. • Determinar y diseñar un sistema de manejo hidráulico e hidrodinámico que mejore el Oxígeno disuelto presente y optimice el tiempo de retención del mismo. • Desarrollo de proyectos en conjunto con Universidades, en donde se priorice el desarrollo de proyectos de investigación relativos al recurso hídrico. <p>USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO</p> <p>Para hacer un uso eficiente de los recursos naturales se deben realizar charlas de carácter ambiental, dirigidas a la comunidad aledaña a la zona de ronda del humedal, con el fin de prevenir alteraciones del medio ambiente local; en el caso específico del agua, estas charlas se deben enfocar al manejo y uso del recurso, previniendo así el uso que se disponga cualquier tipo de material en el agua del humedal</p> <p>PARAMETROS A MONITOREAR: Adicionalmente se deberán monitorear todos aquellos parámetros que facilitan la evaluación de índices de calidad y modelamientos de calidad.</p>			

N°	PARÁMETRO	UNIDADES
1	Coliformes Totales *	NMP / 100 MI
2	DBO *	mg O2 / L
3	Fósforo Total	mg-P/ L
4	N- Amoniacal	mg N-NH3 / L
5	N- Nitrato	mg N-NO3 / L
6	N- Nitrito	mg N-NO2 / L
7	Oxígeno Disuelto *	mg O2 / L
8	pH *	Unidades
9	Sólidos Suspendidos *	mg-SST / L
10	Sulfatos	mg-SO4 / L
11	Cobalto	mg Co / L (ppm)
12	Cromo +6	mg Cr+6 / L (ppm)
13	Plomo	mg Pb/L (ppm)
LUGAR DE APLICACIÓN		
Humedal Gualí, Brazo noroccidental		
POBLACION BENEFICIADA		
Población área de influencia directa al humedal		
MECANISMOS Y ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN		
Inspección periódica del cuerpo de agua, verificando el ingreso de vertimientos, especialmente los de tipo industrial		
PERSONAL REQUERIDO		
Biólogo, ingeniero ambiental o químico, ingeniero civil Laboratorio acreditado		
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN		
Corporación Autónoma Regional		
INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO		

INDICADOR DE SEGUIMIENTO	FÓRMULA	FRECUENCIA	
Monitoreos del recurso	(Monitoreos físico-químicos realizados / monitoreos programados)* 100	Una vez al me, por un año	
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN			
ETAPA	PRE OPERATIVA	OPERATIVA	DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO
ACTIVIDADES			
Manejo recurso hídrico		X	
COSTOS			
Los costos se asocian al personal requerido y a los asociados en la parte de monitoreo y analisis de parametros			

- ii) Manejo de residuos: Siendo este otro de los problemas a manejar para aumentar la calidad y mejorar el estado de contaminación del mismo.

Ficha No 2		Manejo adecuado de residuos sobre el humedal Gualí	
OBJETIVO			
<ul style="list-style-type: none"> Realizar un manejo integrado de los desechos sólidos dispuestos sobre la ronda del humedal 			
METAS			
Reducción de la contaminación visual ocasionada por la presencia de residuos y reducción de la presencia o llegada de desechos en el agua del humedal			
IMPACTO AMBIENTAL			
ELEMENTO AFECTADO	IMPACTO	TIPO DE IMPACTO	
Recurso hídrico y suelo	Visual entorno a la disminución de la presencia de basura y escombros, en el suelo o el agua	Localizado	
TIPO DE MEDIDA			
PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	CORRECCIÓN	COMPENSACIÓN
X			
ACCIONES A DESARROLLAR			
<ul style="list-style-type: none"> De manera periódica, realizar jornadas de limpieza o embellecimiento del área del humedal, con la comunidad y la empresa de aseo y alcantarillado, de todos los residuos que se depositan en el humedal, tales como basuras, escombros, material flotante y lodos, eliminando así la presencia de los mismos en la zona de manejo ambiental. Identificar los directos implicados (empresas), con el mal manejo y disposición de residuos, disposición de escombros y otros elementos presentes y que no deberían de encontrarse en cercanías al humedal, ya que estos por medio de lixiviación para el caso de las basuras y de escorrentía para el caso de los escombros, aportan en alguna medida porcentajes de contaminación al agua. Realizar los respectivos procesos sancionatorios sobre aquellas personas infractores y generadoras de impactos negativos y presiones sobre este a causa del manejo inadecuado de residuos. Desarrollo de capacitaciones con la comunidad aledaña en relación al tema 			

LUGAR DE APLICACIÓN			
Humedal Gualí, Brazo noroccidental			
POBLACION BENEFICIADA			
Población área de influencia directa al humedal			
MECANISMOS Y ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN			
Inspección periódica del humedal, verificando la presencia o no de residuos, especialmente los relacionados con grandes estructuras y escombros			
PERSONAL REQUERIDO			
ingeniero ambiental o químico, administrador ambiental			
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN			
Corporación Autónoma Regional			
INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO			
INDICADOR DE SEGUIMIENTO	FÓRMULA	FRECUENCIA	
Monitoreos al área del humedal	(Número de visitas realizadas/ monitoreos programados)* 100	Cada quince días	
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN			
ETAPA	PRE OPERATIVA	OPERATIVA	DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO
ACTIVIDADES			
Manejo integrado de residuos		X	
COSTOS			
Los costos se asocian al personal requerido para el desarrollo de la propuesta			

iii) **Capacitación y relación con la comunidad:** Al estar la comunidad inmersa en el humedal, se hace necesario aumentar el grado de concientización y conocimiento respecto al humedal, ya que evidentemente el poco cuidado que se tiene de él se debe a la falta de cultura y conceptos respecto al tema, generando así un conocimiento más claro y acciones adecuadas en el manejo y uso del mismo. Al hacer referencia a la comunidad se integran todos los actores sociales que pertenecen al área de influencia, desde personas naturales hasta personas jurídicas, siendo importante incluir a todas aquellas personas que generan un impacto sobre el recurso. La participación de los actores es una de las estrategias que más rápidamente puede llegar a generar resultados, ya que la comunidad es la que directamente se encuentra implicada en el humedal a diario.

Ficha No 3		Capacitación y relación con la comunidad	
OBJETIVO			
<ul style="list-style-type: none"> • Concientizar a la comunidad y generar un conocimiento respecto a la importancia del humedal y cuál es el manejo adecuado que cada uno debe realizar sobre él. 			
METAS			
Aumento del grado de apropiación e interés sobre el humedal, disminución de impactos y colaboración para el desarrollo de diferentes actividades sobre el humedal y positivo acogimiento de las capacitaciones			
IMPACTO AMBIENTAL			
ELEMENTO AFECTADO	IMPACTO	TIPO DE IMPACTO	
Ecosistema del humedal	Mejoramiento de las acciones realizadas sobre el humedal, por parte de la comunidad del área de influencia. Disminución de impactos negativos. Aumento del interés sobre el cuidado, uso racional y protección de este espacio.	Localizado	
TIPO DE MEDIDA			
PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	CORRECCIÓN	COMPENSACIÓN

X			
ACCIONES A DESARROLLAR			
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar talleres, charlas y campañas con la comunidad del área influencia en dónde se dé a conocer el valor del humedal, importancia, características, bondades, herramientas de gestión, principales problemáticas, consecuencias, la importancia de preservar este espacio. Generando compromisos para con el cuidado del humedal Gualí. • Desarrollo de un programa de capacitación permanente en el cual se informe sobre la situación del humedal y los beneficios obtenidos si se generan acciones adecuadas para con este • Realizar recorridos ecológicos como acciones de concientización y sensibilización, en donde se busque identificar impactos durante el recorrido (afectaciones antrópicas) y también las posibles soluciones. • Realizar jornadas de embellecimiento sobre el área del humedal. • Trabajar con cartografía social, buscando identificar como percibe la comunidad al humedal, su importancia, valor y conocimientos sobre el mismo. • Crear un programa de monitoreo y reporte de todos aquellos actores jurídicos (empresas privadas y públicas cercanas al humedal), en donde estos indique las acciones que pueden afectar al humedal y como las mitigan, generando a la vez incentivos para los actores que demuestren mediante indicadores de gestión los objetivos propuestos y alcanzados para con el beneficio del humedal. • Concertar con todos los actores involucrados, estrategias que generen soluciones sostenibles y que prevalezcan en el tiempo, generando el uso racional, sostenible y conservación del humedal. 			
LUGAR DE APLICACIÓN			
Humedal Gualí, Brazo noroccidental			
POBLACION BENEFICIADA			
Población área de influencia directa al humedal			
MECANISMOS Y ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN			
Inspección periódica de los reportes de gestión e inspección del grado de participación			
PERSONAL REQUERIDO			
Biólogo, ingeniero ambiental o químico, administrador ambiental			
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN			
Corporación Autónoma Regional			

INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO			
INDICADOR DE SEGUIMIENTO	FÓRMULA		FRECUENCIA
Capacitación y concientización	(Número de asistentes / número de capacitaciones realizadas)* 100		Semanal
Indicador reuniones ejecutadas	(Nº de reuniones y/o talleres realizados / Nº de reuniones de y/o talleres programados) *100%.		Semanal
Indicador de información autoridades	(Nº de funcionarios municipales designados informados/ Nº de funcionarios municipales designados)*100		Semanal
Indicador información organizaciones comunitarias	(Nº de organizaciones sociales y comunitarias informadas en los espacios de reunión/ Nº de organizaciones sociales y comunitarias del municipio) *100		Semanal
Indicador IPQRS atendidas	Nº de inquietudes, peticiones, quejas y reclamos atendidos / Nº de inquietudes, peticiones, quejas y reclamos recibidos) * 100%.		Semanal
Indicador de evaluación	(Nº de evaluaciones aplicadas satisfactorias/Nº de evaluaciones aplicadas) *100		Semanal
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN			
ETAPA	PRE OPERATIVA	OPERATIVA	DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO
ACTIVIDADES			
Capacitación y concientización actores		X	
COSTOS			
Los costos se asocian al personal requerido y a los asociados al desarrollo de las actividades			

iv) Reforestación: Los procesos de recuperación naturales son lentos, en consecuencia se deben acelerar con el recubrimiento de los sitios afectados, mediante la selección e implantación de especies forestales, permitiendo obtener una cobertura vegetal que disminuye no solo la exposición del suelo a la energía de las aguas de escorrentía y otros agentes erosivos, sino que además otorga beneficios como la retención del suelo por medio del sistema radicular y mejora sus propiedades de infiltración.

Ficha No 4		Reforestación	
OBJETIVO			
<ul style="list-style-type: none"> • Reforestación de 327.01 ha de Zona de recuperación con especies forestales 			
METAS			
Garantizar la reforestación del área de recuperación del humedal Gualí			
IMPACTO AMBIENTAL			
ELEMENTO AFECTADO	IMPACTO	TIPO DE IMPACTO	
Ecosistema del humedal	Aumento de la cobertura vegetal, disminución de la exposición del suelo a la energía de las aguas de escorrentía y otros agentes erosivos, aumento de la retención del y de las propiedades de infiltración.	Localizado	
TIPO DE MEDIDA			
PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	CORRECCIÓN	COMPENSACIÓN
X			
ACCIONES A DESARROLLAR			
<p>Las acciones a desarrollar para el proceso de reforestación son las que siguen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de los sitios de plantación • Trazado • Plateo 			

- Ahoyado
- Aplicación de fertilizantes y correctivos
- Transporte de insumos
- Convocatoria de personas para la siembra
- Siembra

Las especies forestales con que se quiere trabajar son las que sigue:

Aliso (*Alnus glutinosa*), Ciprés (*Cupressus*) y pino llorón (*Salix babylonica*

Reino: Plantae).

Los métodos a utilizar son, siembra 5*5 al tresbolillo

LUGAR DE APLICACIÓN

Humedal Gualí, Brazo noroccidental

POBLACION BENEFICIADA

Ecosistema y Población área de influencia

MECANISMOS Y ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN

Inspección periódica de mantenimientos a la reforestación realizada

PERSONAL REQUERIDO

Biólogo, ingeniero ambiental o químico, administrador ambiental, personas convocadas a siembra

RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN

Corporación Autónoma Regional

INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO

INDICADOR DE SEGUIMIENTO	FÓRMULA	FRECUENCIA
Áreas reforestadas	Reforestación de áreas: $(\text{Área recuperada} / \text{Área intervenida}) \times 100$	Cada seis meses

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

ETAPA ACTIVIDADES	PRE OPERATIVA	OPERATIVA	DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO
Reforestación		X	

COSTOS

Los costos se asocian al personal requerido y a los asociados al desarrollo del proceso de reforestación

v) Fortalecimiento de la investigación científica: actualmente existe poco conocimiento respecto a las características de índole hidrobiológicas, química, física, hidráulica, topográfica, hidrodinámica, entre otras y en general los procesos investigativos sobre el humedal son pocos en comparación con las bondades e importancia para la zona. Haciéndose necesario el fortalecimiento de un programa de investigación científica, el cual se realice en sociedad con Universidades de la zona y que genere el conocimiento necesario respecto al humedal, generándose adicionalmente una serie de acciones encaminadas a la conservación de este espacio, luego de conocer realmente el estado del humedal, ello desde diferentes vistas o enfoques. Evidenciándose la importancia de generar procesos de formación investigativa que permitan el fortalecimiento de diversos esquemas de redes sociales de tipo investigativo y su articulación a la participación comunitaria.

Ficha No 5		Fortalecimiento de la investigación científica
OBJETIVO		
<ul style="list-style-type: none">Implementar un sistema de investigación científica con valor social, de protección y valoración, el cual permita generar conocimiento respecto al humedal		
METAS		
Aumento de las investigaciones científicas realizadas sobre el humedal Gualfí		
IMPACTO AMBIENTAL		
ELEMENTO AFECTADO	IMPACTO	TIPO DE IMPACTO
Ecosistema del humedal	Aumento del conocimiento, evaluación y generación de nuevo conocimiento respecto al humedal, garantizando el surgimiento de propuestas de manejo adecuado y la conservación de las	Localizado

		bondades del ecosistema.	
TIPO DE MEDIDA			
PREVENCIÓN	MITIGACIÓN	CORRECCIÓN	COMPENSACIÓN
X			
ACCIONES A DESARROLLAR			
<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de un programa de investigación en donde se promulgue e incentive a las universidades a participar y generar nuevos conocimientos en diferentes líneas de investigación y para el humedal. • Desarrollar investigaciones que conformen diferentes líneas y frentes a evaluar, generando nuevo conocimiento respecto a las mismas y sobre la estructura del humedal Gualí. • Divulgación de las investigaciones realizadas en foros, emisoras y páginas de la corporación. 			
LUGAR DE APLICACIÓN			
Humedal Gualí, Brazo noroccidental			
POBLACION BENEFICIADA			
Ecosistema, Población área de influencia, Universidades, CAR.			
MECANISMOS Y ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN			
Desarrollo periódico de propuestas investigativas			
PERSONAL REQUERIDO			
Todo tipo de profesionales, técnicos y tecnólogos.			
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN			
Corporación Autónoma Regional			
INDICADORES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO			
INDICADOR DE SEGUIMIENTO	FÓRMULA	FRECUENCIA	
Investigación	(Número de investigaciones ejecutadas / Número de investigaciones propuestas)*100	Anual	
CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN			

ETAPA ACTIVIDADES	PRE OPERATIVA	OPERATIVA	DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO
Investigación		X	
COSTOS			
Los costos se asocian a las necesidades requeridas por cada proyecto			

Adicional a lo postulado anteriormente se requiere de procesos de seguimiento a estas actividades, funcionando como herramientas de gestión que permiten evaluar el progreso de las medidas implementadas y el grado de avance de un programa a desarrollar. Facilitando la corrección o implementación de nuevos objetivos.

Al momento de realizar esta clase de evaluación es posible identificar las condiciones particulares del ecosistema del humedal, segmentados en dos aspectos: por un lado la identificación de los agentes contaminantes y por el otro la generación de ideas de mejoramiento medioambiental que por muy simples que puedan parecer, son necesarias y aunque presenten simplicidad se aplican muy poco, haciéndose necesario fortalecer las falencias presentes.

Conclusiones

- La evaluación estadística descriptiva permitió identificar el conjunto de datos, estableciendo los mayores y menores valores, a su vez identificar los datos atípicos presentes y visualizar si se estaba cumpliendo el objetivo de calidad acorde a la media obtenida y a las dispersiones evaluadas, no se utiliza algún tratamiento estadístico adicional ya que se perdería el uso principal que se le quería dar a la estadística, lo cual desviaría el estudio a análisis y predicciones estadísticas.
- La contaminación presente en el humedal Gualì, se asocia al ingreso de contaminantes de origen industrial, doméstico y agropecuario. La presencia de diferentes contaminantes por largos periodos en el humedal ha ocasionado problemas de contaminación graves como la eutrofización y la contaminación por materia orgánica.
- La contaminación debida a la eutrofización y al aumento de la materia orgánica, genera aumento en el número de nutrientes, altos valores de DBO, menores niveles de oxígeno, producción de Sulfuros de Hidrogeno y otros gases, disminución de los posibles usos del agua, aumento de la mortalidad de especies animales, descomposición del agua, aumento del crecimiento microbiológico, aumento de la turbiedad del agua, disminución de la capacidad de penetración de los rayos solares, disminución de la productividad en las profundidades y aumento de las características anòxicas.
- Los valores de DBO5 para el periodo de análisis estuvieron en un rango entre 1,9 mg/l y 151 mg/l (Figura 7). Los valores más altos del record histórico se relacionan con los puntos 4, 3, 7, 5 y 2 puntos que efectivamente están ubicados en cercanías a las zonas más pobladas del municipio de Funza y Mosquera y que están cercanos a varios puntos de vertimiento. Los puntos que superan el valor máximo permisible por el objetivo de

calidad indican que se requiere de una gran cantidad de oxígeno para descomponer la materia orgánica contenida en el agua.

- Al evidenciar altos valores de cargas bacteriológicas en el área estudio, se puede decir que estas no son aptas ni para consumo humano, ni agrícola y pecuario sin el adecuado tratamiento previo a la utilización ya que los resultados de la zona estudio superan el rango máximo aceptado (20.000 (NMP/ ml), establecido como límite para poder utilizar el agua en estos sectores.
- Al realizar las visitas al humedal, se evidencia la abundancia de fósforo en el brazo noroccidental del humedal a través de la eutrofización, provocando el excesivo y rápido crecimiento de plantas invasoras, como el Buchón de Agua, el cual está presente en diferentes zonas del humedal cuando se realiza el recorrido por este. Entre los principales impactos ocasionados se encuentra la disminución de la biodiversidad de la zona, el aumento del consumo de Oxígeno y por ende la disminución del mismo para la fauna acuática. Generando afectación en la composición, estructura y dinámica del ecosistema en cuestión.
- Entre mayores sean los valores de nutrientes como el Fósforo y el Nitrógeno mayor es la cantidad de Oxígeno requerido para la degradación biológica de los nutrientes presentes. Asociados, se genera rápido crecimiento y muerte de las macrofitas, agotamiento del oxígeno, disminución de las adecuadas condiciones de vida de los organismos que requieren Oxígeno, mal olor en el agua y tendencias al color negro.
- N- amoniacal, En el record histórico se evidencia que todos los puntos superan el máximo permitido por los objetivos de calidad, en donde el mayor valor se observa en el punto 2, para los años 2014 al 2015 con valores de 51,85 mg/l y 47,50 mg/l. En

comparación con el cumplimiento de la norma la cual es de tan solo 0,3 mg/l, se evidencia la permanente presencia de materiales orgánicos en descomposición, lo cual concuerda con los resultados del oxígeno disuelto, en donde se refleja o altos valores de oxígeno o nulos valores. Lo anterior indica la presencia de impactos directos sobre la diversidad florística y faunística del humedal.

- Para el periodo histórico se evidencia la presencia de altos valores de Cobalto y Plomo, en donde ninguno de los puntos presenta cumplimiento de la norma del objetivo de calidad utilizado como punto de análisis. La ingesta de Cobalto genera bioacumulación en tejidos y posteriores formaciones de cáncer y la presencia de Plomo se asocia al ingreso de vertimientos de diversa índole, pudiendo llegar a generar la morbilidad de peces, los cuales no se observaron en los recorridos realizados por el brazo analizado.
- Los resultados de los ICOMO por año evidencian una fuerte tendencia a presentar la presencia de materia orgánica o contaminación muy alta, la cual es respectivamente para el año 2008 del (85%), para el 2009 del 28,57%, para el 2010 del 42,86%, del 2011 al 2013 del 57%, para el año 2014 del 85,71% y para el año 2015 del 71,43%.
- Para el periodo estudio y según los cálculos realizados mediante Índices, no existe contaminación por sólidos suspendidos, la parte baja del humedal presenta la mayor vulnerabilidad al aumento a presentar este tipo de contaminación.
- El estado de calidad es Crítico y la DQO, tiende más a valores de este tipo, ya que los resultados indican valores que sobrepasan de manera exagerada el valor máximo admisible por el objetivo de calidad. Siendo este uno de los parámetros más importantes a tener en cuenta, ya que este tipo de contaminación genera diversos impactos negativos para todo el ecosistema. Tal como lo indican los mapas de calidad, la contaminación por

materia orgánica presenta un aumento del año 2008 al año 2014, en año a año se van evidenciando más zonas afectadas y áreas susceptibles a presentar este tipo de contaminación.

- Los parámetros que evidenciaron el mejor comportamiento de calidad fueron, los sulfatos en donde el 64,3% de los resultados presentaron un cumplimiento bueno. Los Cloruros, con un 91,1% de cumplimiento frente al objetivo. Los N- Nitratos con un cumplimiento bueno del 58,9%, al igual que los N- Nitritos con un cumplimiento óptimo del 100%, en donde los ninguno de sus resultados sobrepasó y estuvo muy por debajo del valor máximo admisible. El oxígeno disuelto aunque tuvo picos importantes que sobrepasaron el valor máximo admisible, logró encontrarse en un 71,4% de cumplimiento adecuado. De igual forma el pH presentó un cumplimiento adecuado del 80,4%. Finalmente el último parámetro con un rango de cumplimiento bueno, respecto al objetivo de calidad fue el Cromo con un 87,5%.
- Respecto al Índice de Contaminación por Trofia, se puede decir que en el Humedal Gualí, se presenta mayor vulnerabilidad a existir Hiperotrofia, con un valor crítico del 44,64% respecto a los demás tipos de trofia, las cuales presentan una valoración positiva.
- Los análisis de los parámetros objeto de estudio dan cuenta de la presión que está ejerciendo el sector industrial, agrícola y la cercanía de viviendas a la ronda del humedal. La presencia de cloruros indica la contaminación ocasionada por el sector agrícola. La presencia de sulfatos da cuenta de la contaminación ocasionada por el sector industrial, a su vez el sector industrial influye en el aumento de los nitratos, nitritos, fósforo, metales pesados y otros elementos que en su conjunto afectan la composición, estructura y dinámica del ecosistema.

- Parámetros de importancia como la DBO, Oxígeno disuelto y la presencia de Coliformes indican que la degradación del cuerpo hídrico cada vez es mayor, implicando la afectación de los organismos vivos presentes y de los cuales el humedal es hogar.
- La evaluación de los índices de contaminación permitió para la evaluación del brazo noroccidental del humedal Gualí permitió evidenciar el grado de avance del tipo de contaminación evaluada, los cambios en función del tiempo y la vulnerabilidad de una zona del humedal a presentar este tipo de evento. Indicando el avance y aumento para el periodo estudio de la contaminación por materia orgánica y la no contaminación existente por pH y solidos suspendidos.
- El método Kriging funciono a la hora de evaluar el índice de trofia, ya que los puntos de contaminación no concordaban con los resultados determinados por el índice, la evaluación del índice de manera cuantificable y calificable indica la presencia de altos niveles de contaminación por trofia, lo cual concuerda con los resultados de la evaluación de parámetros como el fosforo y los compuestos nitrogenados.
- Este proceso de evaluación permite identificar las condiciones particulares del ecosistema del humedal, ello mediante la identificación de los agentes contaminantes y la generación de ideas de mejoramiento medioambiental que por muy simples que puedan parecer, son necesarias y aunque presenten simplicidad se aplican muy poco, haciéndose necesario fortalecer las falencias presentes.

Recomendaciones

Las que siguen son las recomendaciones realizadas a la Corporación autónoma regional:

- Realizar un programa de monitoreo que se encargue de evaluar directamente las cargas contaminantes vertidas por cada uno de los vertedores asociados y así poder identificar y controlar los ingresos al humedal y evaluar la calidad de las aguas que ingresan directamente desde el Río Bogotá.
- Implementar las estrategias que promulguen por la descontaminación, protección y preservación del humedal Gualì.
- Realizar un programa de protección al humedal el cual integre a la Alcaldía de los Municipios de Funza y Mosquera y a la comunidad de este lugar.
- Promulgar el desarrollo de proyectos de investigación que aumenten el conocimiento acerca del humedal y la importancia de su preservación para la zona, mejorando así la adecuada administración que se le da a sus recursos y la atención que se le presta en la actualidad.

Anexos

Anexo 1. Puntos de vertimiento identificados

Tabla 40. Puntos de Vertimiento identificados por expedientes y carpetas

PUNTO	SOLICITANTE O PUNTO	ESTE	NORTE	ALTURA
1	PARQUE INDUSTRIAL Y LOGISTICO LA COFRADIA	987304	1015190	2550
2	PARQUE LOGISTICO E INDUSTRIAL GALICIA	987307	1016199	2555
3	PARQUE INDUSTRIAL SAN ANTONIO / Compañía Industrial Agropecuario S en C	988073	1015077	2548
5	PARQUE INDUSTRIAL BORINQUEN R.R.	986934	1014025	2546
6	Sociedad SILVESTRE CORTES RANCHO SILVER Y CIA S. EN C. (ESSO DE OCCIDENTE)	986374	1011288	2544
7	Arnulfo Neira Díaz, Inés Rache Acosta- PARQUE INDUSTRIAL CACIQUE	987963	1014413	2546
8	Frito Lay Colombia Ltda (antigua razón social), Pepsico Alimentos Z.F Ltda (actual razón social).	989081	1015410	2547
9	Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario Inpec - Escuela Penitenciaria Enrique Low Murtra	987203	1015129	2547
10	Descarga PTAR municipio de Funza	988289	1011760	2545
12	Canal de aguas vía al municipio de Funza	986704	1011275	2543
13	Productos Alimenticios Doria S.A	984354	1011290	2544
14	Nestlé Purina PET CARE de Colombia S.A	984229	1011389	2544

15	Nestlé Purina PET CARE de Colombia S.A	984066	1011558	2544
17	SOLLA S.A	985533	1011169	2542
18	BIEN RAIZ BOGOTA S.A.	988643	1015753	2551
20	COMPAÑIA CONSTRUCTORA SION LTDA (Parque Industrial Santa Lucia)	989252	1015161	2551
21	COMPAÑIA CONSTRUCTORA SION LTDA (Parque Industrial Santa Lucia)	989125	1015125	2549
22	COMPAÑIA CONSTRUCTORA SION LTDA (Parque Industrial Santa Lucia)	989180	1015162	2550
23	AGROBETANIA S.A./ Parque Industrial San Carlos I	988081	1012159	2543
25	URBE CAPITAL S.A.- URBANIZACIÓN EL TREBOL	983741	1012092	2544
27	BAGGRIT DE COLOMBIA Y ESTALIHC ING. LTDA ((PARQUE EMPRESARIAL LA GLORIA)	986954	1014317	2544
28	ITALCOL	987058	1011441	2544
29	SOCIEDAD PRODESA SA	985571	1011598	2543
30	CONJUNTO RESIDENCIAL ALTOS DE GUALI	986359	1012053	2547
31	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS ZONA INDUSTRIAL EL HATO	987126	1011840	2543
32	PUNTO DE INTERSECCIÓN MOSQUERA- FUNZA	985492	1011321	2541
33	COJUNTO RESIDENCIAL LA ESTANCIA	985493	1011389	2541
34	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DEL MUNICIPIO DE FUNZA	986657	1011859	2543

35	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DE LA CARRETERA CENTRAL PARALELA A LA VÍA VEREDA EL HATO ORIENTE OCCIDENTE	987226	1012546	2547
36	BODEGAS PARQUE INDUSTRIAL ARGELIA	987943	1014034	2544
38	PARQUE INDUSTRIAL SAN PEDRO	988304	1015321	2550
39	JARDINES BACATA	988215	1012174	2542
40	CONJUNTO AGROINDUSTRIAL PERU Y JAPON, GERMAN ALFONSO GONZALEZ CAMPOS	987603	1014716	2549
41	DESCARGA DE AGUAS LLUVIAS DEL BARRIO LA CARTUJA	985492	1011321	2541
42	DESCARGA DE AGUA RESIDUAL MCPIO DE FUNZA, PUNTO TRES ESQUINAS	1011840	986094	2543

Fuente: Autor

Anexo 2. Evidencias fotográficas

Fotos Visita a campo



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor



Fuente: Autor

Anexo 3 (Tablas resultados ICOMO)

Tabla 41. ICOMO 2008

ID	DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
1	7,23	1,014E+05	24,84	0,55	1	0,7516	0,77	Alta	
2	131,5	5,004E+05	12,29	1,43	1	0,8771	1,10	Muy Alta	
3	83,33	1,400E+07	4,39	1,29	1	0,9561	1,08	Muy Alta	
4	33,6	7,550E+05	12,79	1,02	1	0,8721	0,96	Muy Alta	
5	48,35	1,085E+06	9,60	1,13	1	0,904	1,01	Muy Alta	
6	28,5	3,800E+05	8,19	0,97	1	0,9181	0,96	Muy Alta	
7	35,37	4,100E+05	34,60	1,03	1	0,654	0,90	Muy Alta	

Fuente: Autor

Tabla 42. ICOMO 2009

ID	DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
1	1,9	7,90E+03	16,34	0,15	0,74	0,8366	0,57	Media	
2	16,50	1,00E+01	42,17	0,80	0	0,5783	0,46	Media	
3	70,00	2,10E+07	2,18	1,24	1	0,9782	1,07	Muy Alta	
4	4,80	1,40E+05	11,09	0,43	1	0,8891	0,77	Alta	
5	9,50	1,20E+05	17,78	0,63	1	0,8222	0,82	Muy Alta	
6	4,00	3,70E+03	21,08	0,37	0,56	0,7892	0,57	Media	
7	3,30	3,00E+03	15,00	0,31	0,51	0,85	0,56	Media	

Fuente: Autor

Tabla 43. ICOMO 2010

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	3,50	8,00E+03	7,47	0,33	0,75	0,9253	0,67	Alta	
2	988064	1014689	29,30	9,96E+00	98,78	0,98	0	0,0122	0,33	Baja	
3	987310	1014386	107,00	3,40E+07	3,33	1,37	1	0,9667	1,11	Muy Alta	
4	983836	1011951	10,20	6,90E+04	14,41	0,66	1	0,8559	0,84	Muy Alta	
5	986190	1011753	7,60	1,50E+04	9,40	0,57	0,90	0,906	0,79	Alta	
6	988587	1012156	12,80	2,40E+05	9,40	0,73	1	0,906	0,88	Muy Alta	
7	988593	1011296	4,90	5,20E+04	17,74	0,43	1	0,8226	0,75	Alta	

Fuente: Autor

Tabla 44. ICOMO 2011

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO O %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	1,90	4,10E+03	56,20	0,15	0,58	0,438	0,39	Baja	
2	988064	1014689	10,50	5,90E-01	39,80	0,66	0	0,602	0,42	Media	
3	987310	1014386	12,70	2,20E+06	22,50	0,72	1	0,775	0,83	Muy Alta	
4	983836	1011951	40,50	2,40E+05	22,50	1,08	1	0,775	0,95	Muy Alta	
5	986190	1011753	11,65	2,50E+05	77,50	0,70	1	0,225	0,64	Alta	
6	988587	1012156	13,40	8,20E+04	23,50	0,74	1	0,765	0,83	Muy Alta	
7	987609	1011394	11,61	4,03E+04	19,90	0,70	1	0,801	0,83	Muy Alta	

Fuente: Autor

Tabla 45. ICOMO 2012

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	9,50	1,20E+02	0,00	0,63	0	1	0,54	Media	
2	988064	1014689	5,75	1,20E+03	18,70	0,48	0,28	0,813	0,53	Media	
3	987310	1014386	10,65	8,85E+05	0,00	0,67	1	1	0,89	Muy Alta	
4	983836	1011951	40,55	1,25E+05	2,67	1,08	1	0,9733	1,02	Muy Alta	
5	986190	1011753	7,20	7,90E+04	1,82	0,55	1	0,9818	0,84	Muy Alta	
6	988587	1012156	7,10	5,40E+03	0,00	0,55	0,65	1	0,73	Alta	
8	987609	1011394	6,35	5,00E+04	6,27	0,51	1	0,9373	0,82	Muy Alta	

Fuente: Autor

Tabla 46. ICOMO 2013

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	8,50	2,40E+03	0,00	0,60	0,45	1	0,68	Alta	
2	988064	1014689	11,40	9,60E-01	97,50	0,69	0	0,025	0,24	Baja	
3	987310	1014386	24,00	2,40E+05	0,00	0,92	1	1	0,97	Muy Alta	
4	983836	1011951	5,20	1,40E+04	3,07	0,45	0,88	0,9693	0,77	Alta	
5	986190	1011753	151,00	2,00E+05	0,00	1,48	1	1	1,16	Muy Alta	
6	988587	1012156	14,20	2,40E+05	0,00	0,76	1	1	0,92	Muy Alta	
8	987609	1011394	110,57	2,40E+05	0,00	1,38	1	1	1,13	Muy Alta	

Fuente: Autor

Tabla 47. ICOMO 2014

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGENO %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	7,20	1,00E+04	12,14	0,55	0,80	0,8786	0,74	Alta	
2	988064	1014689	92,00	2,40E+04	6,30	1,32	1	0,937	1,09	Muy Alta	
3	987310	1014386	146,00	1,70E+07	4,46	1,47	1	0,9554	1,14	Muy Alta	
4	983836	1011951	8,10	9,80E+04	4,81	0,59	1	0,9519	0,85	Muy Alta	
5	986190	1011753	10,10	9,20E+04	5,80	0,65	1	0,942	0,87	Muy Alta	
6	988587	1012156	7,70	1,30E+05	6,60	0,57	1	0,934	0,83	Muy Alta	
8	987609	1011394	10,80	9,47E+04	4,92	0,67	1	0,9508	0,87	Muy Alta	

Fuente: Autor

Tabla 48. ICOMO 2015

ID	COORDENADAS		DBO (mg/l)	COLIFORMES TOTALES (NMP/ 100 ml)	OXIGEN O %	I DBO	I COLIFORMES TOTALES	I OXIGENO	ICOMO	CALIFICACIÓN	ESCALA DE COLOR
	X	Y									
1	988947	1013348	12,77	1,24E+04	24,00	0,72	0,85	0,76	0,78	Alta	
2	988064	1014689	25,03	2,36E+04	28,30	0,93	1	0,717	0,88	Muy Alta	
3	987310	1014386	113,20	8,82E+06	53,40	1,39	1	0,466	0,95	Muy Alta	
4	983836	1011951	10,27	1,16E+05	49,25	0,66	1	0,5075	0,72	Alta	
5	986190	1011753	12,10	1,83E+05	14,22	0,71	1	0,8578	0,86	Muy Alta	
6	988587	1012156	17,47	4,19E+05	19,00	0,82	1	0,81	0,88	Muy Alta	
8	987609	1011394	11,67	1,97E+05	14,00	0,70	1	0,86	0,85	Muy Alta	

Fuente: Autor

Anexo 4 (Tablas de resultados ICOSUS)

Tabla 49. ICOSUS 2008

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	37,1	0,03	
2	988064	1014689	11,2	0,02	
3	987310	1014386	36,2	0,03	
4	983836	1011951	468	0,16	
5	986190	1011753	122	0,06	
6	988587	1012156	269	0,10	
7	988593	1011296	37,2	0,03	

Fuente: Autor

Tabla 50. ICOSUS 2009

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	19,00	0,03	
2	988064	1014689	14,70	0,02	
3	987310	1014386	50,00	0,04	
4	983836	1011951	17,00	0,03	
5	986190	1011753	35,00	0,03	
6	988587	1012156	10,00	0,02	
7	988593	1011296	11,00	0,02	

Fuente: Autor

Tabla 51. ICOSUS 2010

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	19,00	0,03	
2	988064	1014689	59,60	0,04	
3	987310	1014386	88,60	0,05	
4	983836	1011951	8,50	0,02	
5	986190	1011753	16,50	0,02	
6	988587	1012156	29,10	0,03	
7	988593	1011296	21,30	0,03	

Fuente: Autor

Tabla 52. ICOSUS 2011

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	5,50	0,02	
2	988064	1014689	26,75	0,03	
3	987310	1014386	31,00	0,03	
4	983836	1011951	987,00	0,32	
5	986190	1011753	147,75	0,06	
6	988587	1012156	22,75	0,03	
7	987609	1011394	134,06	0,06	

Fuente: Autor

Tabla 53. ICOSUS 2012

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	7,50	0,02	
2	988064	1014689	39,88	0,03	
3	987310	1014386	30,50	0,03	
4	983836	1011951	464,25	0,16	
5	986190	1011753	35,40	0,03	
6	988587	1012156	37,50	0,03	
7	987609	1011394	12,50	0,02	

Fuente: Autor

Tabla 54. ICOSUS 2013

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	43,30	0,03	
2	988064	1014689	25,50	0,03	
3	987310	1014386	72,00	0,04	
4	983836	1011951	17,50	0,03	
5	986190	1011753	444,00	0,15	
6	988587	1012156	21,00	0,03	
8	987609	1011394	4,00	0,02	

Fuente: Autor

Tabla 55. ICOSUS 2014

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	17,80	0,03	
2	988064	1014689	60,00	0,04	
3	987310	1014386	200,00	0,08	
4	983836	1011951	6,00	0,02	
5	986190	1011753	13,10	0,02	
6	988587	1012156	17,90	0,03	
8	987609	1011394	6,30	0,02	

Fuente: Autor

Tabla 56. ICOSUS 2015

ID	COORDENADAS		SOLIDOS SUSPENDIDOS (mg/l)	ICOSUS	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	25,03	0,03	
2	988064	1014689	42,67	0,03	
3	987310	1014386	133,53	0,06	
4	983836	1011951	15,57	0,02	
5	986190	1011753	19,90	0,03	
6	988587	1012156	48,40	0,03	
8	987609	1011394	26,57	0,03	

Fuente: Autor

Anexo 5 (resultados ICOTRO)

Tabla 57. ICOTRO 2008

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	1,16	Hipereutrofia	
2	988064	1014689	1,17	Hipereutrofia	
3	987310	1014386	2,21	Hipereutrofia	
4	983836	1011951	1,41	Hipereutrofia	
5	986190	1011753	2,09	Hipereutrofia	
6	988587	1012156	1,36	Hipereutrofia	
7	988593	1011296	0,67	Eutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 58. ICOTRO 2009

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,50	Eutrofia	
2	988064	1014689	0,07	Eutrofia	
3	987310	1014386	4,65	Hipereutrofia	
4	983836	1011951	0,93	Eutrofia	
5	986190	1011753	1,00	Eutrofia	
6	988587	1012156	0,32	Eutrofia	
7	988593	1011296	0,29	Eutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 59. ICOTRO 2010

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,41	Eutrofia	
2	988064	1014689	0,33	Eutrofia	
3	987310	1014386	7,51	Hipereutrofia	
4	983836	1011951	0,74	Eutrofia	
5	986190	1011753	2,23	Hipereutrofia	
6	988587	1012156	1,74	Hipereutrofia	
7	988593	1011296	0,49	Eutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 60. ICOTRO 2011

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	1,02	Hipereutrofia	
2	988064	1014689	0,25	Eutrofia	
3	987310	1014386	1,07	Hipereutrofia	
4	983836	1011951	1,54	Hipereutrofia	
5	986190	1011753	0,79	Eutrofia	
6	988587	1012156	0,22	Eutrofia	
7	987609	1011394	0,42	Eutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 61. ICOTRO 2012

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,07	Eutrofia	
2	988064	1014689	0,54	Eutrofia	
3	987310	1014386	0,67	Eutrofia	
4	983836	1011951	0,70	Eutrofia	
5	986190	1011753	0,68	Eutrofia	
6	988587	1012156	0,32	Eutrofia	
8	987609	1011394	0,64	Eutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 62. ICOTRO 2013

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,12	Eutrofia	
2	988064	1014689	0,08	Eutrofia	
3	987310	1014386	3,11	Hipereutrofia	
4	983836	1011951	0,28	Eutrofia	
5	986190	1011753	2,81	Hipereutrofia	
6	988587	1012156	2,20	Hipereutrofia	
8	987609	1011394	3,22	Hipereutrofia	

Fuente: Autor

Tabla 63. ICOTRO 2014

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,55	Eutrofia	Yellow
2	988064	1014689	0,11	Eutrofia	Blue
3	987310	1014386	9,32	Hipereutrofia	Red
4	983836	1011951	0,20	Eutrofia	Green
5	986190	1011753	1,94	Hipereutrofia	Red
6	988587	1012156	1,25	Hipereutrofia	Red
8	987609	1011394	1,92	Hipereutrofia	Red

Fuente: Autor

Tabla 64. ICOTRO 2015

ID	COORDENADAS		FOSFORO TOTAL (mg/l)	ICOTRO	ESCALA DE COLOR
	X	Y			
1	988947	1013348	0,56	Eutrofia	Yellow
2	988064	1014689	0,25	Eutrofia	Green
3	987310	1014386	7,48	Hipereutrofia	Red
4	983836	1011951	0,88	Eutrofia	Red
5	986190	1011753	1,39	Hipereutrofia	Red
6	988587	1012156	1,35	Hipereutrofia	Red
8	987609	1011394	1,25	Hipereutrofia	Red

Fuente: Autor

Anexo 6 (resultados ICOpH)

Tabla 65. ICOPH 2008

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	3,73	-18,21	0,000	
2	988064	1014689	4,57	-15,31	0,000	
3	987310	1014386	6,73	-7,86	0,001	
4	983836	1011951	6,44	-8,86	0,000	
5	986190	1011753	6,53	-8,55	0,000	
6	988587	1012156	6,49	-8,69	0,000	
7	988593	1011296	7,13	-6,48	0,003	

Fuente: Autor

Tabla 66. ICOPH 2009

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	6,60	-8,31	0,000	
2	988064	1014689	2,90	-21,08	0,000	
3	987310	1014386	6,80	-7,62	0,001	
4	983836	1011951	7,00	-6,93	0,002	
5	986190	1011753	6,70	-7,97	0,001	
6	988587	1012156	6,60	-8,31	0,000	
7	988593	1011296	6,90	-7,28	0,001	

Fuente: Autor

Tabla 67. ICOPH 2010

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	6,30	-9,35	0,000	
2	988064	1014689	3,00	-20,73	0,000	
3	987310	1014386	7,10	-6,59	0,003	
4	983836	1011951	7,20	-6,24	0,004	
5	986190	1011753	6,70	-7,97	0,001	
6	988587	1012156	7,40	-5,55	0,008	
7	988593	1011296	7,30	-5,90	0,006	

Fuente: Autor

Tabla 68. ICOPH 2011

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	3,41	-19,32	0,000	
2	988064	1014689	3,01	-20,70	0,000	
3	987310	1014386	6,46	-8,81	0,000	
4	983836	1011951	6,84	-7,50	0,001	
5	986190	1011753	7,19	-6,29	0,004	
6	988587	1012156	5,85	-10,90	0,000	
7	987609	1011394	7,06	-6,71	0,002	

Fuente: Autor

Tabla 69. ICOPH 2012

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	3,20	-20,04	0,000	
2	988064	1014689	3,37	-19,45	0,000	
3	987310	1014386	6,45	-8,83	0,000	
4	983836	1011951	6,70	-7,97	0,001	
5	986190	1011753	5,70	-11,42	0,000	
6	988587	1012156	5,20	-13,14	0,000	
8	987609	1011394	6,25	-9,52	0,000	

Fuente: Autor

Tabla 70. ICOPH 2013

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	6,10	-10,04	0,000	
2	988064	1014689	3,00	-20,73	0,000	
3	987310	1014386	7,00	-6,93	0,002	
4	983836	1011951	6,70	-7,97	0,001	
5	986190	1011753	6,70	-7,97	0,001	
6	988587	1012156	6,90	-7,28	0,001	
8	987609	1011394	7,10	-6,59	0,003	

Fuente: Autor

Tabla 71. ICOPH 2014

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	6,70	-7,97	0,001	
2	988064	1014689	4,70	-14,87	0,000	
3	987310	1014386	7,20	-6,24	0,004	
4	983836	1011951	6,90	-7,28	0,001	
5	986190	1011753	6,90	-7,28	0,001	
6	988587	1012156	6,70	-7,97	0,001	
8	987609	1011394	6,80	-7,62	0,001	

Fuente: Autor

Tabla 72. ICOPH 2015

ID	COORDENADAS		pH	1	ICOPh	ESCALA DE COLOR
	X	Y				
1	988947	1013348	6,70	-7,97	0,001	
2	988064	1014689	6,07	-10,15	0,000	
3	987310	1014386	7,53	-5,09	0,012	
4	983836	1011951	7,03	-6,82	0,002	
5	986190	1011753	6,72	-7,90	0,001	
6	988587	1012156	6,76	-7,77	0,001	
8	987609	1011394	6,77	-7,73	0,001	

Fuente: Autor

Bibliografía

- Brausin, Lozano y Rodríguez Camila. (2013). Ecosistema del humedal Tibabúyes: valoración cultural para el patrimonio natural. (Tesis de Pregrado). Universidad Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario, Bogotá D.C.
- BELTRÁN-VARGAS, J. E., & RANGEL-CH, J. O. (2012). Modelación dinámica de los sólidos suspendidos totales en el humedal Jaboque, Bogotá (Colombia). *Colombia Forestal*, 15(2), 191-205.
- Castellanos Cesar. (2011). Diagnóstico del humedal Jaboque, propiedades físicas, químicas, biológicas y cartografía social. (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.
- CASTRO HERNÁNDEZ, F. L., CRUZ RINCÓN, I., & MORENO CELY, L. A. (2005). Evaluación de la calidad del agua y diagnóstico ambiental del humedal Jaboque. *Revista Udistrital*, Vol. 2(numero 1). Recuperado de, <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/tecges/issue/view/429>
- Convención Ramsar. (2013). El Cuarto Plan Estratégico Para Ramsar 2016-2024. Recuperado de, <http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convenci%C3%B3n-de-ramsar-y-su-misi%C3%B3n>
- Convención Ramsar. (2015). Nota informativa Ramsar. Estado de los humedales del mundo y de los servicios que prestan a las personas: una recopilación de análisis recientes. Recuperado de: <http://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convenci%C3%B3n-de-ramsar-y-su-misi%C3%B3n>
- Corpotación Autonoma Regional. (18/02/2014). Por medio del cual se declaran como Distrito Regional de Manejo Integrado (DMI), los terrenos comprendidos por los humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé, y su área de influencia directa ubicada en los municipios de Funza, Mosquera y Tenjo, Cundinamarca. (ACUERDO 001)/ Recuperado de <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria=30261>
- Corporación Autónoma Regional. (2011). Humedales CAR. Recuperado de, <https://www.car.gov.co/index.php?idcategoria>
- Hernández Santiago. (2015). Indicadores de Calidad Ambiental de Humedales, (Tesis de Pregrado). Universidad Católica de Manizales, Manizales.
- Hurtado, Quintero y Ramírez Jorge. (2013). Evaluación ecológica y ambiental del humedal aguas claras, barrio la alborada, (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Villavicencio, Meta.
- Instituto de Política Medioambiental Europea (IEEP) y Secretaría de Ramsar. (2013). La Economía de Los Ecosistemas y la Biodiversidad Relativa del Agua y los Humedales. Recuperado de, www.teebweb.org.
- Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (01/07/2010). Artículo 2 (Capítulo I). (Decreto 2372 de 2010). Do: (47757). Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. / Recuperado de, <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39961>.

- Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (09/05/2007). Artículo 2 (Capítulo I). Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. (Decreto 1575 de 2007). Recuperado de, <http://www.ins.gov.co/tramites-y-servicios/programas-de-calidad/documents/decreto%201575%20de%202007,mps-mavdt.pdf>
- Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (25/10/2010). Artículo 3 (Capítulo II). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (Decreto 3930 de 2010). Recuperado de, <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>.
- MORENO, V., GARCÍA, J., & VILLALBA, J. (s.f.). *sogeocol.edu.co*. Recuperado de, <http://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- Ortega, Martínez y Padilla. (2000). Aspectos Metodológicos Para Evaluar La Calidad Ambiental de Los Humedales. Recuperado de: www.herbogeminis.com/IMG/pdf/evaluacion_calidad_ambiental_humedales.pdf
- Ryan Moss. (2006). Guía de identificación y manejo para humedales en propiedades privadas en Costa Rica, Recuperado de, <http://www.setena.go.cr/.../ASPECTOS%20TECNICOS%20DE%20MANEJO/GUIA>.
- SGS. (2015). Modelación Hidrodinámica del Humedal Gualí- Tres Esquinas. Estudio realizado para la Corporación Autónoma Regional, Sabana Occidente.
- SILVA JAVIER. (2015). Periódico El Tiempo. *Crean el primer mapa de humedales del país*. Recuperado de, <http://www.eltiempo.com/estilo-de-vida/ciencia/mapa-de-humedales-en-colombia/15222937>
- Sistema de Documentación e Información Municipal. (2013). Características Agroclimáticas del Municipio de Funza y Mosquera. Recuperado de, [cdim.esap.edu.co/.../pot%20-%20mosquera%20-%20cundinamarca%20-%202000%](http://cdim.esap.edu.co/.../pot%20-%20mosquera%20-%20cundinamarca%20-%202000%20)
- Uribe Sandra. (2013). Periódico Universidad Nacional. Burocracia estatal acelera agonía de humedales. Recuperado de, <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/burocracia-estatal-acelera-agonia-de-humedales.html>
- Demo Arcgis. (10.5-2016). Desktop. Recuperado de: <https://www.arcgis.com/features/free-trial.html>