	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(92)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	XIOMARA RODRIGUEZ SANCHEZ MELIZA GENTIL JAIME		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA AMBIENTAL		
DIRECTOR	MANUEL JOSE CASTILLAS RINCON		
TÍTULO DE LA TESIS	ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS CUENCAS “EL GITANO” Y “LA CORDILLERA” DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR MEDIANTE EL USO DEL INDICE BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY) Y ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>Para el desarrollo de este trabajo se estudiaron tres sitios de monitoreo en las cuencas la cordillera y el Gitano, con diferentes grados de contaminación. En cada estación se realizaron muestras de la comunidad de macroinvertebrados, se identificaron estos grupos taxonómicos hasta el nivel de familia y se tomaron muestras de los parámetros fisicoquímicos. Los parámetros determinados, indican que la composición taxonómica de las cuencas el Gitano y la Cordillera está constituida por 21 familias.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 92	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



**ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS CUENCAS “EL GITANO” Y
“LA CORDILLERA” DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR MEDIANTE
EL USO DEL INDICE BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING
PARTY) Y ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS**

**XIOMARA RODRIGUEZ SANCHEZ
MELIZA GENTIL JAIME**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
INGENIERIA AMBIENTAL
OCAÑA
2014**

**ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS CUENCAS “EL GITANO” Y
“LA CORDILLERA” DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR MEDIANTE EL
USO DEL INDICE BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY) Y
ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS**

**XIOMARA RODRIGUEZ SANCHEZ
MELIZA GENTIL JAIME**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Ambiental**

**Director
MANUEL JOSE CASTILLAS RINCON
Biólogo**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
INGENIERIA AMBIENTAL
OCAÑA
2014**

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. TITULO	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1.1 Formulación del problema	14
1.2 OBJETIVOS	14
1.2.1 Objetivo general	14
1.2.2 Objetivos Específicos	15
1.3 JUSTIFICACIÓN	15
1.4 DELIMITACIONES	16
1.4.1 Espacial.	16
1.4.2 Operativa	17
1.4.3 Conceptual	17
1.4.4 Cronológica	17
1.4.5 Geográfica.	17
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1 MARCO HISTORICO	18
2.1.1 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel mundial	18
2.1.2 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel nacional	20
2.1.3 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel local	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL	22
2.2.1 Alcalinidad Total:	22
2.2.2 Bentónico	22
2.2.3 BMWP	22
2.2.4 Bioindicadores.	23
2.2.5 Biota.	23
2.2.6 Calidad del agua	23
2.2.7 Comunidad.	24
2.2.8 Control biológico de la calidad.	24
2.2.9 Contaminación.	24
2.2.10 Cabecera	24
2.2.11 Cuenca	24
2.2.12 Diversidad	24
2.2.13 Dulceacuícola.	25
2.2.14 DBO.	25
2.2.15 Demanda Bioquímica Oxígeno (DQO)	25

2.2.16 Dureza Total:	25
2.2.17 Especie.	25
2.2.18 Ecosistema:	26
2.2.19 Efluente	26
2.2.20 Familia.	26
2.2.21 Fluvial	26
2.2.22 Genero.	26
2.2.23 Indicador	26
2.2.24 Macroinvertebrados	27
2.2.25 Nitritos	27
2.2.26 Nitratos.	27
2.2.27 Parámetros de calidad	28
2.2.28 PH.	28
2.2.29 Río	28
2.2.30 Macroinvertebrados acuáticos.	28
2.2.31 Sólidos Totales Disueltos:	28
2.2.32 Saprobiotico.	28
2.2.33 Temperatura	29
2.3 MARCO TEÓRICO	29
2.3.1 Teoría sobre macroinvertebrados acuáticos	29
2.3.2 Teoría de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas.	29
2.3.3 Teoría de la sucesión ecológica	30
2.3.4 Teoría de la calidad del agua de los ecosistemas	31
2.4 MARCO LEGAL	33
2.4.1 Decreto 1449 de 1977.	33
2.4.2 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III	34
2.4.3 Decreto 1449 de 1977.	34
2.4.4 Decreto 1541 de 1978	34
2.4.5 Decreto 1681 de 1978.	34
2.4.6 Ley 09 de 1979.	34
2.4.7 Decreto 2857 de 1981.	34
2.4.8 Decreto 2858 de 1981	34
2.4.9 Decreto 2105 de 1983.	34
2.4.10 Decreto 1594 de 1984.	34
2.4.11 Decreto 2314 de 1986.	34
2.4.12 Decreto 79 de 1986.	34
2.4.13 Decreto 1700 de 1989.	34
2.4.14 Ley 99 de 1993	34
2.4.15 Decreto 605 de 1996.	35
2.4.16 Decreto 901 de 1997.	35
2.4.17 Decreto 3102 de 1998	35
2.4.18 Decreto 475 de 1998.	35
3. DISEÑO METODOLOGICO	36

3.1 TIPO DE INVESTIGACION	36
3.2 METODOLOGÍA	36
3.3 POBLACION	36
3.4 MUESTRA	36
3.5 INDICADORES Y VARIABLES	35
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.	37
3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	37
4. RESULTADOS	38
4.1 RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS CUENCAS EL GITANO, LA CORDILLERA DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO.	38
4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.	45
4.3 ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS EXISTENTES EN LAS MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO CON LA CALIDAD DE AGUA EVALUADA	50
5. CONCLUSIONES	87
6. RECOMENDACIONES	88
BIBLIOGRAFIA	89
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	92

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	38
Cuadro 2. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	39
Cuadro 3. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	40
Cuadro 4. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de muestre.	41
Cuadro 5. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	42
Cuadro 6. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	43
Cuadro 7. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	43
Cuadro 8. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	44
Cuadro 9. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	44
Cuadro 10. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	45
Cuadro 11. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	46
Cuadro 12. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	46
Cuadro 13. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	47
Cuadro 14. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	47
Cuadro 15. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	48
Cuadro 16. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	48
Cuadro 17. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	49
Cuadro 18. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.	49
Cuadro 19. Análisis físicoquímicos septiembre -- 02 -- 2013	50
Cuadro 20. Análisis físicoquímicos septiembre --17 --2013	50
Cuadro 21. Análisis físicoquímicos octubre -- 02--2013	50
Cuadro 22. Análisis físicoquímicos octubre -- 17-- 2013	51
Cuadro 23. Análisis físicoquímicos noviembre -- 1 -- 2013	51

Cuadro 24. Análisis fisicoquímicos noviembre -- 15--2013	51
Cuadro 25. Análisis fisicoquímicos general	51
Cuadro 26. Análisis fisicoquímicos septiembre -- 02 -- 2013	52
Cuadro 27. Análisis septiembre --17 --2013	52
Cuadro 28. Análisis octubre -- 02--2013	52
Cuadro 29. Análisis octubre -- 17--2013	53
Cuadro 30 Análisis fisicoquímicos noviembre -- 1 -- 2013	53
Cuadro 31. Análisis fisicoquímicos general.	53
Cuadro 32. Análisis fisicoquímico dureza en el cp1	54
Cuadro 33. Análisis fisicoquímico dureza en el cp2	54
Cuadro 34. Análisis fisicoquímico dureza en el cp3	55
Cuadro 35. Análisis fisicoquímico de nitratos cp1	56
Cuadro 36. Análisis fisicoquímico de nitratos cp2	56
Cuadro 37. Análisis fisicoquímico de nitratos cp3	57
Cuadro 38. Análisis fisicoquímico de nitrito cp1	58
Cuadro 39. Análisis fisicoquímico de nitrito cp2	58
Cuadro 40. Análisis fisicoquímico de nitrito cp3	59
Cuadro 41. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp1	60
Cuadro 42. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp2	60
Cuadro 43. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp3	61
Cuadro 44. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp1	62
Cuadro 45. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp2	62
Cuadro 46. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp3	63
Cuadro 47. Análisis fisicoquímico de ph cp1	64
Cuadro 48. Análisis fisicoquímico de ph cp2	64
Cuadro 49. Análisis fisicoquímico de ph cp3	65
Cuadro 50. Análisis fisicoquímico de temperatura cp1	66
Cuadro 51. Análisis fisicoquímico de temperatura cp2	66
Cuadro 52. Análisis fisicoquímico de temperatura cp3	67
Cuadro 53. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp1	67
Cuadro 54. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp2	68
Cuadro 55. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp2	68
Cuadro 56. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp1	69
Cuadro 57. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp2	69
Cuadro 58. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp3	70
Cuadro 59. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp1	71
Cuadro 60. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp2	71
Cuadro 61. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp3	72
Cuadro 62 Análisis fisicoquímico de fostatos Gp1	73
Cuadro 63. Análisis fisicoquímico de fostatos Gp2	73
Cuadro 64. Análisis fisicoquímico de fostatos Gp3	74
Cuadro 65. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp1	75
Cuadro 66. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp2	75
Cuadro 67. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp3	76
Cuadro 68. Análisis fisicoquímico de ph Gp1	77

Cuadro 69. Análisis fisicoquímico de ph Gp2	77
Cuadro 70. Análisis fisicoquímico de ph Gp3	78
Cuadro 71. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp1	78
Cuadro 72. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp2	79
Cuadro 73. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp3	80
Cuadro 74.analisis fisicoquímicos de todos los puntos de muestreo de la cordillera	80
Cuadro 75.analisis fisicoquímico de todos los puntos de muestreo del gitano	81

RESUMEN

El presente estudio es el resultado de una investigación titulado análisis de la calidad del agua de las cuencas “el gitano” y “la cordillera” del municipio de rio de oro, cesar mediante el uso del índice bmwp (biological monitoring working party) y algunas variables fisicoquímicas.

Esta investigación es de gran importancia ya que es el informe final de trabajo de grado que tiene como objetivo principal Realizar un análisis de la calidad del agua entre las cuencas el Gitano, la Cordillera del municipio de Rio de Oro, Cesar, utilizando macroinvertebrados acuáticos como Bioindicadores y algunas variables fisicoquímicas.

Para el desarrollo de este trabajo se estudiaron tres sitios de monitoreo en las cuencas la cordillera y el Gitano, con diferentes grados de contaminación. En cada estación se realizaron muestras de la comunidad de macroinvertebrados, se identificaron estos grupos taxonómicos hasta el nivel de familia y se tomaron muestras de los parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros determinados, indican que la composición taxonómica de las cuencas el Gitano y la Cordillera está constituida por 21 familias en la Cordillera y 23 familias en el Gitano, para un total de 1167 individuos colectados en los tres puntos de muestreo.

Las familias más representativas de ambas cuencas fueron Veliidae, Naucoridae, Gerridae.

La calidad del agua en las cuencas el Gitano y la Cordillera, basada en la aplicación del BMWP para los tres puntos de muestreo indica que para la mayoría de las estaciones de muestreo fue clase II la cual evidencia ligera contaminación, y en tres puntos de muestreo nos indicó clase III calidad de agua dudosa, los parámetros fisicoquímicos analizados corroboran estos resultados mostrando en estas mismas estaciones niveles altos de Nitratos atribuidos a la contaminación por descargas de aguas residuales.

El estudio nos aporta un gran resultado el cual nos diagnostica el estado actual del agua de las cuencas el Gitano y la Cordillera del municipio de Rio de Oro, Cesar, indicándonos que el agua mediante un tratamiento convencional es apta para consumo humano.

INTRODUCCION

Nuestras masas de agua son el recipiente de la vida. Sin agua no hay nada de ahí la necesidad de conservación y cuidado de las mismas.

El agua ha sido y es un recurso natural esencial e indispensable para los seres vivos, incluyendo a los seres humanos. Por una parte es fuente de vida, y sin ella ni las plantas, ni los animales o el ser humano podrían vivir, pero además es un recurso imprescindible para muchas actividades humanas (tales como la industria, agricultura, ganadería...). Es por ello que se entiende que los ecosistemas dulceacuícolas tienen una importancia fundamental, habiéndose en las últimas décadas enfatizado la necesidad de regular su estado de conservación y asegurar así una adecuada calidad del agua. Durante años, el análisis del estado de los ecosistemas acuáticos se realizó mediante el uso de indicadores fisicoquímicos y químicos, pero en los últimos años se ha potenciado la realización de estudios integrales en los que también se incluyen el análisis de distintos grupos de seres vivos. Las comunidades de seres vivos son un reflejo de las condiciones físico-químicas existentes en el ecosistema y a su vez nos dan información sobre el estado de las aguas en un periodo de tiempo anterior al momento de muestreo, ya que son sensibles a las distintas alteraciones que puede sufrir el medio acuático. Los macroinvertebrados acuáticos son uno de los grupos (junto con diatomeas, macrófitas y peces) más frecuentemente utilizados en los últimos años en estos estudios.

Se puede decir que macroinvertebrados son todos aquellos invertebrados suficientemente grandes para ser vistos sin necesidad de aumentos. Más concretamente se consideran macroinvertebrados acuáticos a todos aquellos organismos invertebrados habitantes, en algún momento de su ciclo vital, de hábitats acuáticos.

Todos ellos desempeñan un papel fundamental en los ecosistemas acuáticos tanto en la transformación de la materia orgánica en el medio como por representar una importante fuente de alimentación de cara a otros organismos superiores, siendo por tanto unos excelentes indicadores biológicos del estado ecológico de las aguas.

De esta forma se facilita el estudio y se fomenta el conocimiento de una parte muy importante de nuestra biodiversidad, ayudando así a realizar una gestión más eficaz de nuestros recursos naturales y a dar a conocer la importancia del cuidado y conservación de nuestros ecosistemas acuáticos.

Podemos concluir que los ríos son mucho más que una simple corriente de agua. Son ecosistemas muy diversos y complejos, con una gran cantidad de componentes físicos y químicos y organismos muy diferentes, todos los cuales son necesarios para el correcto funcionamiento del río.

1. ANALISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS CUENCAS “EL GITANO” Y “LA CORDILLERA” DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO, CESAR MEDIANTE EL USO DEL INDICE BMWP (BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY) Y ALGUNAS VARIABLES FISICOQUIMICAS

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El municipio de Río de Oro posee una extensión de 613.3 km² y se encuentra entre los 1.150 y 1.120 metros sobre el nivel del mar, posee un clima que oscila entre los 18° C a 25° C es dueño de una hermosa geografía que combina la zona de montaña o cordillera en la parte alta y sabanas en la parte plana. Su clima, influenciado por las brisas del Catatumbo lo convierten en un espacio propicio y placentero para el espíritu y para la diversidad de flora y fauna, tiene un importante potencial hídrico, pues su relieve permite la formación de cañadas y quebradas que lo hacen rico en almacenamiento de agua (jagüeyes, reservorios y pequeñas lagunas).

Construyen su hidrografía dos cuencas, llamadas El Gitano y La Cordillera, estos son los principales afluentes hídricos responsables del abastecimiento del líquido a la población local, la primera cuenca se encuentra ubicada en una zona con mucha actividad agrícola y la segunda cuenca esta hallada en una zona muy poco habitada.

Las dos cuencas responsables del abastecimiento hídrico en el municipio de Rio de oro son aprovechadas de manera independiente por dos acueductos locales no relacionados y cada uno de estos proporciona agua a dos zonas distintas del municipio, la alta actividad agrícola presente en la zona donde está ubicada la cuenca El Gitano crea una perturbación en el ecosistema lotico local, esto tal vez pueda afectar de gran manera la calidad del agua que está llegando al acueducto generando diversos problemas de índole ecológico y social, en contraste la zona donde se encuentra la cuenca La Cordillera no presenta mucha actividad antrópica por lo cual la perturbación en el ecosistema lotico presente en la cuenca es mucho menor al existente en la cuenca El Gitano, debido a esto la calidad del agua puede ser muy diferente a la encontrada en esta zona, es por esto que posiblemente la calidad del agua en estas dos áreas sea muy diferente debido al impacto generado por la actividad humana, el uso de Bioindicadores como lo es el índice BMWP, pueden ser una gran herramienta para poder encontrar respuesta a esta incógnita.

1.1.1 Formulación del problema. ¿Existe diferencia entre la calidad del agua de las cuencas el Gitano y la Cordillera del municipio de Rio de Oro?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general. Realizar un análisis de la calidad del agua de las cuencas el Gitano, la Cordillera del municipio de Rio de Oro, Cesar, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y algunas variables fisicoquímicas.

1.2.2 Objetivos Específicos. Reconocer las especies de Macroinvertebrados acuáticos presentes en las cuencas el Gitano, la Cordillera del municipio de Rio de Oro, Cesar en tres estaciones previamente seleccionadas.

Estimar la calidad del agua utilizando índice BMWP que emplea los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

Determinar las características fisicoquímicas existentes en las muestras de agua recolectadas en los diferentes tramos de las zonas de estudio con la calidad de agua evaluada.

Relacionar los parámetros fisicoquímicos y biológicos en los tres puntos de muestreo de las cuencas el Gitano y la Cordillera del municipio de Rio de Oro.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El agua es una de las sustancias más difundidas y abundantes en el planeta tierra. Es parte integrante de la mayoría de los seres vivos tanto animales como vegetales, y está presente en cantidad de minerales. El agua potable es fundamental para la vida; las civilizaciones han florecido cerca de abastecimientos adecuados de ese líquido.

La calidad y la cantidad de agua procedente de fuentes de aguas superficiales y subterráneas, se ven influenciadas por la geografía, el clima y las actividades humanas. Las aguas subterráneas normalmente se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento.

El agua superficial, por otra parte, suele necesitar tratamientos extensos, en especial si está contaminada. La contaminación hídrica en Colombia proviene principalmente de las actividades industriales, domésticas y agropecuarias, además del aporte de residuos de las explotaciones mineras y de sitios de disposición final de residuos. Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas.

Por estas razones es necesario realizar la evaluación de la calidad del agua en las cuencas “el gitano” y “la cordillera” del municipio de rio de oro, cesar considerando estas como las principales afluentes que abastecen a la población rural y urbana, las cuales han venido presentando una progresiva contaminación provocada por la comunidad rural asentada en estas zonas de estudio , ocasionando la destrucción del ecosistema existente y desaparición de la flora y fauna y así alterando las condiciones naturales de los organismos que lo habitan.

Teniendo en cuenta la facilidad para realizar un estudio sobre la evaluación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores que por su presencia o ausencia son claves para diagnosticar la calidad de una fuente hídrica, apoyada con la comparación y análisis de parámetros físico-químicos los cuales nos ayudan a definir qué medidas de mitigación y prevención podemos efectuar en estas zonas de gran importancia

ambiental, social y del recurso hídrico, el estudio ayudaría a conocer que tal es la calidad del agua en estas zonas del municipio de Río de Oro, dando a conocer los resultados obtenidos se contribuiría a la toma de acciones ambientales y preventivas que mejoren considerablemente la calidad del recurso hídrico en la zona, ayudando también a su preservación como un recurso natural indispensable.

1.4 DELIMITACIONES

1.4.1 Espacial. El municipio de río de oro cesar hace parte de la jurisdicción del departamento del Cesar desde 1967. Su posición en el mapa del Cesar corresponde a la región sur- oriental, distante a 385 km de la capital Valledupar.

El municipio tiene un área de 613, 3 Km², que corresponde a 661.330 hectáreas y está situada a 1120 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas 8°.17'.40" latitud norte y 73°.23'.18" longitud occidental.

Río de Oro es dueño de una hermosa geografía que combina la zona de montaña o cordillera en la parte alta y sabanas en la parte plana. Su clima, influenciado por las brisas del Catatumbo lo convierten en un espacio propicio y placentero para el espíritu y para la diversidad de flora y fauna. Su característica simbiótica (costeño y andino) lo hace único en el contexto del sur del Cesar y de la Provincia de Ocaña.

Limita al norte con el municipio de González y Norte de Santander, por el sur con Ocaña y San Martín, por el oriente con Ocaña y por el occidente con Aguachica.

Imagen 1 Mapa del municipio de Río de Oro Cesar



Fuente: Alcaldía de Río de Oro Cesar.

1.4.2 Operativa. Para el desarrollo del presente trabajo de grado se prevén inconvenientes en la consecución y ejecución de la información y en proceso investigativo, por tanto se recurrirá a la asesoría de personas conocedoras y que manejen en el tema de la calidad del agua mediante el índice de BMWP para la calidad del agua.

1.4.3 Conceptual. En el presente estudio se trabajan conceptos relacionados con el tema como: Plan de mejoramiento, plan de acción, indicadores como (pH, temperatura, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, fosfatos etc.) macroinvertebrados acuáticos, índices como el BMWP.

1.4.4 Cronológica. En este trabajo de investigación, se tomaran aproximadamente 4 meses; de los cuales en 3 meses se tomaran las respectivas muestras , realizando dos muestreos por mes, y una réplica por mes para cada estación luego en un periodo de 1 mes se llevaran a cabo la determinación de los parámetros fisicoquímicos y el informe correspondiente.

1.4.5 Geográfica. El estudio se llevara a cabo en el municipio de Rio de Oro Cesar.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1 MARCO HISTORICO

2.1.1 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel mundial. Hacia finales de la década de los 70 del siglo XX, los análisis químicos eran los métodos más utilizados para evaluar la calidad de las aguas, aunque eran ineficaces para detectar cambios en las condiciones naturales de los ríos cuando ellos son el resultado de perturbaciones no puntuales de origen difuso. Ante ésta situación se revalorizan los métodos biológicos cuyo uso en el monitoreo de las condiciones de los cuerpos de agua ha tenido un gran auge en las dos últimas décadas y se han convertido en una herramienta valiosa y complementaria de los métodos químicos y bacteriológicos. La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes. En términos generales se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales. De modo que es posible usar algunas características o propiedades estructurales y funcionales de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma comparativa el estado de la biota acuática, cuya condición es reflejo del estado ecológico del cuerpo de agua. Estas características de evaluación se conocen con el nombre genérico de bioindicadores.

Por lo general no se evalúa la condición de toda la comunidad biótica sino la de algunas agrupaciones de organismos. El plancton, los peces y los invertebrados han sido los grupos más usados en los estudios de bioindicación. Dentro de ellos destacan, los macroinvertebrados bentónicos. Esto son todos los invertebrados que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos, al menos en algunas etapas de su ciclo de vida y que son retenidos en redes con una abertura de poro igual o menor a las 500 μ ¹. En la fauna bentónica están incluidos diversos grupos de invertebrados como moluscos, lombrices, sanguijuelas, platelmintos, crustáceos, ácaros y fundamentalmente los estados juveniles de varios ordenes de insectos. La preferencia por éste grupo se debe a varias razones, que son señaladas por Reece y Richardson (1999): i) son relativamente sedentarios y por lo tanto representativos del área donde son colectados; ii) tienen ciclos de vida relativamente cortos comparado con los peces y reflejan con mayor rapidez las alteraciones del medio ambiente mediante cambios en la estructura de sus poblaciones y comunidades; iii) viven y se alimentan en o sobre los sedimentos donde tienden a acumularse las toxinas, las cuales se incorporan a la cadena trófica a través de ellos; iv) su sensibilidad a los factores de perturbación y responden a las sustancias contaminantes presentes tanto en el agua como en los sedimentos, y v) son fuente primaria como alimento de muchos peces y participan de manera importante en la degradación de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes.

Los primeros intentos para usar los organismos vivos para medir el grado de deterioro de los cuerpos de agua corriente estuvieron dirigidos a detectar la contaminación orgánica de

¹Zamora González Hilldier. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Unicauca-Ciencia. 2000

las aguas, que fue durante mucho tiempo el principal factor de perturbación. Así comenzaron a desarrollarse listas de especies presentes en sitios con diferente grado de alteración. Debido a lo engorroso y difícil que resultaba hacer comparaciones con estas listas generales de especies, las mismas se sustituyeron por listas de especies indicadoras, es decir por especies que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares. Con esta lista se construyeron diversos esquemas que agruparon las especies por categorías y estas se asociaron a condiciones con distintos grados de contaminación orgánica.

El primero de estos esquemas fue el desarrollado por Kolwitz y Marson (1908)², quienes introdujeron la idea de la saprobidad como una medida del grado de contaminación orgánica de un cuerpo de agua. Donde hay poca contaminación orgánica el nivel de saprobidad es bajo, y será alto donde existe una gran contaminación. La asociación del concepto de saprobidad y el de especies indicadoras permitió evaluar el grado de contaminación orgánica y la recuperación progresiva de diferentes sitios determinando la presencia de ciertos tipos de organismos. El esquema saprobico divide el curso de un río en varias zonas: a) cataróbica de aguas muy limpias; b) oligosapróbica de aguas poco contaminadas; c) β -mesosapróbica de aguas medianamente contaminadas; d) α -mesosapróbica de aguas muy contaminadas y e) polisapróbica de aguas fuertemente contaminadas (Figuroa 2003)³

Los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Muchos de ellos tienen su origen en los trabajos desarrollados por Kolkwitz & Marsson (1909)⁴, quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: TrentBioticIndex (TBI), BiologicalMonitoringWorkingParty (BMWP), BelgiumBioticIndex (BBI), TheRiverInvertebratePrediction and ClassificationSystem (RIVPACS) (Rosenberg & Resh 1993)⁵. Chutter (1972)⁶ desarrolló un índice de calidad de agua para ríos de Sudáfrica, el cual fue levemente modificado por Hilsenhoff (1988)⁷ para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF). (Figuroa, 2003)⁸
El BMWP o Biologicalmonitoringworkingparty es un método de evaluación de calidad de aguas dulces establecido en Inglaterra y que se basa en la utilización de unos organismos

² KOLKWITZ R & M MARSSON (1909) *Okologie der tierischen Saproben. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-152.

³ FIGUEROA RICARDO. Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality of southern Chile rivers. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285, 2003.

⁴ KOLKWITZ R & M MARSSON (1909) *Okologie der tierischen Saproben. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 2: 126-152.

⁵ ROSENBERG DM & VH RESH (1993) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp.

⁶ CHUTTER F (1972) An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research* 6: 19-30.

⁷ HILSENHOFF W (1988) Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68

⁸ Ibid. 3

denominados macroinvertebrados acuáticos. El método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuridae reciben un puntaje de 10 (Roldán 1996)⁹; en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1 (Armitage, ci., 1983)¹⁰.

2.1.2 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel nacional. En Colombia, los estudios ambientales han venido cobrando importancia, y entre estos los macroinvertebrados acuáticos ocupan un lugar importante. El estudio de estos organismos presenta dificultades pese a que han llegado a convertirse en un área de trabajo frecuente para muchos profesionales, pues existen muy pocos especialistas y la mayoría de claves usadas han sido diseñadas para la fauna de zona templada. En el país solo se dispone de la obra de Gabriel H. Roldan (1996) "GUIA PARA LA IDENTIFICACION DE LOS INVERTEBRADOS ACUATICOS DE ANTIOQUIA", para la determinación de la mayoría de los macroinvertebrados acuáticos. De este modo, la falta de descripciones, revisiones y claves taxonómicas apropiadas para el estudio y monitoreo de los distintos sistemas acuáticos nacionales han traído como consecuencia poca confiabilidad en las descripciones que puedan servir como referencia y además el intercambio y divulgación de la información de estos trabajos es escaso, lo que ha conducido a cierto grado de estancamiento. Además, el conocimiento científico relacionado con fauna acuática ha avanzado de una forma relativamente lenta quedando mucho por explorar y comprender (Muñoz, M 1997).

En el departamento del Tolima se han llevado a cabo diversos estudios en el campo de la limnología entre éstos se destaca el Estudio De Los Aspectos Bioecológicos De Los Macroinvertebrados En El Embalse De Hidroprado Departamento del Tolima, por Derly Yaneth Carrillo Cutiva su Directora Gladys Reinoso F. Msc. Dentro de los resultados que se obtuvieron de este estudio se encuentra que en las zonas de aguas abiertas la mayor densidad de Gasterópodos y el orden de menor densidad fue Ephemeroptera. Temporalmente se encontró en el estudio que el orden Díptera fue el más abundante en los seis muestreos. En segundo lugar, los Entomostráceos, seguido por los Gasterópoda, Coleóptera, los Trichóptera, los Ephemeroptera, los Odonata y por último los Hemíptera, dada las tolerancias de los organismos a la presencia de materia orgánica y a los hábitat.

Además, el embalse de Prado (Tolima) es un ecosistema léntico, considerado eutrófico por sus condiciones fisicoquímicas y su alta concentración de nutrientes. Es posible suponer que la condición eutrófica se pueda atribuir a los aportes de los tapetes de macrófitas, a la vegetación arbustiva inundada, a la contaminación por aguas residuales y de riego.

⁹ROLDAN PEREZ, Gabriel; Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia, Editorial Universidad de Antioquia, 1996.

¹⁰Armitage, P.D.; Moss, D.; Wright J. F. & Furse, M. T. (1983). The performance of a new biological a water quality score system based on macroinvertebrate over a wide range of unpolluted running-water sites. Water Res., 17, 333-347. ASTM. 1989. Standard guide for selecting grab device for collecting benthic macroinvertebrates. American Society for Testing and Materials. ASTM D/ 4387-84

Biológicamente la comunidad de macroinvertebrados bénticos colectados, mostraron una tendencia hacia la eutrofia del embalse, ya que los organismos que la conforman son indicadores de este ecosistema como los Coleópteros, Dípteros, Entomostráceos, Gasterópodos, Hemípteros y Odonatos.¹¹

En Plecópteros, importantes miembros de los sistemas acuáticos, se estudió que prefieren las aguas frías y con altas concentraciones de oxígeno, se establecen debajo de piedras, entre vegetación o en las orillas de los estanques, presentan una enorme plasticidad alimentaria (Zuñiga de Cardozo Et. Al (1992). Se reportó el género *Anacroneuria* como grupo sensible a condiciones deficientes de oxígeno disuelto en cuerpos de agua receptoras de carga orgánica residual. Por tal razón, los estados inmaduros son buenos indicadores de la calidad de agua (Roja, H. M 1993).

En Ephemeroptera, ampliamente distribuidos, han sido reportados para Sur América 9 familias por Hubbard&Peters (1981) y 14 por Domínguez Et. Al (1992) de los cuales ha sido encontrado para Colombia 6 por H. Roldan en (1985) y 8 por Rojas (1993). Y Zuñiga de Cardozo (1985) reportándose por primera vez familia Heptageniidae y Caeniidae. Reynoso, G (1997) realizó un importante estudio de Ephemeroptera del río Combeima en el trayecto entre Juntas y el Totumo, en el municipio de Ibagué (María Zuñiga 1995).

Para el orden Hemiptera, hay un alto uso de indicadores de calidad de agua, solo en algunos grupos, Polhemus (1983) reporta que los Corixidae son buenos indicadores de la calidad de agua en ambientes lénticos. Aristizabal, H. considera que las familias de hemípteros de la película superficial del agua (neuston) pueden ser utilizadas como indicadores de calidad de agua sobre todo referentes a las sustancias tenso activas como jabones, detergentes, etc., sustancias activantes del azul de metileno, los cuales rompen la tensión superficial del agua, haciendo imposible el sostén físico de estos organismos. La diversidad de las familias de hemípteros es amplia, sobre todo en la familia Veliidae, con 9 géneros. Aristizabal (1997) reportó para Colombia el género *Evelia*.

2.1.3 Marco histórico de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a nivel local. El presente documento es el resultado de una investigación que tiene por objetivo evaluar la calidad del agua, para el desarrollo de la investigación se hizo un recorrido por el tramo de estudio para delimitar los puntos de muestreo. Después de esta fase se realizaron muestreos de agua para la medición de parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos. Luego se hizo la clasificación de los macroinvertebrados y se aplicaron los índices BMWP, IBF y ETP para determinar la calidad del agua según el rango de tolerancia de estos organismos a la contaminación. Para complementar la investigación se hizo el análisis de parámetros físico-químicos y biológicos mediante el empleo de las gráficas de transformación ambiental e impacto ambiental para determinar así mismo la calidad del agua.

¹¹ROLDAN PEREZ, Gabriel; Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia, Editorial Universidad de Antioquia, 1996.

Luego de realizado el análisis anterior se determinó que la calidad del agua del río Algodonal presenta problemas de contaminación principalmente orgánica, la cual afecta la presencia de organismos acuáticos que son sensibles a variaciones de contaminación, proliferándose los individuos tolerantes y medianamente tolerantes a la contaminación.

A demás se limita el uso para consumo humano recreativo y agropecuario. Una vez conocida la calidad del agua del río Algodonal en este tramo se determinaron los usos teniendo como base el decreto 1594 del 84 y el índice de calidad fluvial según Poch.

En el tramo de estudio se encuentra una gran variedad de macroinvertebrados. Con el desarrollo de la investigación se identificaron los órdenes y las familias de estos organismos presentes, clasificándolos por categorías de tolerancia a la contaminación. Se obtuvo como resultado la presencia de 28 familias pertenecientes a 11 órdenes de macroinvertebrados. Con la aplicación de los análisis físico-químicos se corroboraron los resultados obtenidos de la interpretación de los índices biológicos. Estos parámetros rigen el comportamiento de los macroinvertebrados en el habitat.

La aplicación de los índices biológicos e índices de transformación de parámetros físico-químicos estableció que existe una fuerte contaminación por materia orgánica tanto en periodo de invierno como en estiaje en el sitio de estudio.¹²

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Alcalinidad Total. La alcalinidad en aguas naturales, inciden fundamentalmente por la presencia de iones bicarbonato y carbonato. Es importante su análisis para determinar la capacidad de mantener procesos biológicos y una productividad sostenida y permanente. La mayoría de las aguas naturales y especialmente las que poseen valores altos de alcalinidad, resisten mejor los cambios drásticos de pH y por consiguiente, son propicios para el desarrollo de la biota acuática. La alcalinidad del agua depende en gran parte de la naturaleza química del sustrato.¹³

2.2.2 Bentónico. En ecología se llama bentos a la comunidad formada por los organismos que habitan el fondo de los ecosistemas acuáticos. El bentos se distingue del plancton y del necton, formados por organismos que habitan en la columna de agua.

2.2.3 BMWP. Índice biológico británico modificado y adaptado a las características geomorfológicas y climáticas de los ríos. Este índice da puntuación a familias de Macroinvertebrados que son utilizados como indicadores, de acuerdo con la correspondiente sensibilidad a la contaminación. La suma de los valores de todas las

¹² MIGDA SULAY SANABRIA, EDUAR ALFONSO AGUILAR. Tesis de grado: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO ALGODONAL MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL TRAMO BATALLÓN SANTANDER HASTA LA VEREDA EL CUERNO MUNICIPIO DE OCAÑA

¹³ZÚÑIGA DE CARDOZO, María del Carmen; Contaminación de Corrientes Acuáticas, Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, Santiago de Cali, 1996.

familias identificadas da un valor final del índice que nos permite clasificar los puntos de agua.

2.2.4 Bioindicadores. Organismos cuya presencia, ausencia o distribución está asociada a un factor o a una combinación de factores ambientales particularmente significativa o relevante. Son importantes para la investigación ecológica y aplicación en el análisis ambiental.

2.2.5 Biota. Se organiza jerárquicamente desde el nivel del genoma hasta los individuos, especies, poblaciones y comunidades. Los dos aspectos que se relacionan con la biodiversidad son la composición de especies, i.e., la identidad taxonómica de las especies presentes, y la riqueza de especies, i.e., el número de especies diferentes presentes

2.2.6 Calidad del agua. La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua.

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos.

A nivel global, el principal problema relacionado con la calidad del agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado de un aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) y afecta sustancialmente a los usos del agua. Las mayores fuentes de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de los incendios forestales. Los lagos y los pantanos son especialmente susceptibles a los impactos negativos de la eutrofización debido a su complejo dinamismo, con un periodo de residencia del agua relativamente largo, y al hecho de que concentran los contaminantes procedentes de las cuencas de drenaje. Las concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua a menudo indican una contaminación procedente de residuos humanos o animales o provenientes de la escorrentía de fertilizantes de las zonas agrícolas.¹⁴

¹⁴Ibíd. 13 P 8

2.2.7 Comunidad. Los grupos de poblaciones de un ecosistema interactúan de varias formas. Estas poblaciones interdependientes de plantas y animales forman una comunidad, que abarca la porción biótica (viviente) del ecosistema ubicado en un área determinada.

2.2.8 Control biológico de la calidad. El control de la calidad biológica de los ríos se realiza estudiando los diferentes organismos o comunidades biológicas que forman parte del ecosistema fluvial. Éstos van a tener unas determinadas preferencias y tolerancias respecto a las condiciones ambientales del medio, de forma que cuando se produce una alteración en el mismo, se origina un cambio en la composición y dominancia de especies. En base a la presencia y / o abundancia de diferentes especies se puede obtener una visión muy certera sobre la calidad de las aguas.

Control, cada una de las cuales corresponde a un nivel diferente de calidad ecológica de las aguas.

2.2.9 Contaminación. El agua no se encuentra, naturalmente, en estado puro y siempre contiene cierto número y cantidad de sustancias que provienen de diversas fuentes la precipitación, su propia acción erosiva, el viento, su contacto con la atmósfera. Y así en las que reciben vertidos artificiales se encuentran sólidos y coloides en suspensión.

2.2.10 Cabecera. La cabecera de un río estará compuesta por plantas absorbentes de agua, que de exprimirselas liberarán una gran cantidad de agua. La forma de una cabecera imita a la de un abanico o una U invertida, estas cuestiones son las que permiten que aunque deje de llover por lapsos, siempre haya agua para liberar y de ese modo el cuerpo del río jamás se secará.

Cuando el río o quebrada no se seca durante un año se lo considerará como de caudal permanente, en cambio, si se interrumpe en verano y se vuelve a activar en invierno se lo llamará de caudal intermitente.

2.2.11 Cuenca. Área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial. Sus límites están formados por las divisorias de aguas que la separan de zonas adyacentes pertenecientes a otras cuencas fluviales. El tamaño y forma de una cuenca viene determinado generalmente por las condiciones geológicas del terreno.

El patrón y densidad de las corrientes y ríos que drenan este territorio no sólo dependen de su estructura geológica, sino también del relieve de la superficie terrestre, el clima, el tipo de suelo, la vegetación y, cada vez en mayor medida, de las repercusiones de la acción humana en el medio ambiente de la cuenca.¹⁵

2.2.12 Diversidad. Biodiversidad o diversidad biológica es, según el Convenio Internacional sobre la Diversidad Biológica, el término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman,

¹⁵Ibib 13 P12

resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también de la influencia creciente de las actividades del ser humano. La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones con el resto del entorno fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta.

2.2.13 Dulceacuícola. Plantas y animales que desarrollan todas sus funciones vitales en el agua dulce.

2.2.14 DBO. Se define como DBO de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias, hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se expresa en mg / l.

Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas o efluentes.

Cuanta mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesitan sus microorganismos para oxidarla.

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O₅.

Según las reglamentaciones, se fijan valores de D.B.O. máximo que pueden tener las aguas residuales, para poder verterlas a los ríos y otros cursos de agua. De acuerdo a estos valores se establece, si es posible arrojarlas directamente o si deben sufrir un tratamiento previo.

2.2.15 Demanda Bioquímica Oxígeno (DQO). Es una forma de estimar el oxígeno requerido para que una población microbial heterogénea en un tiempo dado y a una temperatura dada, oxide la materia orgánica en una muestra de agua. Lo que significa que el ensayo para poder ser desarrollado debe considerar condiciones recomendadas de un laboratorio, debido a que este corresponde a un bioensayo, los resultados pueden variar de un laboratorio a otro de forma considerable.

2.2.16 Dureza Total. Químicamente la dureza del agua es una propiedad causada por la presencia de cationes metálicos polivalentes y se manifiestan por su reacción con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones para formar incrustaciones. La dureza de las aguas naturales se debe principalmente a los iones Ca +2 y Mg +2. Otros cationes polivalentes también pueden estar presentes en pequeñas cantidades usualmente insignificantes.¹⁶

2.2.17 Especie. Una especie se define a menudo como grupo de organismos capaces de entrecruzarse y de producir descendencia fértil. Es un grupo de poblaciones naturales cuyos miembros pueden cruzarse entre sí, pero no pueden hacerlo —o al menos no lo hacen

¹⁶ Ibid 13 P18

habitualmente— con los miembros de poblaciones pertenecientes a otras especies; por tanto, el aislamiento reproductivo respecto de otras poblaciones es crucial. En muchos casos, los individuos que se separan de la población original y quedan aislados del resto pueden alcanzar una diferenciación suficiente como para convertirse en una nueva especie. En definitiva, una especie es un grupo de organismos reproductivamente homogéneo, aunque muy cambiante a lo largo del tiempo y del espacio.

Tal definición es poco precisa si tomamos en cuenta que en la naturaleza hay poblaciones que aparecen también en áreas vecinas.

2.2.18 Ecosistema. Es un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional materializada en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad en sus condiciones biofísicas y antrópicas (ley 165, 1994, IAvH, 2003). Dentro del contexto marino - costero, los paisajes marinos constituyen el espacio no viviente de los ecosistemas en mención. Sin embargo, el ecosistema marino puede entenderse como regiones del océano y del espacio costero que abarcan cuencas hidrográficas y se extienden más allá de la plataforma continental, incluyendo los sistemas marginales de corrientes marinas.

2.2.19 Efluente. Fuente de agua que suministra o inyecta este líquido A los ríos o ciénagas.

2.2.20 Familia. En Biología, la familia es una unidad sistemática y una categoría taxonómica situada entre el orden y el género; o entre la superfamilia y la subfamilia si estuvieran descritas. Al igual que ocurre con otros niveles (categorías) en la taxonomía de los seres vivos, y debido a la enorme dificultad a la hora de clasificar ciertas especies, varias familias pueden agruparse en superfamilias, y los individuos de una familia pueden organizarse en subfamilias (y éstos a su vez en infrafamilias).

2.2.21 Fluvial. El término fluvial se utiliza en la geografía y en ciencias de la Tierra para referirse a los procesos asociados a los ríos y arroyos, y a los depósitos y relieves creados por ellos. Cuando los flujos o ríos están asociados a los glaciares, el término que se utiliza es glaciofluviales o fluvioglaciarios.¹⁷

2.2.22 Género. En Taxonomía, el género es una categoría taxonómica que se ubica entre la familia y la especie; así, un género es un grupo de organismos que a su vez puede dividirse en varias especies (existen algunos géneros que son monoespecíficos, es decir, contienen una sola especie).

2.2.23 Indicador. Se considera como la capacidad de un elemento para informar acerca de las condiciones y/o características del sistema al que pertenece. Igualmente un índice es la jerarquización u ordenación de indicadores bajo la finalidad de cuantificar una o un conjunto de características del sistema en estudio, sin necesidad de abordarlo en su totalidad.

¹⁷ Ibid 13 P 22

2.2.24 Macroinvertebrados. Son los organismos que se han utilizado en mayor proporción, para todo lo relacionado con los niveles de contaminación de aguas ya que se caracterizan por ser sedentarios, lo que permite que estos se vean directamente afectados por cualquier tipo de sustancia que perturbe la integridad de su nicho, "tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que nos permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo", y además, por su tamaño, superior a 0.5 mm de longitud, se tornan como organismos de fácil recolección y manejo.

Se debe tener en cuenta también que los Macroinvertebrados rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, turrículos o compartimientos (Villani, 1999); afectan procesos de manera directa o indirecta. Sin embargo, la contribución de la macrofauna en el ciclo del carbono y nitrógeno no es tan alta debido a los altos tiempos de consumo y generación de sustancias con elevada relación: carbono nitrógeno (Wolters, 2000). Lo que hace de estos organismos, engranes relevantes en la ecología de los sistemas acuícolas.

Las respuestas de las comunidades de estos organismos, a las perturbaciones ambientales, son útiles para determinar y medir el impacto de los diferentes modos de contaminación, residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos de otros usos del suelo sobre los cursos de aguas superficiales.

2.2.25 Nitritos. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Las concentraciones pueden alcanzar varios cientos de miligramos por litro. En algunos países, hasta un 10% de la población puede estar expuesta a niveles de nitratos en agua potable superiores a 50 mg/l.¹⁸

En general, cuando los niveles de nitratos en el agua potable se encuentran por debajo de los 10 mg/l, la fuente principal de toma de nitratos para los seres humanos son los vegetales. Cuando los niveles de nitratos en el agua potable superan los 50 mg/l, el agua potable será la fuente principal del consumo total de nitratos.

2.2.26 Nitratos. La nitrificación es la oxidación de un compuesto de amonio a nitrito, especialmente por la acción de la bacteria nitrificante llamada Nitrosomas. Los nitritos serán entonces oxidados a nitratos por la bacteria Nitrobacter.

El nitrato es menos tóxico que el nitrito y es usado como una fuente de alimento por las plantas vivas. El proceso de convertir amonio a nitrato está esquematizado en el ciclo del nitrógeno. La nitrificación es más rápida a un pH de 7-8 y a temperaturas de 25-30°C. La nitrificación hace que el pH del agua baje.

¹⁸ Ibid 13 P28

2.2.27 Parámetros de calidad. La manera más sencilla de estimar la calidad del agua consiste en la definición de índices de las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación real y en situaciones que se consideren admisibles o deseables y que vienen definidas por ciertos estándares o criterios.¹⁹

2.2.28 PH. La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado PH.

Existen varios métodos diferentes para medir el pH. Uno de estos es usando un trozo de papel indicador del pH. Cuando se introduce el papel en una solución, cambiará de color. Cada color diferente indica un valor de pH diferente. Este método no es muy preciso y no es apropiado para determinar valores de pH exactos. Es por eso que ahora hay tiras de test disponibles, que son capaces de determinar valores más pequeños de pH, tales como 3.5 or 8.5. El método más preciso para determinar el pH es midiendo un cambio de color en un experimento químico de laboratorio. Con este método se pueden determinar valores de pH, tales como 5.07 and 2.03.

2.2.29 Río. (Desde un punto de vista ecológico) es un ecosistema formado por el volumen de agua al que se refiere la RAE (real academia española) pero también por el agua subsuperficial, por el propio cauce, con sus componentes físicos y químicos, por la zona de ribera y por todos los organismos que habitan en estos hábitats y las interacciones entre ellos.

2.2.30 Macroinvertebrados acuáticos. Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua. Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500 µm, entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación.

2.2.31 Sólidos Totales Disueltos. En general son los materiales suspendidos o disueltos en aguas limpias y aguas residuales. Los sólidos pueden afectar negativamente a la calidad del agua o su suministro de varias maneras. Las aguas con abundantes sólidos disueltos suelen ser de inferior potabilidad y pueden inducir una reacción fisiológica desfavorable en el consumidor ocasional.

2.2.32 Saprobio. Organismo que se alimenta de animales o plantas muertos o en proceso de descomposición.

¹⁹ Ibid 13 P36

2.2.33 Temperatura. La temperatura es uno de los factores físicos de mayor importancia para los organismos acuáticos, que son muy sensibles a mínimas variaciones térmicas del ambiente. De otro lado, la temperatura rige una serie de fenómenos importantes que se operan en el seno del agua, como por ejemplo, la solubilidad del oxígeno, elemento indispensable para la vida acuática. La disminución de los niveles disponibles de oxígeno como consecuencia del incremento de la temperatura trae grandes perjuicios, especialmente a los peces que se resienten ante el déficit de este vital componente del ambiente acuático. La contaminación es uno de los factores que causa el aumento de temperatura ocasionando disminuciones en los niveles de oxígeno y por lo tanto reducción de especies acuáticas.²⁰

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Teoría sobre macroinvertebrados acuáticos. El uso de macroinvertebrados para la tipificación de los ríos) o para comprender su funcionalismo con respecto al flujo de energía en la cuenca sobre la que discurre el curso de agua (Cummins, 1979) ha mostrado el gran interés que presentan sus comunidades como indicadoras globales del conjunto de características físico- químicas y biológicas que son propias de un determinado tramo. Cada comunidad de animales que viven sobre las piedras en una zona del río es el resultado de una selección de aquellos organismos capaces de vivir en unas determinadas condiciones en las que debemos incluir variaciones espaciales y temporales.²¹

2.3.2 Teoría de los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas. El uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Un resumen de esta tradición y de los métodos actualmente usados, así como una valoración de sus ventajas e inconvenientes se puede encontrar en Bonada et al. (2006) donde se incluye una visión histórica del tema, y una extensa bibliografía.

Los beneficios del uso de herramientas integradoras y no solo las características fisicoquímicas del agua para la medida de su calidad han sido explicitados también en muchos libros y manuales (Chapman, 1996; Boon y Howell, 1997), y forma parte de la legislación de muchos estados. Particularmente interesante es el proceso abierto en la Unión Europea donde la indicación biológica es el núcleo de todo el sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua de sus 27 países, dando incluso a luz a un nuevo concepto, el “Estado Ecológico”, y ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar los indicadores biológicos de calidad del agua (DOCE, 2000).

Los conflictos entre la explotación y la preservación de los ecosistemas son frecuentes en América del Sur (Parra, 1992) y en algunos casos su efecto sobre los ecosistemas acuáticos

²⁰ Ibid 13 P 44

²¹ TEORIAS SOBRE MACROINVERTEBRADOS [en línea]. Colombia: 2013. Disponible en: <http://www.ub.edu/fem/docs/caps/2009%20MacroIndLatinAmcompag0908.pdf>

es incluso más dramático (Pringle et al., 2000). Existe una abundante literatura sobre el tema en América del Sur, tanto en zonas altoandinas como en tropicales. También existe una buena tradición en la evaluación biológica de los efectos de la contaminación para conocer el efecto de los vertidos de ciudades (Roldan et al., 1973; Molineri y Molina, 1995; Roldán, 1996, Ballesteros et al., 1997; Machado et al., 1997; Zúñiga et al., 1997; Jacobsen, 1998; Roldán, 1999; Monaghan et al., 2000; Posada et al., 2000; Figueroa et al., 2003, Roldán, 2003), de los impactos producidos por sólidos en suspensión (Fossati et al., 2001) o la actividad minera (Pringle et al., 2000). Los efectos de la contaminación han generado una gran cantidad de estudios de impacto ambiental en dichos países, pero muchos de ellos nunca son publicados, por lo que existe una extensa, pero restringida en su difusión, literatura gris que no se refleja en publicaciones científicas y además raramente estos estudios han originado protocolos estandarizados. Este hecho ya fue indicado en Prat et al. (1999) y posteriormente puesto de manifiesto en nuestra revisión sobre el uso de los macroinvertebrados como indicadores de calidad en los ríos altoandinos (Ríos et al., en prep).

El objetivo de este trabajo es dar una visión sintética del uso actual de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua y sus aplicaciones actuales en América del Sur repasando los diversos métodos existentes y centrándonos en los ríos. Dado que este trabajo se enmarca en una guía metodológica, se dará más peso a la descripción de los métodos existentes que a los aspectos más generales que pueden encontrarse en otros trabajos como el ya citado Bonada et al. (2006).²²

2.3.3 Teoría de la sucesión ecológica. Impactos Ambientales. Contaminación del Agua - Ríos y Lagos.

Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visibles los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo regeneradas con más eficacia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados.

Desde hace siglos se conocen problemas de contaminación en lugares como la desembocadura del Nilo o los canales de Venecia, pero ahora este problema se encuentra mucho más extendido.

Redes de vigilancia de calidad de las aguas superficiales. Las redes de control de la calidad de los ríos y lagos, son sistemas de vigilar la calidad de las aguas y el estado ambiental de los ríos. Con ellas se pueden detectar las agresiones que sufren los ecosistemas fluviales y se recoge información de tipo ambiental, científico y económico sobre los recursos hídricos.

La evaluación de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuáles son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua. El problema reside

²² Ibid 21 P8

fundamentalmente en la definición que se haga del concepto "calidad del agua". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella. O, como la define la Directiva Marco de las Aguas, como aquellas condiciones que deben mantenerse en el agua para que ésta posea un ecosistema equilibrado y que cumpla unos determinados Objetivos de Calidad que están fijados en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

Para saber en qué condiciones se encuentra un río se analizan una serie de parámetros de tipo físico, otros de tipo químico y otros biológicos y después comparar estos datos con unos parámetros aceptados internacionalmente que nos indicarán la calidad de ese agua para los distintos usos: para consumo, para la vida de los peces, para baño y actividades recreativas, etc.

Los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se suelen muestrear mensualmente, mientras que el estudio biológico de las riberas y el lecho del río se suele hacer más esporádicamente, por ejemplo, dos veces al año, una en primavera y otra en verano.

2.3.4 Teoría de la calidad del agua de los ecosistemas. Cada vez se hace más necesario y conveniente, utilizar metodologías complementarias a las tradicionalmente empleadas para determinar la calidad de las aguas de los ecosistemas lenticos y loticos naturales, específicamente, las que se fundamentan en el estudio y posterior análisis de las características del componente biótico del ecosistema acuático, en lo referente a la composición, estructura y función de la comunidad en general o de una de sus comunidades en particular. (BMWP) El creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos (Noris & Hawkins 2000). Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo destacan los macroinvertebrados bentónicos (>500 mm), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, Rosenberg & Resh (1993) destacan:

- (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos;
- (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente;
- (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo,
- (d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

Los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Muchos de ellos tienen su origen en los trabajos desarrollados por Kolkwitz & Marsson.

(1909), quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: TrentBioticIndex (TBI), BiologicalMonitoringWorkingParty (BMWP), BelgiumBioticIndex (BBI), TheRiverInvertebratePrediction and ClassificationSystem (RIVPACS) (Rosenberg&Resh 1993). Chutter (1972) desarrolló un índice de calidad de agua para ríos de Sudáfrica, el cual fue levemente modificado por Hilsenhoff (1988) para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF). (Macroinvertebrados bentónicos Chile)

Con la promulgación de la ley 99 de 1993 en Colombia y la puesta en marcha del Sistema Nacional Ambiental, se han desarrollado acciones que conllevan a una mejor utilización de los recursos naturales, especialmente aquellos considerados erróneamente por el hombre como inagotables, como ha sido el caso de los ecosistemas acuáticos. Ante las numerosas evidencias del deterioro y la extinción se está aplicando una legislación que si bien es cierto puede considerarse bien elaborada, tiene normas que no se adecuan plenamente a la realidad del país, en términos de la disponibilidad de recursos tanto humanos como logísticos.

Es el caso, de lo relacionado con la exigencia legal sobre la determinación de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos, la cual se sustenta en la caracterización del cuerpo de agua con base en la implementación de metodologías tradicionales que se fundamentan en parámetros de tipo fisicoquímico, que son costosos y además medidos o evaluados puntualmente en el tiempo y en el espacio. (Zamora, H. 1999)

En Colombia de acuerdo con el estudio nacional del agua (IDEAM, 2000), la medición de parámetros físicos, químicos y bacteriológicos es una actividad rutinaria; sin embargo, no ha sido así el cálculo de índices de calidad, a pesar de las recomendaciones explícitas en la legislación y de los desarrollos de formulaciones propias como las de Viña & Ramírez (1998). Es conveniente utilizar metodologías complementarias a las tradicionales para determinar la calidad de las aguas. En ese sentido, es indispensable poner en práctica los conceptos de bioindicación, evaluación biológica y de índices de calidad en cuanto a aguas se refiere (Fernández et al., 2003). (Rio Quindío)

El índice biológico BMWP consiste en la ordenación de los macroinvertebrados acuáticos a nivel taxonómico de familia, en diez grupos en una escala de mayor a menor tolerancia a las alteraciones y a las condiciones normales del agua, asignando valores entre uno a diez puntos respectivamente. Para Colombia, se han estudiado los macroinvertebrados acuáticos y el Índice BMWP en estudios de Impacto ambiental (Socolen, 1995; Viña, 2000; Posada, et al; 1999). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como Perlidae y Oligoneuriidae reciben un puntaje de 10 (Roldán 1995); en cambio, las más tolerantes a la contaminación, por ejemplo, Tubificidae, reciben una puntuación de 1 (Armitage, ci., 1983).²³

²³KOLKWITZ R & M MARSSON (1909) Okologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2: 126-152.

2.4 MARCO LEGAL

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como el cólera y la diarrea; también es importante que la población tenga acceso a una cantidad mínima de agua potable diariamente. En promedio una persona debe consumir entre 1,5 y 2 litros de líquido al día dependiendo del peso, de lo contrario se pueden presentar algunos problemas de salud. Por esto es importante que el servicio de acueducto no sólo tenga una cobertura universal, sino que sea continuo.

2.4.1 Decreto 1449 de 1977. Ministerio de Agricultura. Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley No. 2811 de 1974.

ARTICULO 2o. En relación con la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas, los propietarios de predios están obligados a:

1. No incorporar en las aguas, cuerpos o sustancias sólidas, líquidas o gaseosas, tales como basuras, desechos, desperdicios, o cualquier sustancia tóxica, o lavar en ellas utensilios, empaques o envases que los contengan o hayan contenido.
2. Observar las normas que establezcan el INDERENA y el ICA para proteger la calidad de los recursos, en materia de aplicación de productos agroquímicos.
3. No provocar la alteración del flujo natural de las aguas o el cambio de sus lechos o cauce como resultado de la construcción o desarrollo de actividades no amparadas por permiso o concesión del INDERENA, o de la violación de las previsiones contenidas en la resolución de concesión o permiso.
4. Aprovechar las aguas con eficiencia y economía en el lugar y para el objeto previsto en la resolución de concesión.
5. No utilizar mayor cantidad de agua que la otorgada en la concesión.
6. Construir y mantener las instalaciones y obras hidráulicas en las condiciones adecuadas de acuerdo con la resolución de otorgamiento.
7. Evitar que las aguas que deriven de una corriente o depósito, se derramen o salgan de las obras que las deban contener.
8. Contribuir proporcionalmente a la conservación de las estructuras hidráulicas, caminos de vigilancia y demás obras e instalaciones comunes.
9. Construir pozos sépticos para coleccionar y tratar las aguas negras producidas en el predio cuando no existan sistemas de alcantarillado al cual puedan conectarse.
10. Conservar en buen estado de limpieza los cauces y depósitos de aguas naturales o artificiales que existan en sus predios, controlar los residuos de fertilizantes, con el fin de mantener el flujo normal de las aguas y evitar el crecimiento excesivo de la flora acuática.

2.4.2 Decreto 2811 de 1974, libro II parte III. Artículo 99: Establece la obligatoriedad de tramitar el respectivo permiso de explotación de material de arrastre.

Art. 77 a 78 Clasificación de aguas. Art. 80 a 85: Dominio de las aguas y cauces. Art. 86 a 89: Derecho a uso del agua. Art.134 a 138: Prevención y control de contaminación. Art. 149: aguas subterráneas. Art.155: Administración de aguas y cauces.

2.4.3 Decreto 1449 de 1977. Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática.

2.4.4 Decreto 1541 de 1978. Aguas continentales: Art. 44 a 53 Características de las concesiones, Art. 54 a 66 Procedimientos para otorgar concesiones de agua superficiales y subterráneas, Art. 87 a 97: Explotación de material de arrastre, Art. 104 a 106: Ocupación de cauces y permiso de ocupación de cauces, Art. 211 a 219: Control de vertimientos, Art. 220 a 224: Vertimiento por uso doméstico y municipal, Art. 225: Vertimiento por uso agrícola, Art. 226 a 230: Vertimiento por uso industrial, Art. 231: Reglamentación de vertimientos.

2.4.5 Decreto 1681 de 1978. Sobre recursos hidrobiológicos.

2.4.6 Ley 09 de 1979. Código sanitario nacional. Art. 51 a 54: Control y prevención de las aguas para consumo humano. Art. 55 aguas superficiales. Art. 69 a 79: potabilización de agua

2.4.7 Decreto 2857 de 1981. Ordenación y protección de cuencas hidrográficas

2.4.8 Decreto 2858 de 1981. Modifica el Decreto 1541 de 1978

2.4.9 Decreto 2105 de 1983. Reglamenta parcialmente la Ley 09 de a 1979 sobre potabilización y suministro de agua para consumo humano.

2.4.10 Decreto 1594 de 1984. Normas de vertimientos de residuos líquidos. Art. 1 a 21 Definiciones. Art. 22-23 Ordenamiento del recurso agua. Art. 29 Usos del agua. Art. 37 a 50 Criterios de calidad de agua Art. 60 a 71 Vertimiento de residuos líquidos. Art. 72 a 97 Normas de vertimientos. Art. 142 Tasas retributivas. Art. 155 procedimiento para toma y análisis de muestras.

2.4.11 Decreto 2314 de 1986. Concesión de aguas.

2.4.12 Decreto 79 de 1986. Conservación y protección del recurso agua.

2.4.13 Decreto 1700 de 1989. Crea Comisión de Agua Potable.

2.4.14 Ley 99 de 1993. Art. 10,11, 24, 29: Prevención y control de contaminación de las aguas. Tasas retributivas.

Documento CONPES 1750 de 1995
Políticas de manejo de las aguas

2.4.15 Decreto 605 de 1996. Reglamenta los procedimientos de potabilización y suministro de agua para consumo humano.

2.4.16 Decreto 901 de 1997. Tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a cuerpos de agua.

Ley 373 de 1997
Uso eficiente y ahorro del agua

2.4.17 Decreto 3102 de 1998. Instalación de equipos de bajo consumo de agua.

2.4.18 Decreto 475 de 1998. Algunas normas técnicas de calidad de agua

3. DISEÑO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACION

Esta investigación es cualitativa analítica, por lo que se busca evaluar la calidad del agua de las cuencas “el gitano” y “la cordillera” mediante el estudio de macroinvertebrados presentes en las cuencas en relación con parámetros fisicoquímicos.

3.2 METODOLOGÍA

La metodología a implementar fue cualitativa analítica ya que consiste en la toma de muestras para establecer la comparación de variables entre grupos o zonas de estudio, mientras alguien sostenía la red otra persona removió el fondo del río para que los macroinvertebrados quedaran atrapados en la red, este procedimiento se realizó durante 2 horas con intervalos de remoción del fondo del río de 15 minutos, en las zonas de difícil acceso se usara la red de dimensiones más pequeñas removiendo de la misma manera el fondo del río. Se establecieron 3 puntos de muestreo en las dos cuencas, cada punto de muestreo será de 10 metros, se tomaron muestra en cada microhabitat presente en la zona de muestreo, las muestras serán tomadas entre los meses de septiembre, octubre y noviembre realizando una submuestra por mes para cada estación. Los macroinvertebrados serán almacenados en frascos de vidrio, rotulados y fijadas en alcohol al 90%, para su posterior separación e identificación con el apoyo de las claves taxonómicas. Se analizaran la estructura de la comunidad de organismos con el cálculo del índice BMWP según los parámetros expuestos por Zamora en su artículo Adaptación del índice BMWP para la evaluación de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se contó con la ayuda del laboratorio de aguas de la universidad francisco de paula Santander Ocaña.

3.3 POBLACION

En el trabajo se tendrán en cuenta los macroinvertebrados encontrados de las cuencas “el gitano” y “la cordillera” en los diferentes tramos de estudio.

3.4 MUESTRA

Para la selección de los puntos de estudio se hará un recorrido por las cuencas “el gitano” y “la cordillera” donde se establecieron 3 puntos de muestreo, cada punto de muestreo será de 10 metros; se tomaran muestra en cada microhabitat presente en la zona de muestreo realizando dos muestreos por mes y una submuestra por mes para cada estación y se analizara la estructura de la comunidad de organismos con el cálculo del índice BMWP.

3.5 INDICADORES Y VARIABLES

VARIABLES	INDICADORES
Calidad del agua	Número de familias indicadoras de calidad Índice de BMWP – clase de contaminación
Análisis fisicoquímico	pH, temperatura, oxígeno disuelto, dureza, nitrito, nitrato, fosfatos.
Fuente: Autoras del proyecto.	

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La toma de muestras de los macroinvertebrados acuáticos, se realizará utilizando una Red de 0.5mm de poro, 1 metro de ancha y 1,5 metros de larga a la cual se le incorporarán un par de bastones en sus extremos para mejorar su implementación, aparte también serán utilizadas redes más pequeñas de 0,5 metros de ancho y 0,3 metros de largo para zonas de difícil acceso en las cuencas; la metodología a implementar será la siguiente, mientras alguien sostiene la red otra persona removerá el fondo del río para que los macroinvertebrados queden atrapados en la red, este procedimiento se realizará durante 2 horas con intervalos de remoción del fondo del río de 15 minutos, en las zonas de difícil acceso se usará la red de dimensiones más pequeñas removiendo de la misma manera el fondo del río, los macroinvertebrados serán almacenados en frascos de vidrio, etiquetados y fijados con alcohol al 90%, para su posterior separación e identificación. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se cuenta con la colaboración del laboratorio de aguas de la Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña.

3.7 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para el estudio de los diferentes parámetros fisicoquímicos se graficará la variación de cada parámetro fisicoquímico en cada uno de los sitios de muestreos con el fin de determinar la calidad del agua en relación con los macroinvertebrados.

Para el análisis biológico se empleará el índice BMWP, el cual determina la calidad del agua según el grado de tolerancia a la contaminación de cada familia encontrada.

El índice BMWP, se emplea asignando valores de tolerancia a la contaminación a las familias encontradas, los cuales van de 0 a 10. El puntaje 0 es asignado a las familias más tolerantes a la contaminación y 10 a las menos tolerantes.

4. RESULTADOS

4.1. RECOLECCIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LAS CUENCAS EL GITANO, LA CORDILLERA DEL MUNICIPIO DE RIO DE ORO

Cuadro 1. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP1	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	2	5
		<i>Brechmoorhoga</i>	2	0
		<i>Tramea</i>	2	0
		<i>Indt. 2</i>	1	0
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Striduliveliacinctipes</i>	10	7
		<i>Limnogonus</i>	2	7
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	11	5
		<i>Buenoa</i>	10	0
ODONATA	Gomphidae	<i>Progomphos</i>	2	9
		<i>Phyllogomphoides</i>	10	0
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	2	7
COLEOPTERA	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>	2	3
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	11	8
		<i>Heleocoris</i>	2	0
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Brachymetro</i>	26	8
ODONATA	Aeshnidae	<i>Indt.1</i>	4	6
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	1	7
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt. 1</i>	1	10
			101	82
	Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado
	II	<i>61-100</i>	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 2. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocoris spinipes</i>	38	8
		<i>Peleocoris</i>	1	0
EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Indt. 1</i>	1	9
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	6	9
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt. 1</i>	11	7
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	6	9
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Eurygerriskahli</i>	2	8
		<i>Indt. 1</i>	18	0
BASOMMATOPHORA	Physidae	<i>Indt.1</i>	2	3
ODONATA	Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	2	6
HEMIPTERA	Pleidae	<i>Indt. 1</i>	6	6
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	5	5
ODONATA	Libellulidae	<i>Macrothemis</i>	1	5
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	3	7
ODONATA	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	7	7
			109	89
Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado	
II	<i>61-100</i>	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 3. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP3	Familia	Especies	No. Individuos	BMW P
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	10	8
		<i>Brachymetraalbiniervius</i>	1	0
DIPTERA	Chironomidae	<i>Indt. 1</i>	1	2
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocorisspinipes</i>	5	8
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	8	7
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	6	5
		<i>Macrothermis</i>	4	0
COLEOPTER A	Dysticidae	<i>Thermonectus</i>	2	3
COLEOPTER A	Gyrinidae	<i>Indt. 1</i>	4	5
COLEOPTER A	Elmidae	<i>Indt. 1</i>	8	6
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt.1</i>	22	7
EPHEMERO PTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	4	7
HEMIPTERA	Pleidae	<i>Paraplea</i>	2	6
			77	64
clase	Rango de calidad		significado	
III	36-60	dudosa	aguas moderadamente contaminadas	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 4. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de muestra.

CP1 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	2	5
		<i>Tramea</i>	4	0
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Striduliveliacinctipes</i>	6	7
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	9	5
		<i>Buenoa</i>	8	0
ODONATA	Gomphidae	<i>Progomphos</i>	2	9
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	3	7
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	11	8
		<i>Heleocoris</i>	3	0
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Brachymetro</i>	32	8
ODONATA	Aeshnidae	<i>Indt.1</i>	4	6
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	5	7
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt. 1</i>	3	10
			92	72
	Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado
	II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 5. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP2 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMW P
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocorisspinipes</i>	29	8
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	4	9
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt. 1</i>	6	7
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	12	9
		<i>Indt. 1</i>	26	0
BASOMMATOPHOR A	Physidae	<i>Indt. 1</i>	5	3
ODONATA	Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	8	6
HEMIPTERA	Pleidae	<i>Indt. 1</i>	9	6
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	2	5
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	1	7
ODONATA	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	2	7
			104	67
Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 6. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP3 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	14	8
		<i>Brachymetraalbinervius</i>	3	0
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocorisspinipes</i>	2	8
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	6	7
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	11	5
		<i>Macrothermis</i>	2	0
COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Indt. 1</i>	7	5
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Indt. 1</i>	14	6
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt.1</i>	31	7
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	2	7
			92	53

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 7. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP1 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	5	5
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Striduliveliacinctipes</i>	14	7
		<i>Limnogonus</i>	7	7
HEMIPTERA	Notonectidae	<i>Notonecta</i>	23	5
ODONATA	Gomphidae	<i>Progomphos</i>	4	9
		<i>Phyllogomphoides</i>	13	0
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	6	7
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	13	8
		<i>Heleocoris</i>	8	0
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Brachymetro</i>	32	8
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt. 1</i>	4	10
			129	66
	Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado
	II	<i>61-100</i>	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 8. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP2 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocorisspinipes</i>	41	8
		<i>Peleocoris</i>	6	0
EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Indt. 1</i>	3	9
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	4	9
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt. 1</i>	13	7
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	3	9
HEMIPTERA	Gerridae			
		<i>Indt. 1</i>	25	0
ODONATA	Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	5	6
HEMIPTERA	Pleidae	<i>Indt. 1</i>	7	6
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	8	7
ODONATA	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	12	7
			127	68
Clase	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 9. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

CP3 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	6	8
		<i>Brachymetraalbinervius</i>	5	0
DIPTERA	Chironomidae	<i>Indt. 1</i>	3	2
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Heleocorisspinipes</i>	7	8
ODONATA	Libellulidae	<i>Indt. 1</i>	11	5
		<i>Macrothermis</i>	3	0
COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Indt. 1</i>	5	5
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Indt. 1</i>	6	6
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt. 1</i>	26	7
HEMIPTERA	Pleidae	<i>Paraplea</i>	3	6
			75	47
Case	<i>Rango de Calidad</i>	Calidad	Significado	
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	

Fuente: Autoras del proyecto.

4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COLECTADOS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO.

Cuadro 10. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GPI	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Indt.1</i>	3	9
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	1	6
HEMIPTERA	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	1	4
HEMIPTERA	Gelastocoridae	<i>Indt.1</i>	2	5
		<i>Nerthra</i>	2	0
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt.1</i>	18	6
DIPTERA	Chironomidae	<i>Indt.1</i>	1	2
		<i>Indt.2</i>	1	0
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	1	8
ODONATA	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	1	9
		<i>Macrothemis</i>	1	0
		<i>Dasythermis</i>	1	0
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt.1</i>	1	10
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt.1</i>	6	7
EPHEMEROPTERA	Leptophyphidae	<i>Indt.1</i>	4	7
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	9	7
COLEOPTERA	Staphylinidae	<i>Indt.1</i>	3	6
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Peleocoris</i>	4	8
			60	94
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 11. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	2	10
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	2	7
COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	1	5
DIPTERA	Psychodidae	<i>Indt. 1</i>	1	2
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	2	9
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Limnogonus</i>	1	7
		<i>Indt. 1</i>	1	0
HEMIPTERA	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	3	4
EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Indt. 1</i>	10	9
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt. 1</i>	5	6
			28	59
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 12. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP3	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Libellulidae	<i>Dythermis</i>	1	5
		<i>Patalaflavescens</i>	1	0
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagouelia</i>	19	7
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	2	8
COLEOPTERA	Dytiscidae	<i>Thermonectus</i>	1	3
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	1	8
DIPTERA	Musciadae	<i>Indt. 1</i>	1	4
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smieridea</i>	3	7
HEMIPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	4	7
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	1	7
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Indt. 1</i>	1	6
COLEOPTERA	Hydrophilidae	<i>Indt. 1</i>	1	3
			36	65
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 13. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP1 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Indt.1</i>	5	9
HEMIPTERA	Gelastocoridae	<i>Indt.1</i>	7	5
		<i>Nerthra</i>	6	0
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt.1</i>	18	6
DIPTERA	Chironomidae	<i>Indt.1</i>	3	2
		<i>Indt.2</i>	2	0
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	4	8
ODONATA	Libellulidae			
		<i>Dasythermis</i>	3	0
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt.1</i>	7	10
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt.1</i>	9	7
EPHEMEROPTERA	Leptophyphidae	<i>Indt.1</i>	11	7
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	7	7
COLEOPTERA	Staphylinidae	<i>Indt.1</i>	4	6
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Peleocoris</i>	9	8
			95	75
	Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado
	II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 14. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP2 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	5	7
DIPTERA	Psychodidae	<i>Indt. 1</i>	7	2
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	4	9
HEMIPTERA	Veliidae			
		<i>Indt. 1</i>	8	0
HEMIPTERA	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	8	4
EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Indt. 1</i>	18	9
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt. 1</i>	2	6
			52	37
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 15 Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP3 submuestra	Familia	Especies	No. Individuos	BMW P
ODONATA	Libellulidae	<i>Dythermis</i>	3	5
		<i>Patalaflavescens</i>	2	0
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagouelia</i>	24	7
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	2	8
COLEOPTERA	Dytiscidae	<i>Thermonectus</i>	2	3
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	2	8
DIPTERA	Musciadae	<i>Indt. 1</i>	1	4
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smieridea</i>	3	7
HEMIPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	4	7
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	3	7
COLEOPTERA	Elmidae	<i>Indt. 1</i>	1	6
COLEOPTERA	Hydrophilidae	<i>Indt. 1</i>	2	3
			49	65
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 16. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP1 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
HEMIPTERA	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	3	4
HEMIPTERA	Gelastocoridae	<i>Indt. 1</i>	4	5
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt. 1</i>	19	6
DIPTERA	Chironomidae	<i>Indt. 1</i>	3	2
HEMIPTERA	Gerridae	<i>Trepobatestrepidus</i>	2	8
ODONATA	Libellulidae	<i>Brechmorhoga</i>	5	9
COLEOPTERA	Psephenidae	<i>Indt. 1</i>	3	10
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Indt. 1</i>	9	7
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	<i>Indt. 1</i>	5	7
EPHEMEROPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	12	7
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Peleocoris</i>	7	8
			73	73
	Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado
	II	61-100	Aceptable	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 17 Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo..

GP2 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneturia</i>	4	10
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	1	7
COLEOPTERA	Gyrinidae	<i>Andogyrus</i>	3	5
DIPTERA	Psychodidae	<i>Indt. 1</i>	5	2
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	3	9
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Limnogonus</i>	3	7
		<i>Indt. 1</i>	4	0
EPHEMEROPTERA	Oligoneuriidae	<i>Indt. 1</i>	15	9
EPHEMEROPTERA	Caenidae	<i>Indt. 1</i>	7	6
			45	55
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 18. Identificación de los grupos taxonómicos por orden y familia, en la estación de Muestreo.

GP3 submuestra 2	Familia	Especies	No. Individuos	BMWP
ODONATA	Libellulidae	<i>Dythermis</i>	2	5
		<i>Patalaflavescens</i>	4	0
HEMIPTERA	Veliidae	<i>Rhagouelia</i>	16	7
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	1	8
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Smieridea</i>	4	7
HEMIPTERA	Baetidae	<i>Baetis</i>	2	7
ODONATA	Calopterygidae	<i>Hotaenna</i>	5	7
COLEOPTERA	Hydrophilidae	<i>Indt. 1</i>	1	3
			35	44
Clase	Rango de Calidad	Calidad	Significado	
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	

Fuente: Autoras del proyecto.

4.3 ANÁLISIS Y RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS EXISTENTES EN LAS MUESTRAS DE AGUA RECOLECTADAS EN LOS DIFERENTES TRAMOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO CON LA CALIDAD DE AGUA EVALUADA

Cuadro 19. Análisis fisicoquímicos septiembre -- 02 -- 2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	53	63	74
NITRATO NO ₃ mg/l	9,7	7,9	7,8
NITRITO NO ₂ mg/l	0,03	0,03	0,02
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0.30	0.30	0,27
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	9,1	9,4	9.0
PH	6,57	7,16	6,92

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 20. Análisis fisicoquímicos septiembre --17 -- 2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	58	61	77
NITRATO NO ₃ mg/l	8,8	8,4	8,2
NITRITO NO ₂ mg/l	0,02	0,03	0,02
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0,25	0,27	0,24
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	8,7	8,3	8,5
PH	6,61	7,07	6,99

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 21. Análisis fisicoquímicos octubre -- 02--2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	124,6	89	124,6
NITRATO NO ₃ mg/l	10	15	10
NITRITO NO ₂ mg/l	0,025	0,025	0,01
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0.2	0.25	0,5
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	8	8	9
PH	7	7	7,2

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 22. Análisis fisicoquímicos octubre -- 17-- 2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	55	62	75
NITRATOS NO3 mg/l	9,25	8,15	8
NITRITOS NO2mg/l	0,025	0,03	0,02
FOSFATOS PO4 mg/l	0,27	0,28	0,25
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,9	8,8	8,7
PH	6,59	7,11	6,92

Fuente: Autoras del proyecto.

Cuadro 23. Análisis fisicoquímicos noviembre -- 1 -- 2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	56	61	76
NITRATOS NO3 mg/l	9,02	8,2	8,1
NITRITOS NO2mg/l	0,022	0,03	0,02
FOSFATOS PO4 mg/l	0,26	0,27	0,24
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,8	8,5	8,6
PH	6,6	7,09	6,9

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 24. Análisis fisicoquímicos noviembre -- 15--2013

PARAMETRO	CP1	CP2	CP3
DUREZA TOTAL mg/l	55	6,1	75
NITRATOS NO3 mg/l	9,13	8,1	8
NITRITOS NO2mg/l	0,023	0,03	0,02
FOSFATOS PO4 mg/l	0,26	0,27	0,24
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,8	8,6	8,6
PH	6,5	7,1	6,91

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 25. Análisis fisicoquímicos general.

PARAMETROS	CP1 , CP2 , CP3
DUREZA TOTAL mg/l	64,3
NITRATO NO3 mg/l	8,98
NITRITO NO2 mg/l	0,09
FOSFATO PO4 mg/l	0,27
OXIGENO DISUELTO O2 mg/l	8,6
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	6,8
TEMPERATURA °C	17,2

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 26. Análisis fisicoquímicos septiembre -- 02 -- 2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	75	77	75
NITRATO NO ₃ mg/l	15,8	15,0	14,5
NITRITO NO ₂ mg/l	0,05	0,07	0,07
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0,30	0,28	0,31
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	8,7	8,5	8,8
PH	8,13	8,14	7,95

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 27. Análisis septiembre --17 --2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	77	76	75
NITRATO NO ₃ mg/l	16,7	8,8	10,1
NITRITO NO ₂ mg/l	0,04	0,07	0,07
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0,26	0,35	0,31
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	7,9	8,2	8,1
PH	8,24	8,19	8,00

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 28. Análisis octubre -- 02--2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	89	123	124,6
NITRATO NO ₃ mg/l	10	10	15
NITRITO NO ₂ mg/l	0,02	0,01	0,01
FOSFATOS PO ₄ ³⁻ mg/l	0,25	0,2	0,25
OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l	8	8	9
PH	7,5	7	7,2

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 29. Análisis octubre -- 17--2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	76	76,5	75
NITRATOS NO3 mg/l	16,25	11,9	12,3
NITRITOS NO2mg/l	0,04	0,07	0,07
FOSFATOS PO4 mg/l	0,14	0,31	0,31
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,3	8,35	8,45
PH	8,18	8,16	7,97

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 30 Análisis fisicoquímicos noviembre -- 1 -- 2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	76,5	76,25	75
NITRATOS NO3 mg/l	16,47	10,35	11,2
NITRITOS NO2mg/l	0,04	0,07	0,07
FOSFATOS PO4 mg/l	0,2	0,33	0,31
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,1	8,27	8,27
PH	8,21	8,17	7,98

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 31. Análisis fisicoquímicos noviembre 15--2013

PARAMETRO	GP1	GP2	GP3
DUREZA TOTAL mg/l	76,25	76,37	75
NITRATOS NO3 mg/l	16,36	11,12	11,75
NITRITOS NO2mg/l	0,04	0,07	0,07
FOSFATOS PO4 mg/l	0,17	0,32	0,31
OXIGENO DISUELTO O2 mg/	8,2	8,31	8,36
PH	8,19	8,16	7,97

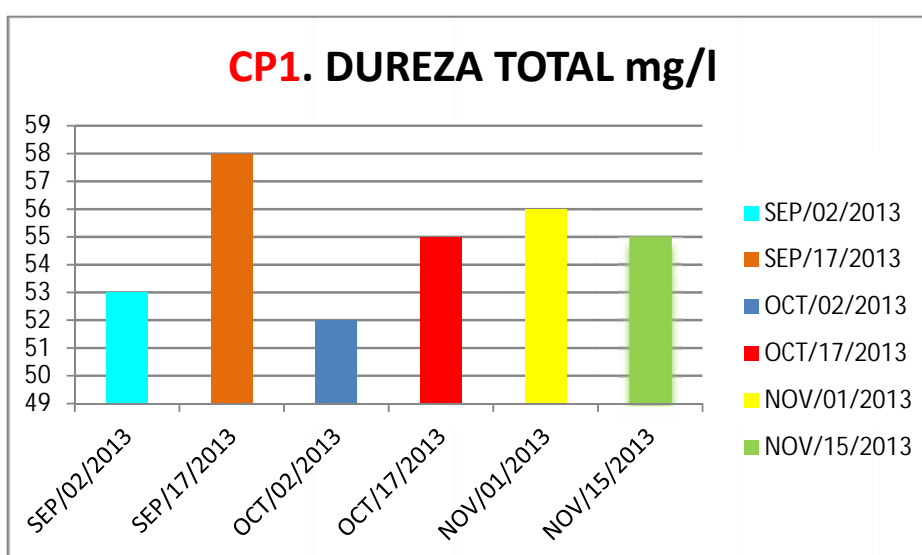
PARAMETROS	GP1 , GP2 , GP3
DUREZA TOTAL mg/l	80
NITRATO NO3 mg/l	12,9
NITRITO NO2 mg/l	0,15
FOSFATO PO4 mg/l	0,27
OXIGENO DISUELTO O2 mg/l	81
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	79
TEMPERATURA °C	19

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 32. Análisis fisicoquímico dureza en el cp1

CP1	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	53
	SEP/17/2013	58
	OCT/02/2013	52
	OCT/17/2013	55
	NOV/01/2013	56
	NOV/15/2013	55

Fuente: Autoras del proyecto

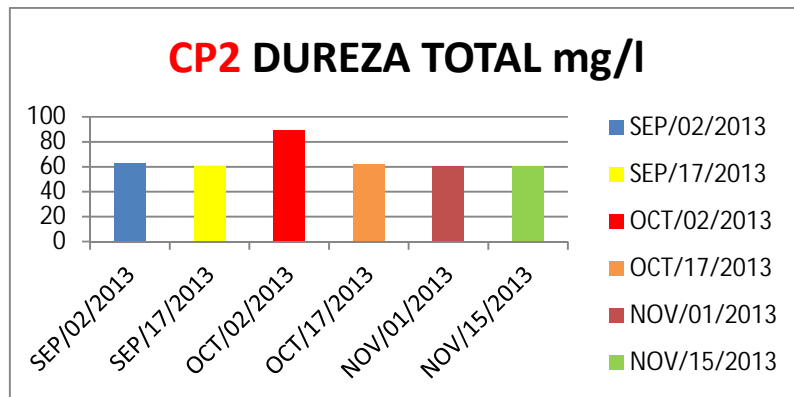


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 33. Análisis fisicoquímico dureza en el cp2

CP2	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	63
	SEP/17/2013	61
	OCT/02/2013	89
	OCT/17/2013	62
	NOV/01/2013	61
	NOV/15/2013	61

Fuente: Autoras del proyecto

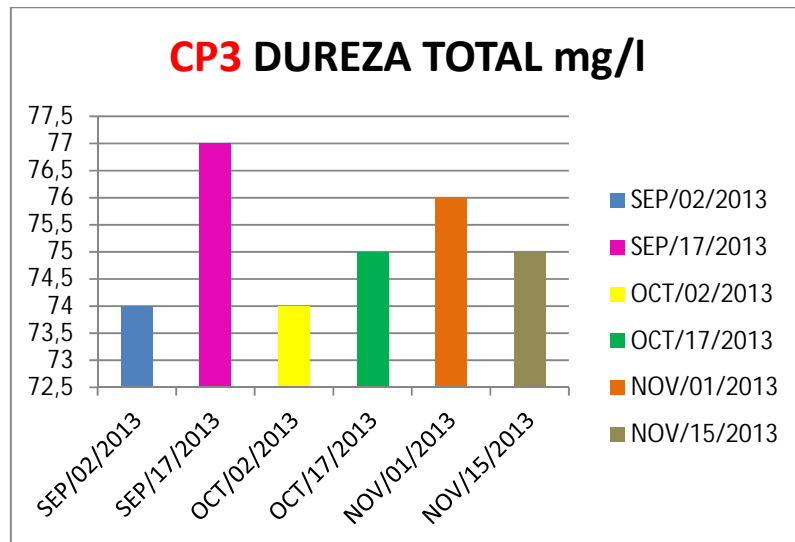


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 34. Análisis fisicoquímico dureza en el cp3

CP3	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	74
	SEP/17/2013	77
	OCT/02/2013	74
	OCT/17/2013	75
	NOV/01/2013	76
	NOV/15/2013	75

Fuente: Autoras del proyecto

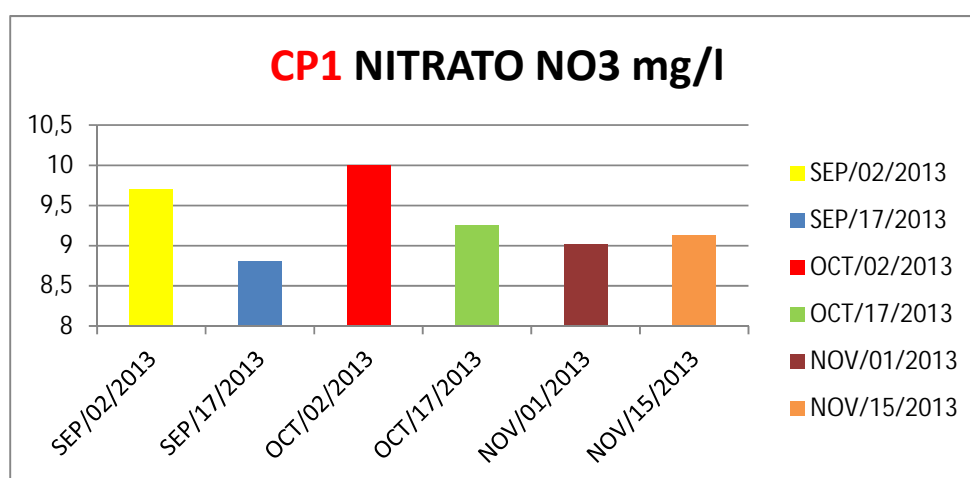


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 35. Análisis fisicoquímico de nitratos cp1

CP1	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	9,7
	SEP/17/2013	8,8
	OCT/02/2013	10
	OCT/17/2013	9,25
	NOV/01/2013	9,02
	NOV/15/2013	9,13

Fuente: Autoras del proyecto

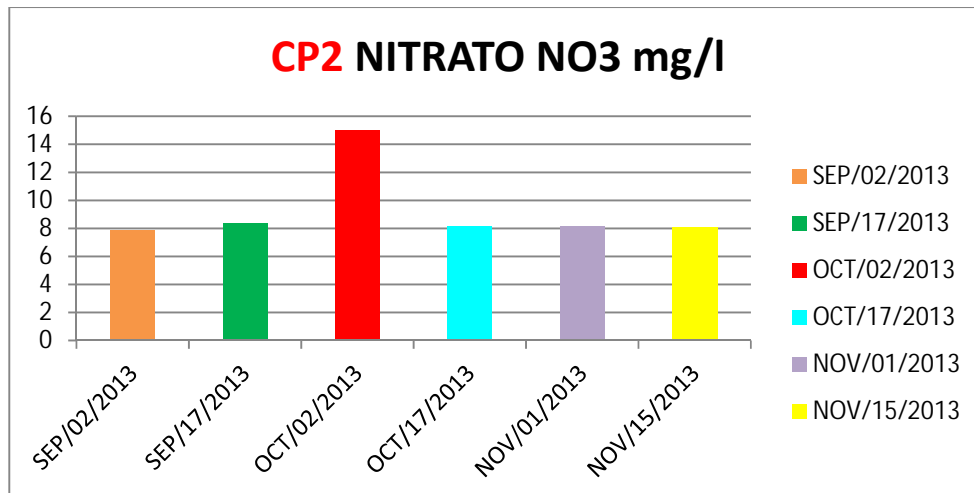


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 36. Análisis fisicoquímico de nitratos cp2

CP2	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	7,9
	SEP/17/2013	8,4
	OCT/02/2013	15
	OCT/17/2013	8,15
	NOV/01/2013	8,2
	NOV/15/2013	8,1

Fuente: Autoras del proyecto

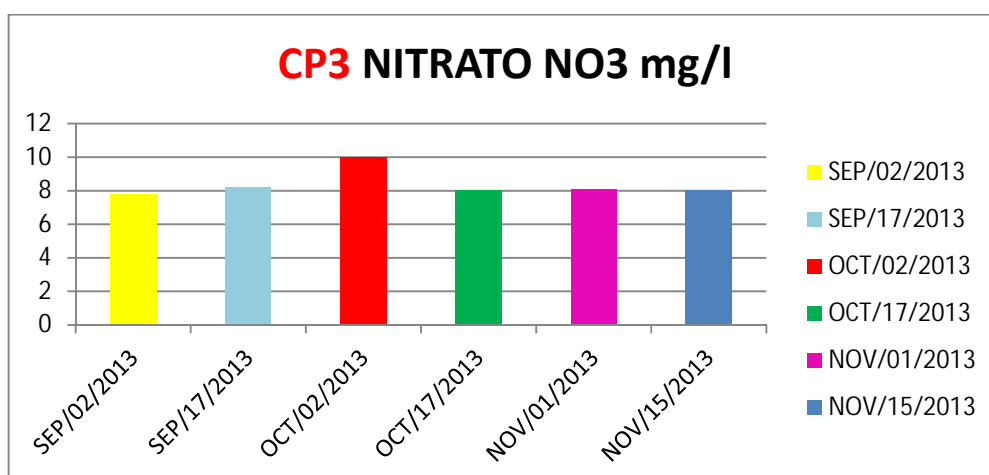


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 37. Análisis fisicoquímico de nitratos cp3

CP3	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	7,8
	SEP/17/2013	8,2
	OCT/02/2013	10
	OCT/17/2013	8
	NOV/01/2013	8,1
	NOV/15/2013	8

Fuente: Autoras del proyecto

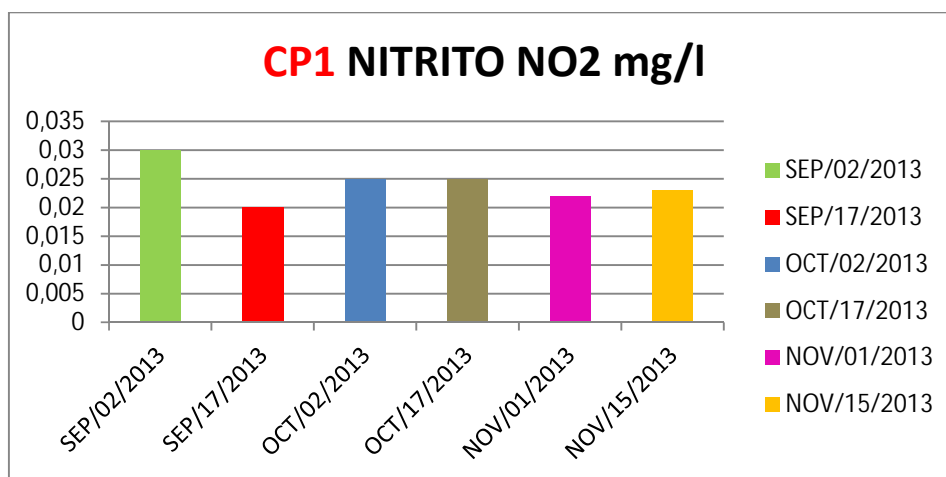


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 38. Análisis fisicoquímico de nitrito cp1

CP1	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,03
	SEP/17/2013	0,02
	OCT/02/2013	0,025
	OCT/17/2013	0,025
	NOV/01/2013	0,022
	NOV/15/2013	0,023

Fuente: Autoras del proyecto

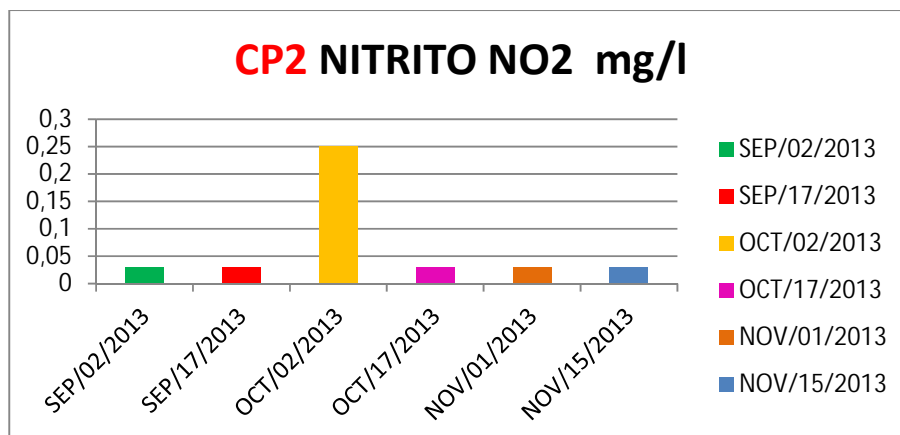


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 39. Análisis fisicoquímico de nitrito cp2

CP2	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,03
	SEP/17/2013	0,03
	OCT/02/2013	0,25
	OCT/17/2013	0,03
	NOV/01/2013	0,03
	NOV/15/2013	0,03

Fuente: Autoras del proyecto

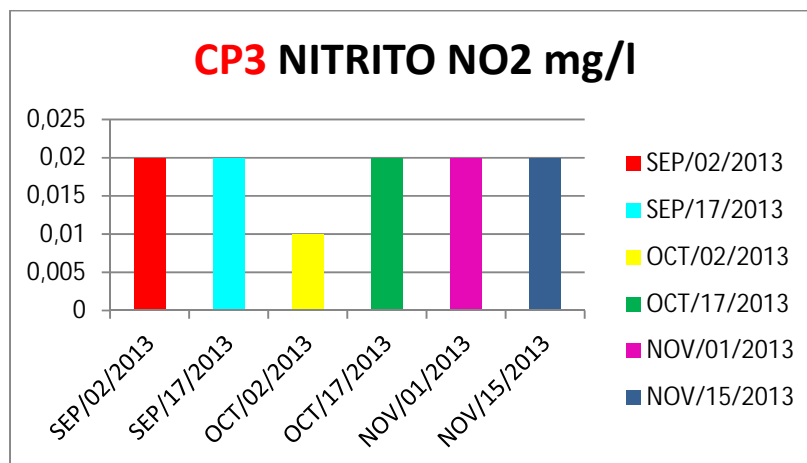


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 40. Análisis fisicoquímico de nitrito cp3

CP3	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,02
	SEP/17/2013	0,02
	OCT/02/2013	0,01
	OCT/17/2013	0,02
	NOV/01/2013	0,02
	NOV/15/2013	0,02

Fuente: Autoras del proyecto

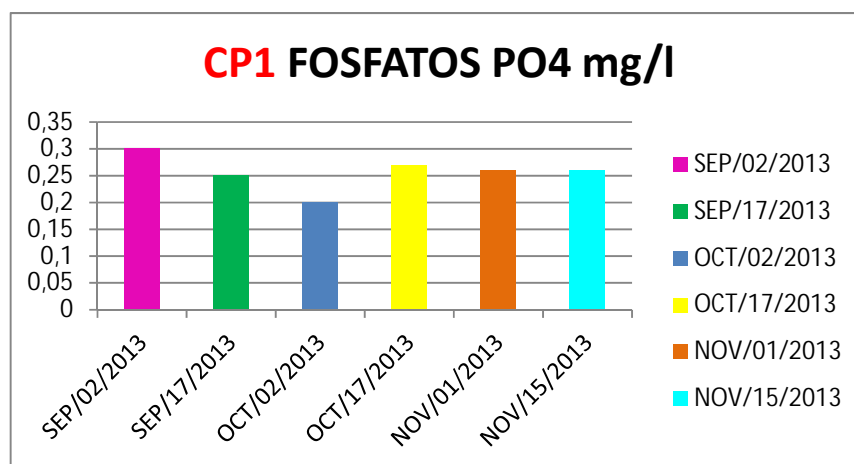


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 41. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp1

CP1	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,3
	SEP/17/2013	0,25
	OCT/02/2013	0,2
	OCT/17/2013	0,27
	NOV/01/2013	0,26
	NOV/15/2013	0,26

Fuente: Autoras del proyecto

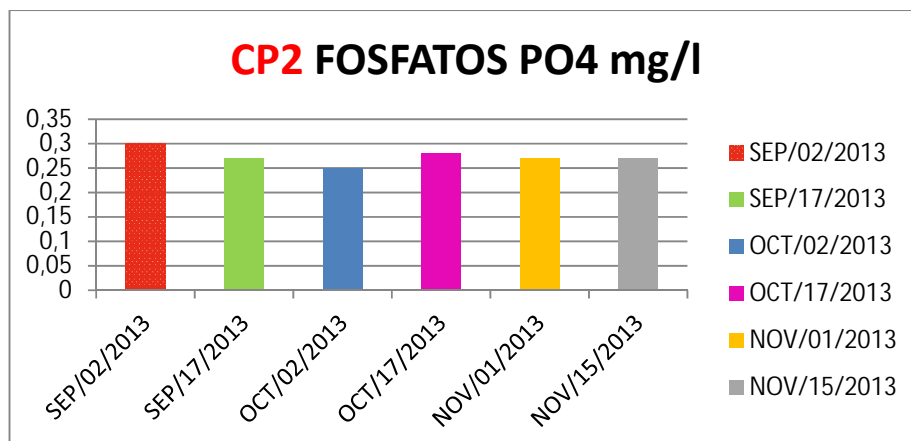


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 42. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp2

CP2	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,3
	SEP/17/2013	0,27
	OCT/02/2013	0,25
	OCT/17/2013	0,28
	NOV/01/2013	0,27
	NOV/15/2013	0,27

Fuente: Autoras del proyecto

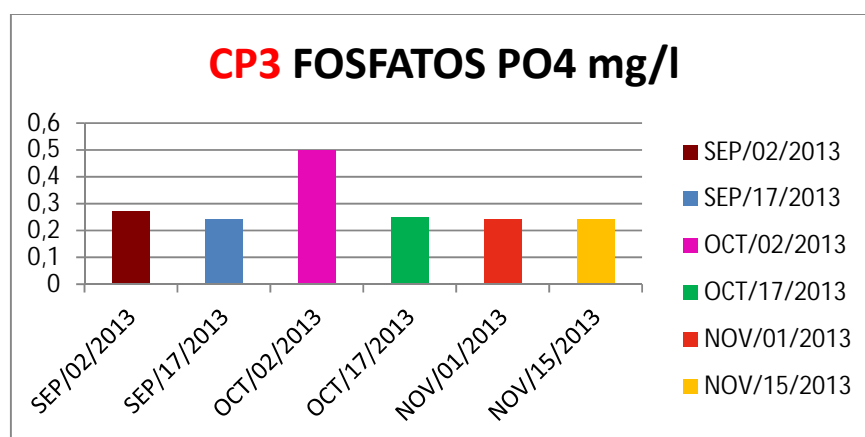


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 43. Análisis fisicoquímico de fosfatos cp3

CP3	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,27
	SEP/17/2013	0,24
	OCT/02/2013	0,5
	OCT/17/2013	0,25
	NOV/01/2013	0,24
	NOV/15/2013	0,24

Fuente: Autoras del proyecto

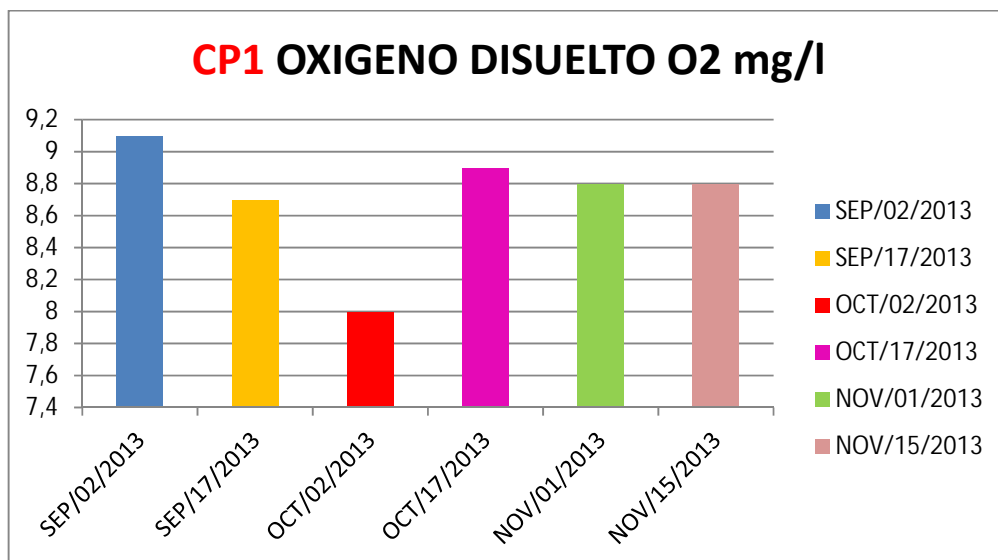


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 44. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp1

CP1	FECHA	OXIGENO DISUELTO O2 mg/l
	SEP/02/2013	9,1
	SEP/17/2013	8,7
	OCT/02/2013	8
	OCT/17/2013	8,9
	NOV/01/2013	8,8
	NOV/15/2013	8,8

Fuente: Autoras del proyecto

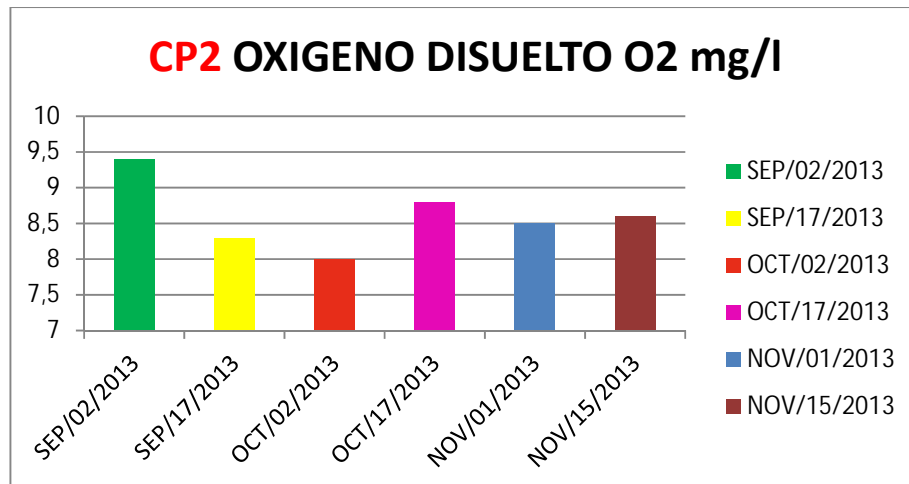


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 45. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp2

CP2	FECHA	OXIGENO DISUELTO O2 mg/l
	SEP/02/2013	9,4
	SEP/17/2013	8,3
	OCT/02/2013	8
	OCT/17/2013	8,8
	NOV/01/2013	8,5
	NOV/15/2013	8,6

Fuente: Autoras del proyecto

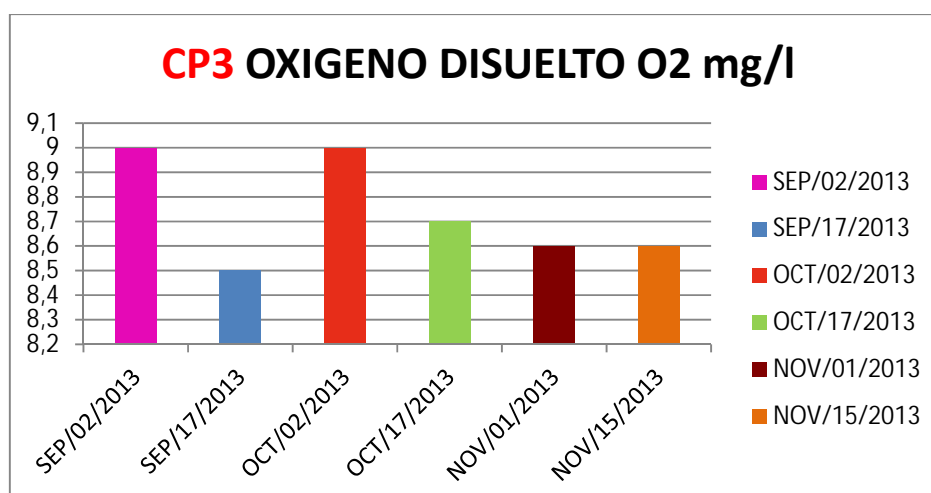


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 46. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto cp3

CP3	FECHA	OXIGENO DISUELTO O ₂ mg/l
	SEP/02/2013	9
	SEP/17/2013	8,5
	OCT/02/2013	9
	OCT/17/2013	8,7
	NOV/01/2013	8,6
	NOV/15/2013	8,6

Fuente: Autoras del proyecto

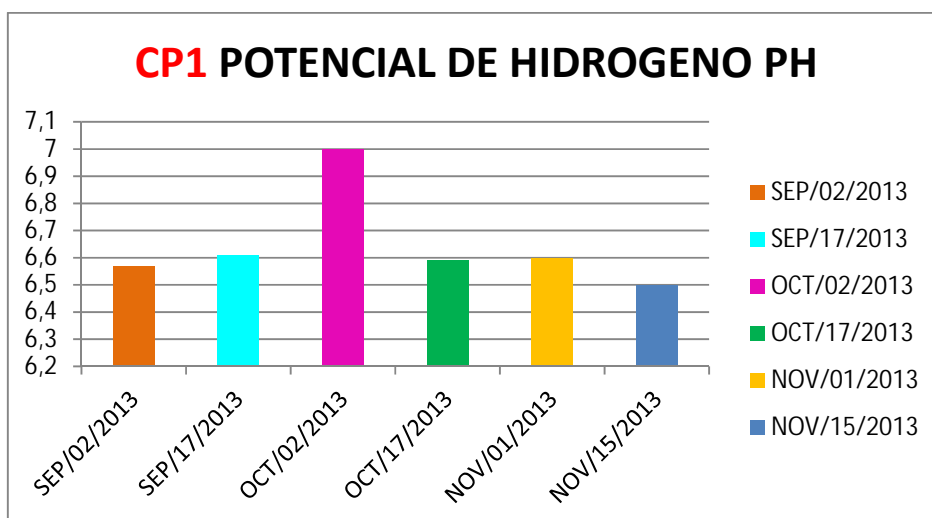


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 47. Análisis fisicoquímico de ph cp1

CP1	FECHA	PH
	SEP/02/2013	6,57
	SEP/17/2013	6,61
	OCT/02/2013	7
	OCT/17/2013	6,59
	NOV/01/2013	6,6
	NOV/15/2013	6,5

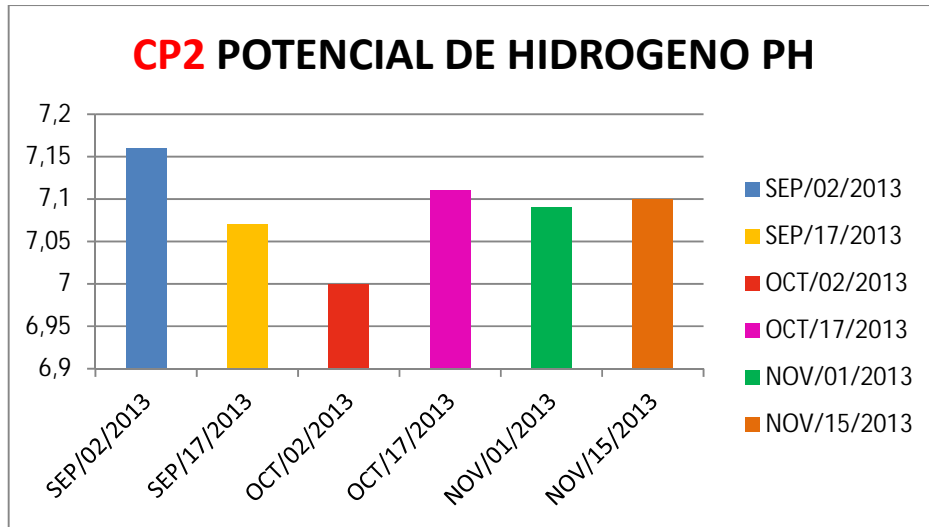
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 48. Análisis fisicoquímico de ph cp2

CP2	FECHA	POTENCIAL DE HIDROGENO PH
	SEP/02/2013	7,16
	SEP/17/2013	7,07
	OCT/02/2013	7
	OCT/17/2013	7,11
	NOV/01/2013	7,09
	NOV/15/2013	7,1

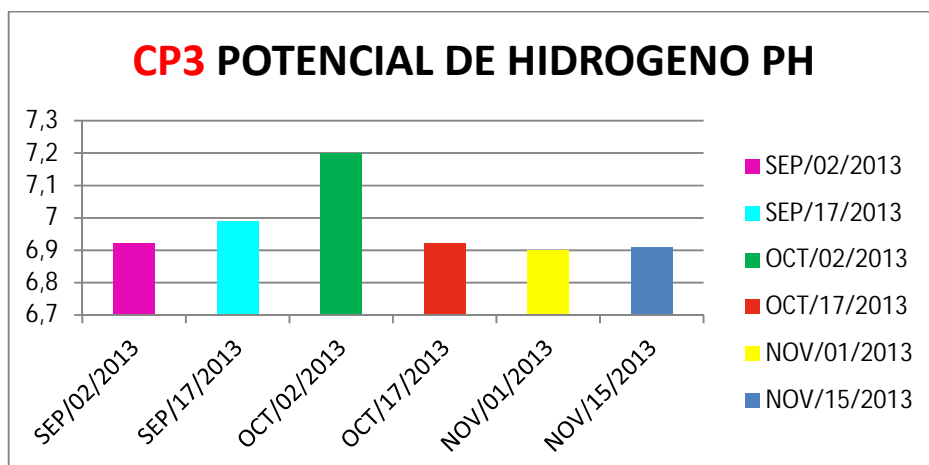
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 49. Análisis fisicoquímico de ph cp3

CP3	FECHA	POTENCIAL DE HIDROGENO PH
	SEP/02/2013	6,92
	SEP/17/2013	6,99
	OCT/02/2013	7,2
	OCT/17/2013	6,92
	NOV/01/2013	6,9
	NOV/15/2013	6,91

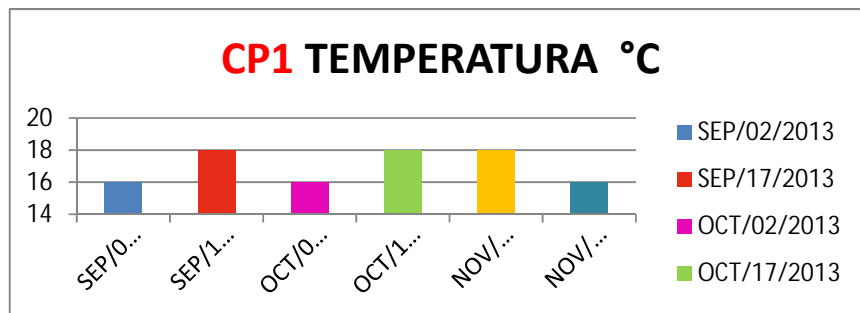
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 50. Análisis fisicoquímico de temperatura cp1

CP1	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	16
	SEP/17/2013	18
	OCT/02/2013	16
	OCT/17/2013	18
	NOV/01/2013	18
	NOV/15/2013	16

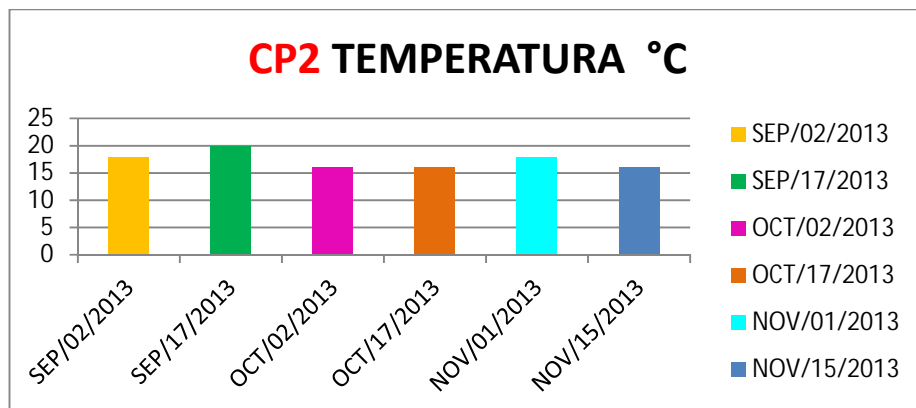
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 51. Análisis fisicoquímico de temperatura cp2

CP2	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	18
	SEP/17/2013	20
	OCT/02/2013	16
	OCT/17/2013	16
	NOV/01/2013	18
	NOV/15/2013	16

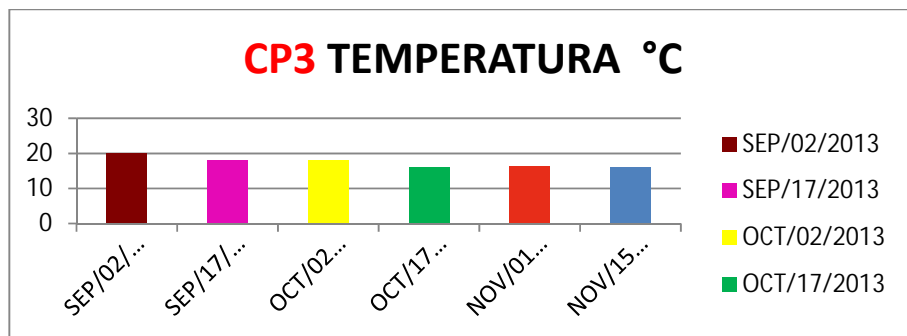
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 52. Análisis fisicoquímico de temperatura cp3

CP3	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	20
	SEP/17/2013	18
	OCT/02/2013	18
	OCT/17/2013	16
	NOV/01/2013	16,4
	NOV/15/2013	16

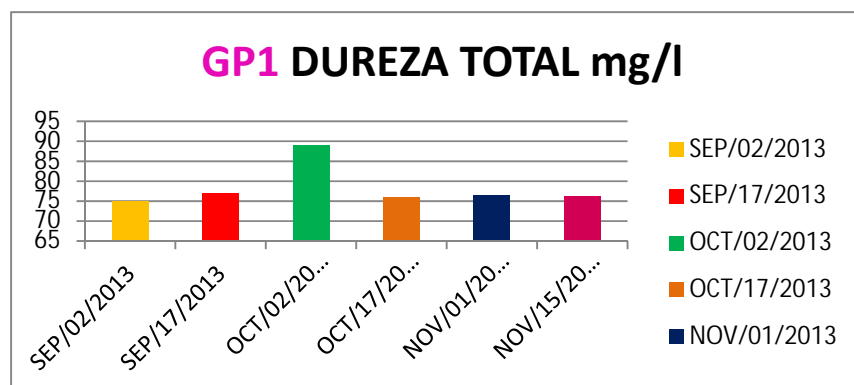
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 53. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp1

GP1	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	75
	SEP/17/2013	77
	OCT/02/2013	89
	OCT/17/2013	76
	NOV/01/2013	76,5
	NOV/15/2013	76,2

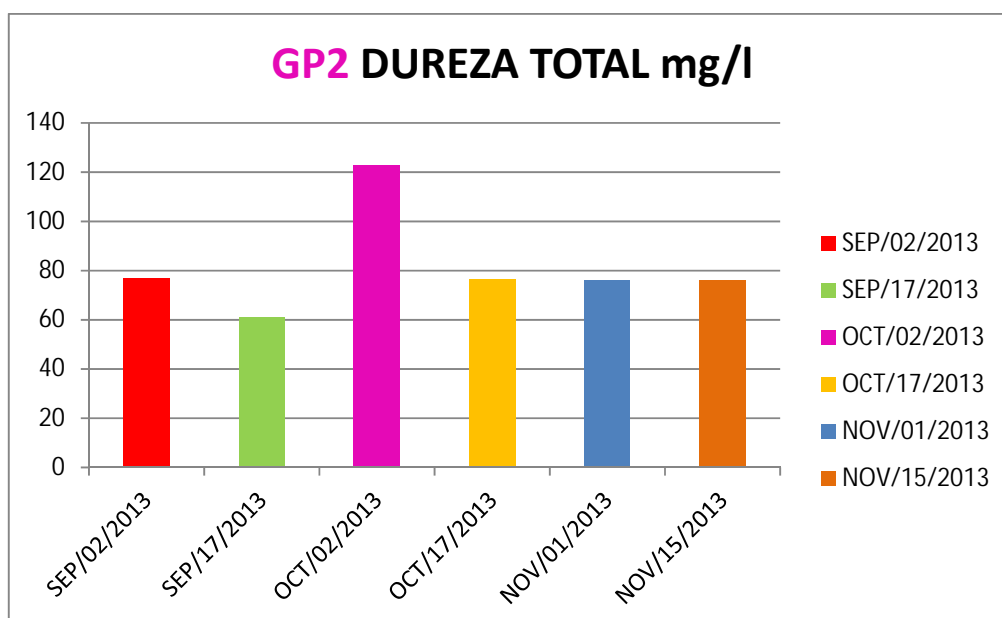
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 54. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp2

GP2	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	77
	SEP/17/2013	61
	OCT/02/2013	123
	OCT/17/2013	76,5
	NOV/01/2013	76,2
	NOV/15/2013	76,3

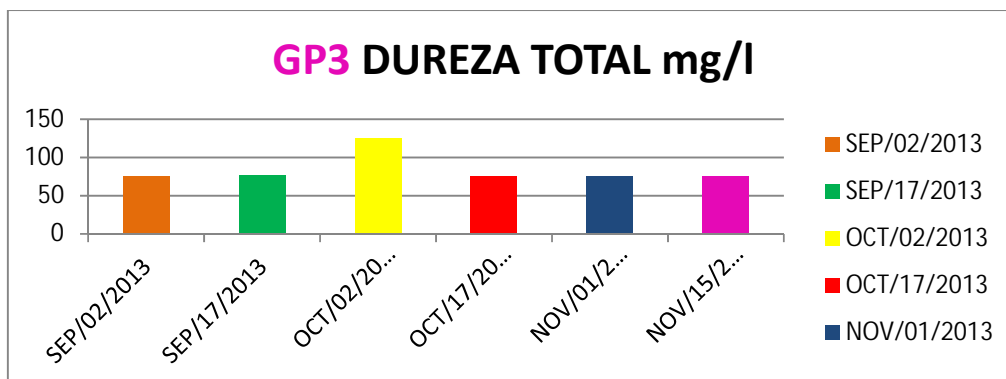
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 55. Análisis fisicoquímico de temperaturaGp2

GP3	FECHA	DUREZA TOTAL mg/l
	SEP/02/2013	75
	SEP/17/2013	77
	OCT/02/2013	124,6
	OCT/17/2013	75
	NOV/01/2013	75
	NOV/15/2013	75

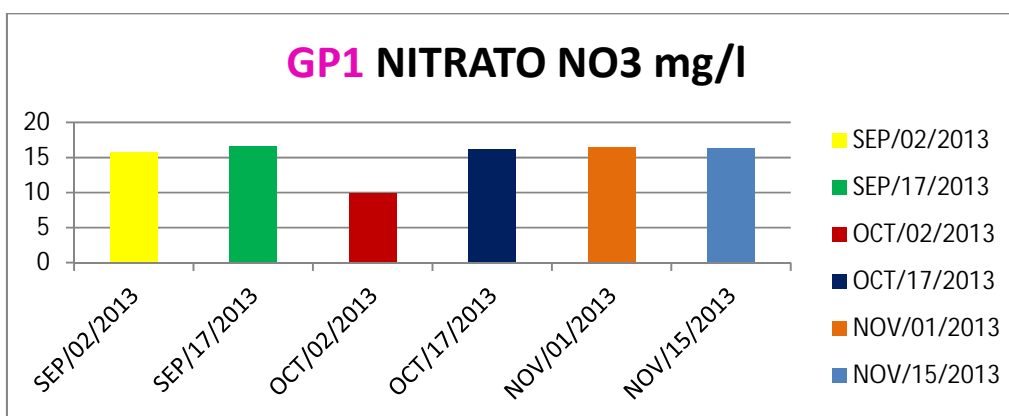
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 56. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp1

GP1	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	15,8
	SEP/17/2013	16,7
	OCT/02/2013	10
	OCT/17/2013	16,25
	NOV/01/2013	16,47
	NOV/15/2013	16,36

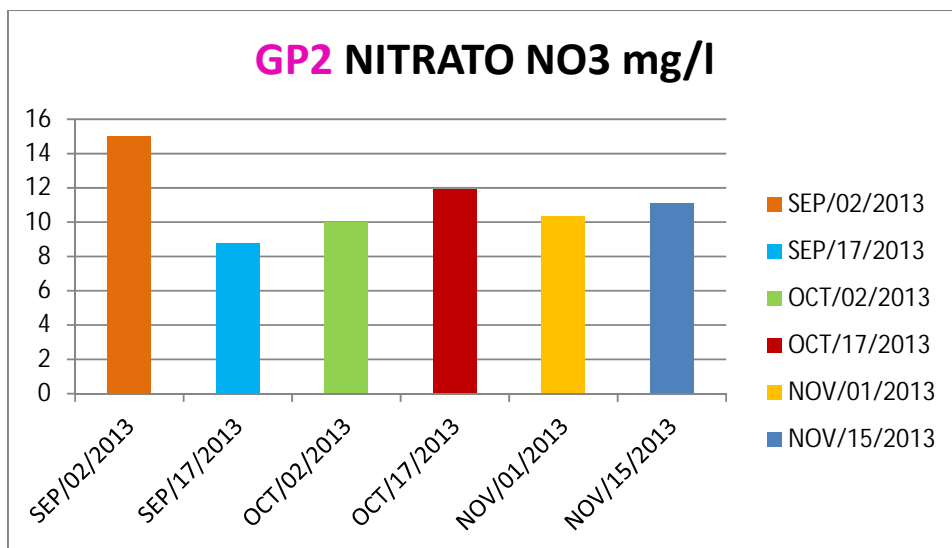
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 57. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp2

GP2	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	15
	SEP/17/2013	8,8
	OCT/02/2013	10
	OCT/17/2013	11,9
	NOV/01/2013	10,35
	NOV/15/2013	11,12

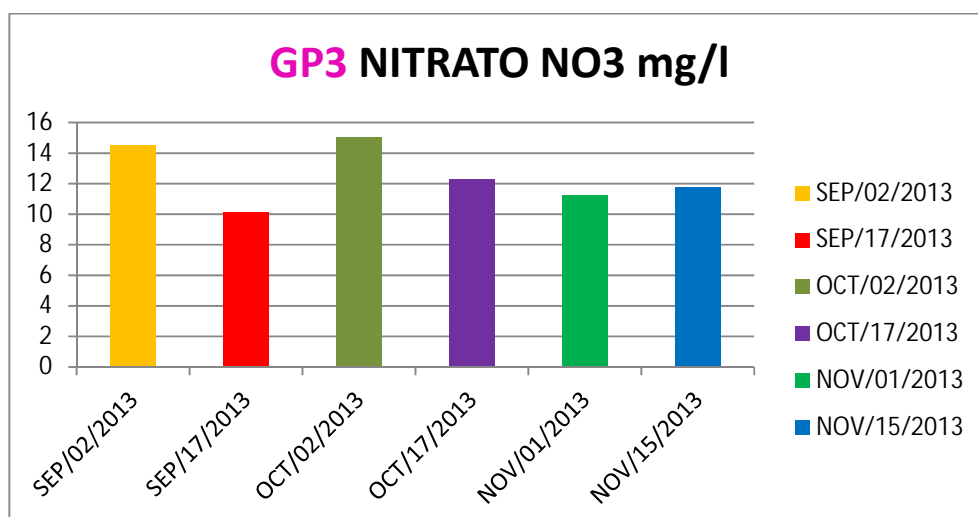
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 58. Análisis fisicoquímico de nitrato Gp3

GP3	FECHA	NITRATO NO3 mg/l
	SEP/02/2013	14,5
	SEP/17/2013	10,1
	OCT/02/2013	15
	OCT/17/2013	12,3
	NOV/01/2013	11,2
	NOV/15/2013	11,75

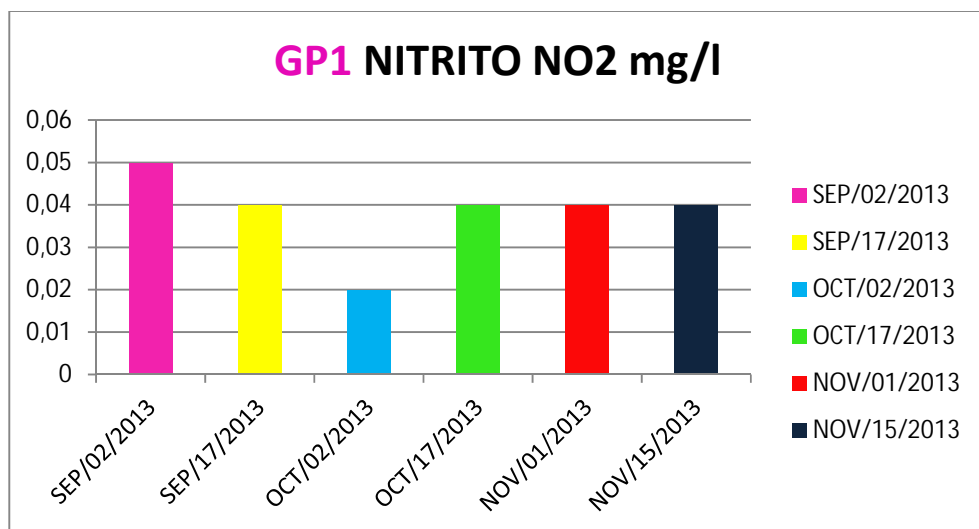
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 59. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp1

GP1	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,05
	SEP/17/2013	0,04
	OCT/02/2013	0,02
	OCT/17/2013	0,04
	NOV/01/2013	0,04
	NOV/15/2013	0,04

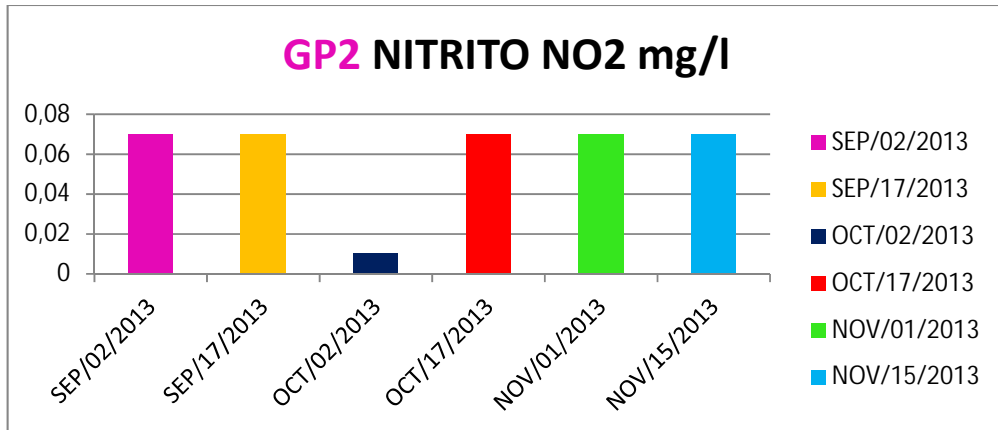
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 60. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp2

GP2	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,07
	SEP/17/2013	0,07
	OCT/02/2013	0,01
	OCT/17/2013	0,07
	NOV/01/2013	0,07
	NOV/15/2013	0,07

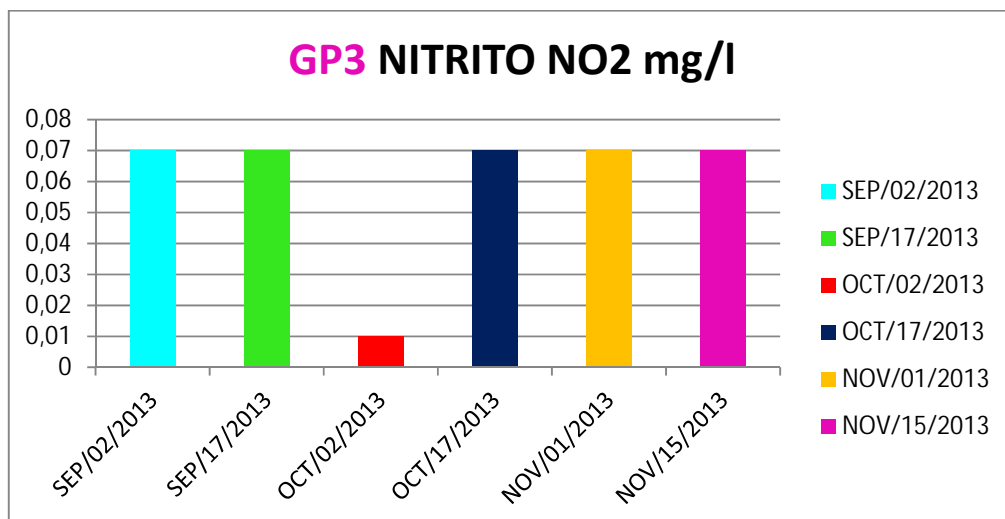
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 61. Análisis fisicoquímico de nitrito Gp3

GP3	FECHA	NITRITO NO2 mg/l
	SEP/02/2013	0,07
	SEP/17/2013	0,07
	OCT/02/2013	0,01
	OCT/17/2013	0,07
	NOV/01/2013	0,07
	NOV/15/2013	0,07

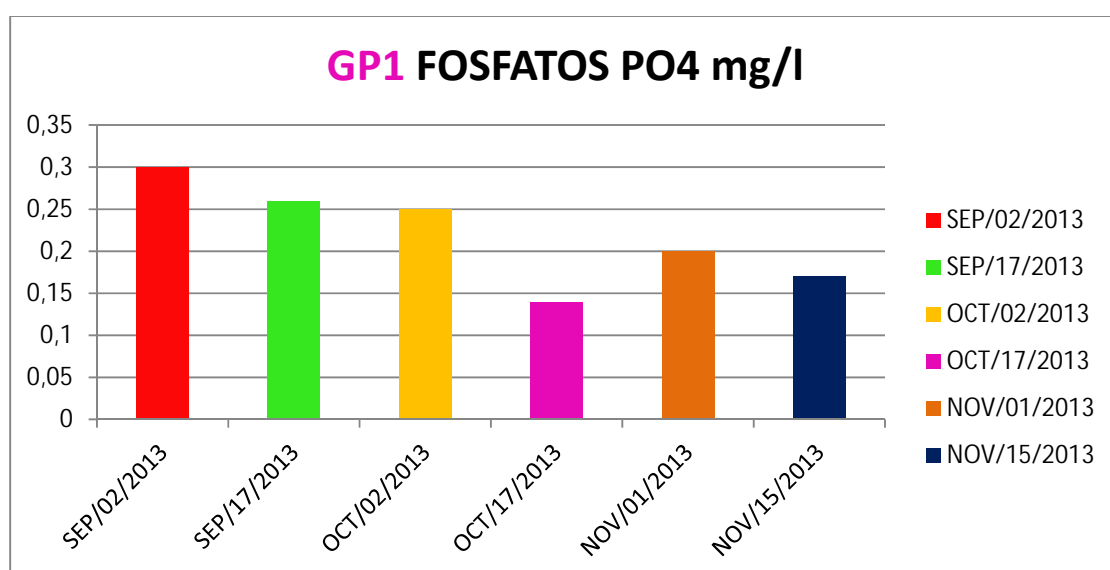
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 62 Análisis fisicoquímico de fostatos Gp1

GP1	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,3
	SEP/17/2013	0,26
	OCT/02/2013	0,25
	OCT/17/2013	0,14
	NOV/01/2013	0,2
	NOV/15/2013	0,17

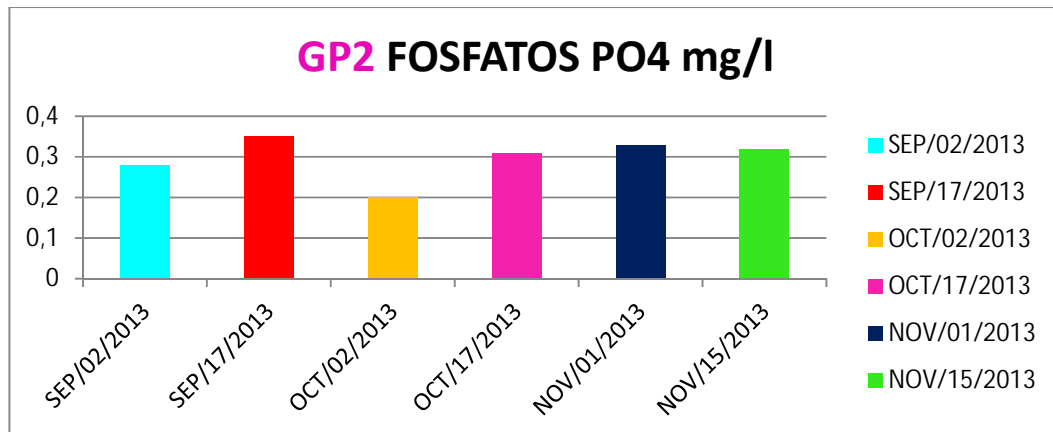
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 63. Análisis fisicoquímico de fostatos Gp2

GP2	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,28
	SEP/17/2013	0,35
	OCT/02/2013	0,2
	OCT/17/2013	0,31
	NOV/01/2013	0,33
	NOV/15/2013	0,32

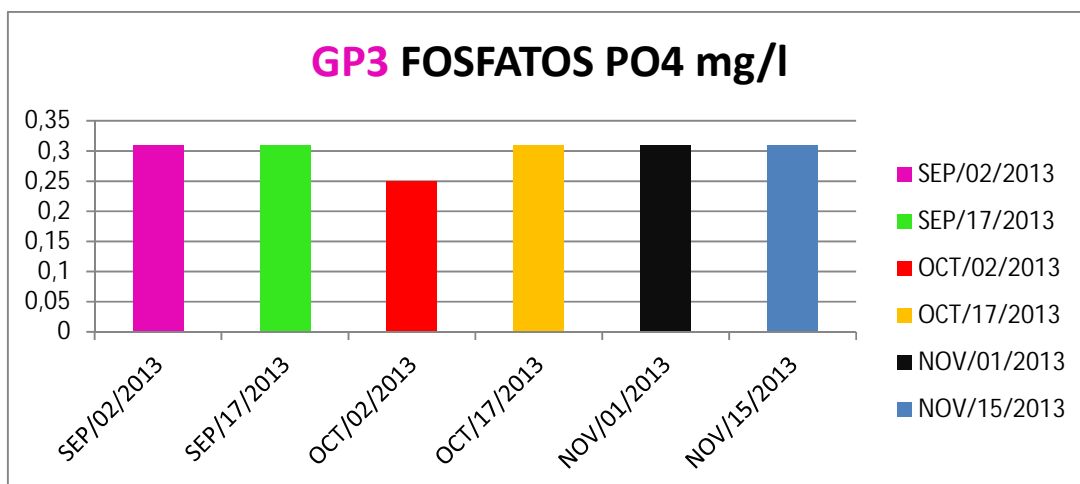
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 64. Análisis fisicoquímico de fostatos Gp3

GP3	FECHA	FOSFATOS PO4 mg/l
	SEP/02/2013	0,31
	SEP/17/2013	0,31
	OCT/02/2013	0,25
	OCT/17/2013	0,31
	NOV/01/2013	0,31
	NOV/15/2013	0,31

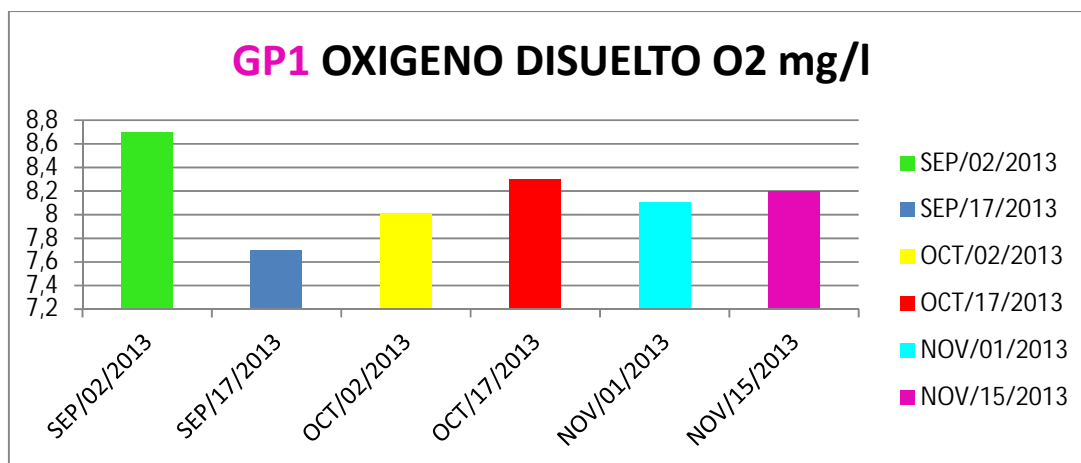
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 65. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp1

GP1	FECHA	OXIGENO DISUELTO O2 mg/l
	SEP/02/2013	8,7
	SEP/17/2013	7,7
	OCT/02/2013	8
	OCT/17/2013	8,3
	NOV/01/2013	8,1
	NOV/15/2013	8,2

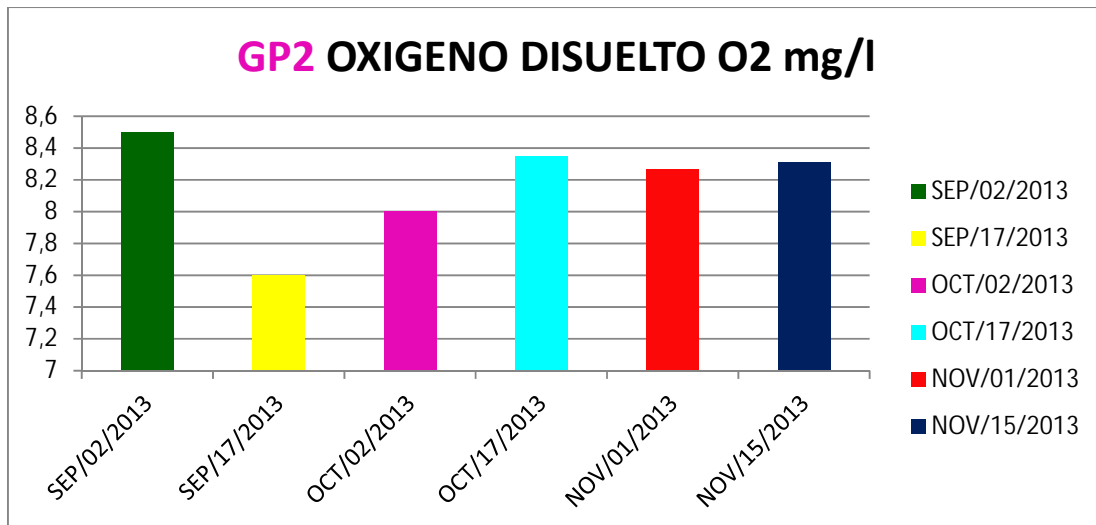
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 66. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp2

GP2	FECHA	OXIGENO DISUELTO O2 mg/l
	SEP/02/2013	8,5
	SEP/17/2013	7,6
	OCT/02/2013	8
	OCT/17/2013	8,35
	NOV/01/2013	8,27
	NOV/15/2013	8,31

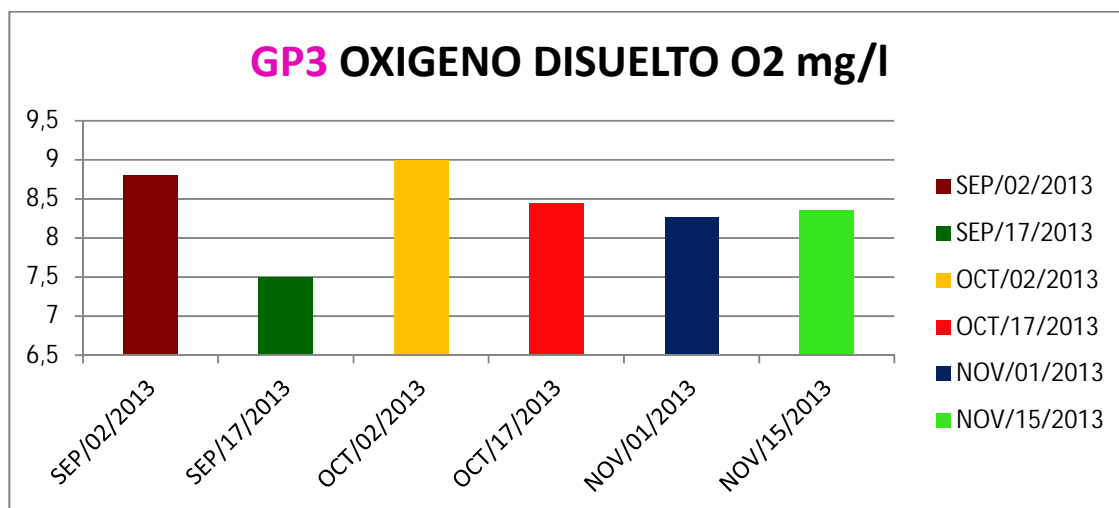
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 67. Análisis fisicoquímico de oxígeno disuelto Gp3

GP3	FECHA	OXIGENO DISUELTO O2 mg/l
	SEP/02/2013	8,8
	SEP/17/2013	7,5
	OCT/02/2013	9
	OCT/17/2013	8,45
	NOV/01/2013	8,27
	NOV/15/2013	8,36

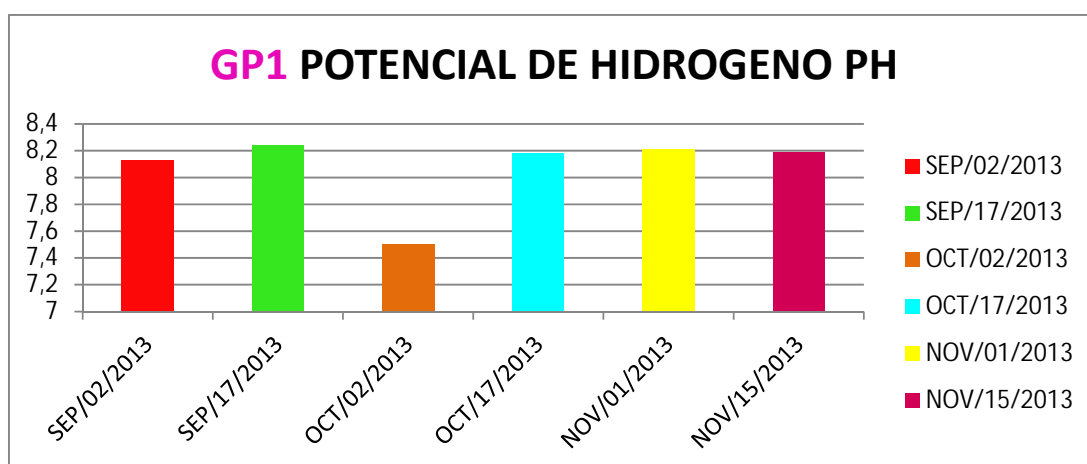
Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 68. Análisis fisicoquímico de ph Gp1

GP1	FECHA	POTENCIAL DE HIDROGENO PH
	SEP/02/2013	8,13
	SEP/17/2013	8,24
	OCT/02/2013	7,5
	OCT/17/2013	8,18
	NOV/01/2013	8,21
	NOV/15/2013	8,19

Fuente: Autoras del proyecto



Cuadro 69. Análisis fisicoquímico de ph Gp2

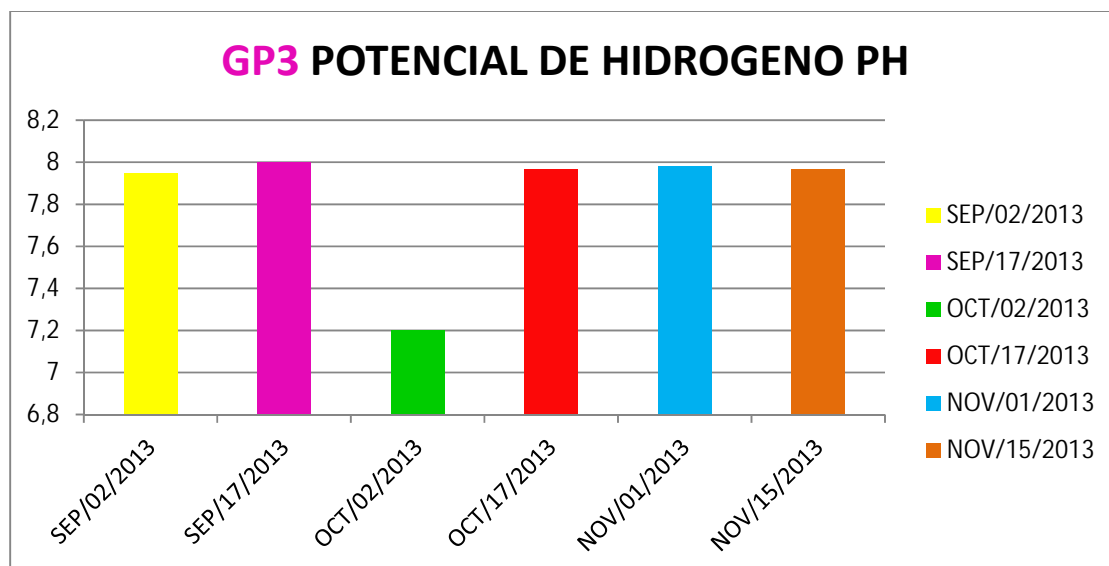
GP2	FECHA	POTENCIAL DE HIDROGENO PH
	SEP/02/2013	8,14
	SEP/17/2013	8,19
	OCT/02/2013	7
	OCT/17/2013	8,16
	NOV/01/2013	8,17
	NOV/15/2013	8,16

Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 70. Análisis fisicoquímico de ph Gp3

GP3	FECHA	POTENCIAL DE HIDROGENO PH
	SEP/02/2013	7,95
	SEP/17/2013	8
	OCT/02/2013	7,2
	OCT/17/2013	7,97
	NOV/01/2013	7,98
	NOV/15/2013	7,97

Fuente: Autoras del proyecto

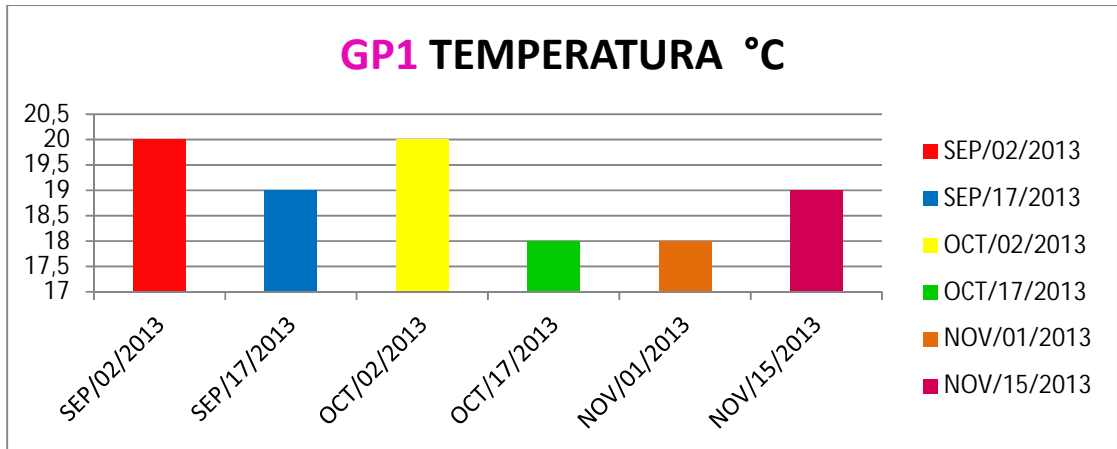


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 71. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp1

GP1	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	20
	SEP/17/2013	19
	OCT/02/2013	20
	OCT/17/2013	18
	NOV/01/2013	18
	NOV/15/2013	19

Fuente: Autoras del proyecto

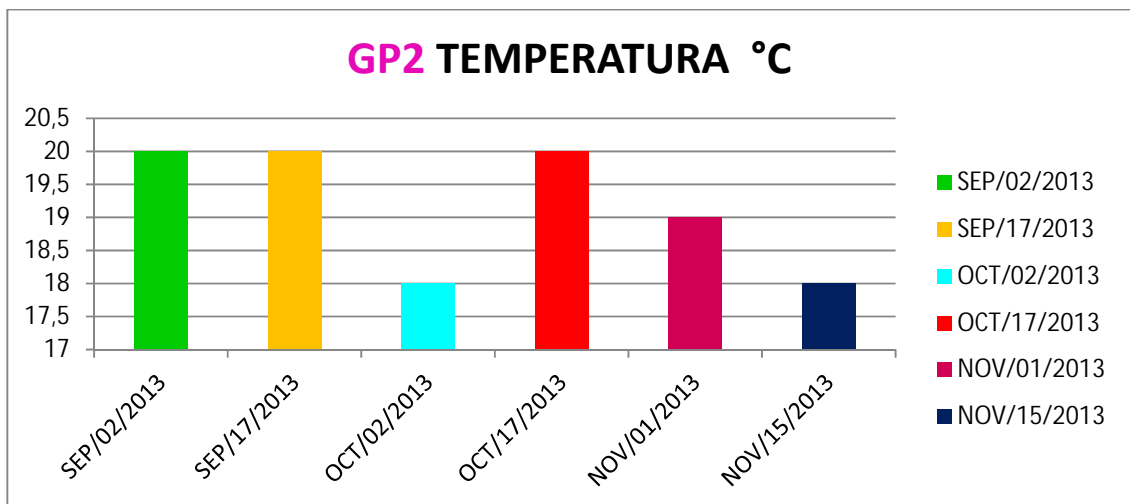


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 72. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp2

GP2	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	20
	SEP/17/2013	20
	OCT/02/2013	18
	OCT/17/2013	20
	NOV/01/2013	19
	NOV/15/2013	18

Fuente: Autoras del proyecto

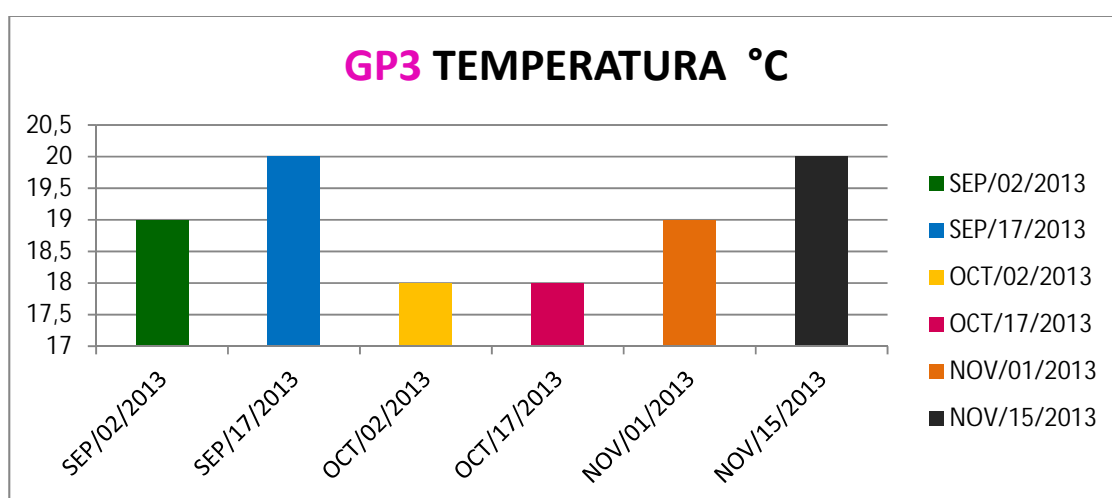


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 73. Análisis fisicoquímico de temperatura Gp3

GP3	FECHA	TEMPERATURA °C
	SEP/02/2013	19
	SEP/17/2013	20
	OCT/02/2013	18
	OCT/17/2013	18
	NOV/01/2013	19
	NOV/15/2013	20

Fuente: Autoras del proyecto

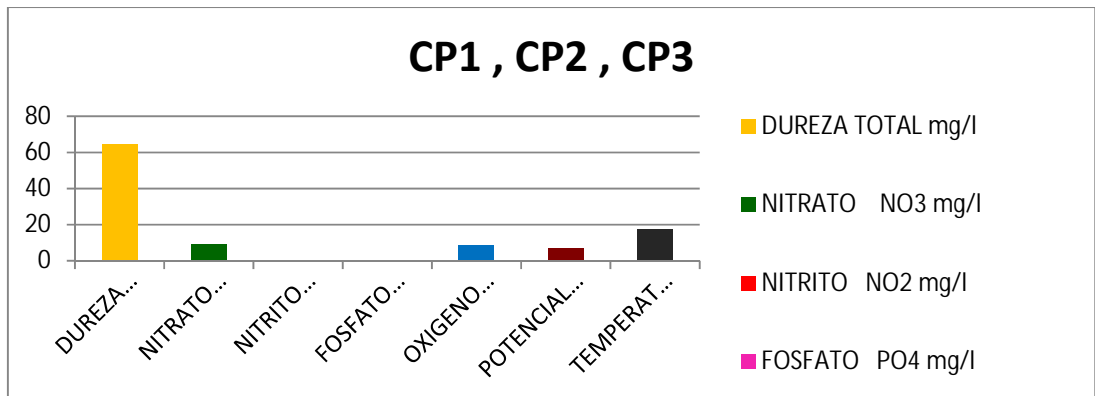


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 74. analisis fisicoquímicos de todos los puntos de muestreo de la cordillera

	CP1 , CP2 , CP3
DUREZA TOTAL mg/l	64,3
NITRATO NO3 mg/l	8,98
NITRITO NO2 mg/l	0,09
FOSFATO PO4 mg/l	0,27
OXIGENO DISUELTO O2 mg/l	8,6
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	6,8
TEMPERATURA °C	17,2

Fuente: Autoras del proyecto

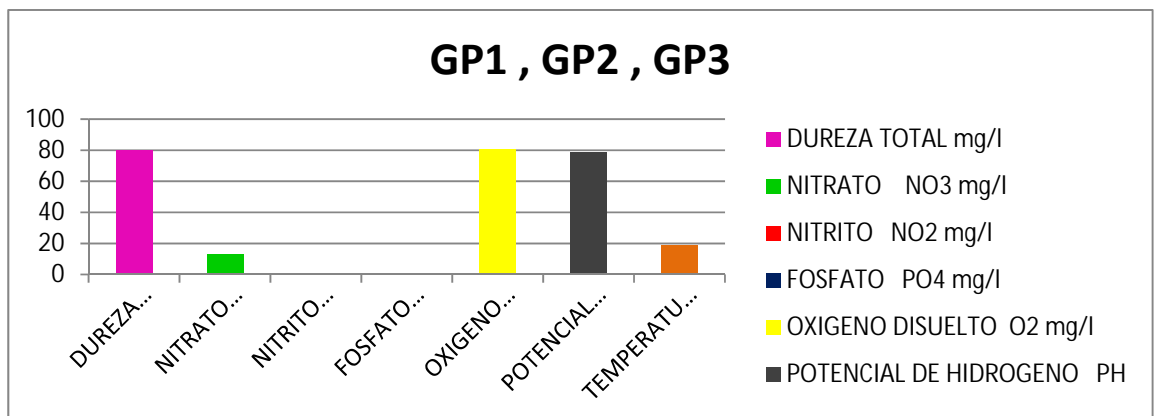


Fuente: Autoras del proyecto

Cuadro 75.analisis fisicoquímico de todos los puntos de muestreo del gitano

	GP1 , GP2 , GP3
DUREZA TOTAL mg/l	80
NITRATO NO3 mg/l	12,9
NITRITO NO2 mg/l	0,15
FOSFATO PO4 mg/l	0,27
OXIGENO DISUELTO O2 mg/l	81
POTENCIAL DE HIDROGENO PH	79
TEMPERATURA °C	19

Fuente: Autoras del proyecto



Fuente: Autoras del proyecto

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO DE FAMILIAS ENCONTRADAS EN CADA ESTACIÓN DE MUESTREO

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
				2,3333333
cp1	3	29	9,66666667	3
cp2	3	33	11	3
cp3	3	27	9	3
				2,3333333
gp1	3	37	12,3333333	3
gp2	3	24	8	1
				5,3333333
gp3	3	29	9,66666667	3

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	34,9444444	5	6,98888889	2,46666666	7	3,1058752
Dentro de los grupos	34	12	2,83333333		0,09289328	4
Total	68,9444444	17				

En esta ANOVA se realiza una comparación entre el número de familias encontrados en cada estación de muestreo, datos obtenidos a partir de las tablas presentadas previamente, se puede observar que el valor p de prueba encontrado es de 0,0928932 con un α de 0,05 podemos concluir que no es posible rechazar la hipótesis nula según este resultado por lo cual no existe diferencia significativa entre el número de familias encontradas en cada estación de muestreo.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO DE INDIVIDUOS ENCONTRADOS EN CADA ESTACIÓN DE MUESTREO

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
cp1	3	322	107,333333	372,333333
cp2	3	340	113,333333	146,333333
cp3	3	244	81,333333	86,333333
gp1	3	228	76	313
gp2	3	125	41,6666667	152,333333
gp3	3	120	40	61

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	14629,611	1	14629,611	15,517560	7,0539E-05	3,1058752
Dentro de los grupos	2262,6666	7	324,666667	4		4
Total	16892,277	8				

En esta ANOVA se realiza una comparación entre el número de individuos encontrados en cada estación de muestreo, datos obtenidos a partir de las tablas presentadas previamente, se puede observar que el valor p de prueba encontrado es de 7,0539E-05 con un α de 0,05 podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula según este resultado, por lo tanto existe una diferencia significativa entre el número de individuos encontrados en cada una de las estaciones de muestreo.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA CONCENTRACION DE NITRATOS ENCONTRADOS EN CADA ESTACIÓN DE MUESTREO

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
cp1	6	55,9	9,31666667	0,2016266 7
cp2	6	55,75	9,29166667	7,8464166 7
cp3	6	50,1	8,35	0,671 6,7373866
gp1	6	91,58	15,2633333	7
gp2	6	67,17	11,195	4,57175
gp3	6	74,85	12,475	3,65975

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	198,97331	4	39,7946628	10,079731	6	2,5335545
Dentro de los grupos	118,43965	30	3,94798833		9,7799E-06	5
Total	317,41296	4				

En esta ANOVA se realiza una comparación entre la concentración de Nitratos encontrados en cada estación de muestreo durante las fechas establecidas para su recolecta, datos obtenidos a partir de las tablas presentadas previamente, se puede observar que el valor p de prueba encontrado es de 9,7799E-06 con un α de 0,05 por lo tanto se rechaza la hipótesis nula según lo obtenido, así se puede ver que existe una diferencia significativa en las concentraciones de nitratos encontradas en cada una de las estaciones de muestreo en las fechas previamente establecidas.

INDICE DE DIVERSIDAD DE MARGALEF PARA CADA UNA DE LAS CUENCAS

Se calcula mediante la siguiente expresión $I=(s-1)/Ln N$, donde I es la biodiversidad, s es el número de especies presentes, y N es el número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies). La notación Ln denota el logaritmo neperiano de un número. Para el cálculo de este índice se tuvieron en cuenta las especies encontradas en

cada cuenca, también las especies indeterminadas se tomaron para este índice, estos datos pueden ser corroborados en las tablas previamente presentadas.

Índice para La Cordillera: 6,01

Índice para El Gitano: 5,86

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El protocolo propuesto para la toma de muestras durante el estudio fue bastante conveniente ya que con él se obtuvo una cantidad aceptable de macroinvertebrados de distintas familias para ser analizados taxonómicamente, se registraron en total 1167 individuos una cifra bastante significativa teniendo en cuenta que en ocasiones era complicado recolectar en campo debido a condiciones ambientales, en la cuenca La Cordillera se colectaron 776 individuos en total y en la cuenca de El Gitano se colectaron 391 individuos, la diferencia entre el total de individuos colectados en cada una de las cuencas puede ser un reflejo de las condiciones de cada zona, los análisis de varianza realizados entre cada una de las estaciones de muestreo muestran que existe diferencia significativa entre la cantidad de individuos colectados en cada una de ellas, hay que tener en cuenta que se usaron dos diferentes métodos de muestreo uno utilizando la red y otro utilizando una serie de coladores de cocina de distintos tamaños para llegar a los microhabitats existentes esto pudo generar algún tipo de incertidumbre y sesgo en los datos, la presencia de actividad agrícola más intensificada en la cuenca del Gitano al parecer también puede influir en las condiciones ambientales necesarias para la proliferación de los macroinvertebrados presentes allí, tenemos que tener en cuenta que la vegetación era mucho más espesa en la Cordillera además el clima era unos grados más bajo y estaba a mas metros sobre el nivel del mar estos factores pueden afectar de manera drástica la cantidad de individuos presentes, aunque también el caudal de ambas cuencas era un poco diferente y el factor estocástico tiene además un papel importante en este tipo de muestreos. Un análisis de varianzas entre la cantidad de familias halladas en cada una de las estaciones de muestreo arrojó que no existe diferencia significativa entre la cantidad de familias encontradas en cada una de ellas, aparte de esto el índice de diversidad de Margalef nos muestra niveles muy similares en ambas cuencas estando estos dentro del promedio de diversidad en una zona.

Las familias más representativas de ambas cuencas fueron Veliidae, que en general son insectos sin alas y de patas considerablemente largas. El cuerpo está cubierto de una capa de pequeños pelitos cuya función es repeler el agua. Tiene ocelos, antenas y pico de 4 segmentos. En los machos se nota una expansión de los fémures de las patas posteriores, generalmente se encuentran en la superficie de aguas calmas, pueden ser pozas temporales o permanentes, remansos de ríos o incluso zonas de litoral. Les gusta áreas con vegetación. Algunas veces se los encuentra en plantas lejos del agua. Cazan sobre el agua y detectan a sus presas por vibración. Naucoridae, en esta familia los individuos se reproducen en estanques y otras aguas de reposo. Sin embargo, la mayoría de las especies viven en

ambientes lóticos, se reproducen en los arroyos, ríos, e incluso algunos en cascadas. Hay aproximadamente 374 especies en 37 géneros en 5 subfamilias. Su distribución es principalmente tropical, aunque algunos taxones viven en las regiones templadas del norte y del sur, y Gerridae, Una característica principal que define esta familia aparte de otros insectos es que el alerón delantero es sólo un medio funcional. En vez de usarlo para el vuelo, actúa como una cubierta membranosa donde se desarrollan una especie de “garras” poseen un aparato bucal que evolucionó para perforar y succionar pueden distinguirse por tener la capacidad única de caminar sobre el agua.

La recolección y análisis taxonómico de estos individuos permitió asignar a cada familia un valor específico del BMWP para luego determinar la calidad del agua de cada estación seleccionada, así pues, se logró establecer una clase de calidad de agua para cada estación, resultados que fueron corroborados con las réplicas realizadas posteriormente, en general se encontró que la calidad de agua para la mayoría de la estaciones de muestreo fue Clase II la cual evidencia ligera contaminación, esta debido al parecer por la presencia de actividad antrópica ya que las fincas ubicadas cerca de las cuencas utilizan estas como su principal abastecimiento hídrico, y también usándola para descargar los desechos domésticos, en tres estaciones se pudo encontrar una calidad de agua diferente la clase III la cual se asigna a calidad de agua dudosa estas estaciones se encuentran cerca de la mayor concentración de fincas y terrenos habitados, lo cual explicaría los resultados obtenidos, los parámetros fisicoquímicos estudiados corroboran estos resultados mostrando en estas mismas estaciones niveles altos de nitratos atribuidos a la contaminación por descarga de aguas residuales domésticas en las cuencas, se realizó un análisis de varianza entre los niveles de nitratos medidos en cada una de las fechas y estaciones de muestreo y se observó una diferencia significativa lo cual corrobora los resultados obtenidos. La variación en el tiempo puede afectar de sobre manera los resultados que se obtienen por eso otros estudios que se realicen en la zona deberían llevarse a lo largo de periodos de tiempo más largos tal vez en un tiempo que oscile entre los 9 y 14 meses. Aunque la contaminación que poseen estas cuencas es “leve” la toma de acciones en este punto permitiría preservar un recurso primordial para el municipio y los habitantes del mismo.

5. CONCLUSIONES

El agua presente en las cuencas la cordillera y el gitano no cumplen todos los requerimientos y parámetros fisicoquímicos según lo establecido por el decreto 1594 del 1984, por lo cual no es apta para consumo humano sin un previo tratamiento.

Con la aplicación de los análisis físico-químicos se corroboraron los resultados obtenidos de la interpretación de los índices biológicos, donde se evidencia una leve contaminación en el agua de estas dos cuencas.

Los resultados obtenidos luego del análisis realizado con el índice BMWP muestran como la calidad del agua en estas cuencas varía de clase II a clase III presentando aguas levemente contaminadas o de dudosa calidad.

Lo se evidencia poco cuidado ambiental de las dos cuencas vitales para el abastecimiento hídrico del municipio de Rio de Oro aunque la contaminación es leve deben comenzar a tomarse medidas de gestión para evitar una mayor contaminación y así preservarlas.

6. RECOMENDACIONES

Realizar futuros estudios donde se utilicen diferentes índices bioindicadores en estas cuencas, utilizando grandes lapsos de tiempo para estos análisis así se tendría con mayor certeza el estado real de ambas cuencas.

Se recomienda a la entidad ambiental CORPOCESAR y Alcaldía Municipal de rio de oro cesar por mantener en un buen estado de conservación estas cuencas ya que son de gran importancia hídrica para la comunidad.

Se deben realizar programas culturales y de sensibilización con la comunidad con el fin de crear en ella sentido de pertenencia y dependencia hacia el recurso agua, es decir impartir Educación ambiental y sensibilización hacia el recurso hídrico.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE RIO DE ORO, CESAR.

APRENDER A INVESTIGAR. Módulo 2. LA INVESTIGACIÓN. MARIO TAMAYO Y TAMAYO. INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACION, MCGRAW-HILL

Armitage, P.D.; Moss, D.; Wright J. F. & Furse, M. T. (1983). The performance of a new biological a water quality score system based on macroinvertebrate over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Res.*, 17, 333-347. ASTM. 1989. Standard guide for selecting grab device for collecting benthic macroinvertebrates. American Society for Testing and Materials. ASTM D/ 4387-84

CHUTTER F (1972) An empirical biotic index of the quality of water in South African streams and rivers. *Water Research* 6: 19-30.

CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA.

FERNÁNDEZ, N. Ramírez, A. Solano, F. 2003. Índices fisicoquímicos de calidad del agua un estudio comparativo. Conferencia Internacional Usos Múltiples del Agua: para la vida y el desarrollo sostenible. Cartagena de indias - Colombia.

FIGUEROA RICARDO. Benthic macroinvertebrates as indicators of water quality of southern Chile rivers. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285, 2003.

HAUER F & G LAMBERTY (1996) *Methods in stream ecology*. Academic Press, New York, New York, USA. 674 pp.

HILSENHOFF W (1988) Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Citas y notas de pie de página. 2 ed. Bogotá: ICONTEC, 2013. 7p. (NTC 1487)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Numeración de divisiones y subdivisiones en documentos escritos. 2 ed. Bogotá: ICONTEC, 2013. 4p. (NTC 1076)

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. 5 ed. Bogotá: ICONTEC, 2013. 34p. (NTC 1486).

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2000. Estudio Nacional del agua. En: <http://www.ideam.gov.co>. Fecha de Consulta: Marzo de 2008.

KOLKWITZ R & M MARSSON (1909) Okologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2: 126-152.

KOLKWITZ R & M MARSSON (1909) Okologie der tierischen Saprobien. Beitrage zur Lehre von der biologischen Gewasserbeurteilung. Internationale der Gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 2: 126-152.

NORRIS RH & CP HAWKINS (2000) Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435: 5-17.
OYAGA MARTÍNEZ, Rafael Fernando. Índice biológico biological monitoring working party para los cuerpos de agua dulce del departamento del atlántico. Corporación Universitaria de La Costa, CUC. 2004.

ROLDAN PEREZ, Gabriel; Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia, Editorial Universidad de Antioquia, 1996.

ROLDAN, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de calidad del agua. En: *Revista Academia Colombiana de Ciencias*. XXIII

ROSENBERG DM & VH RESH (1993) Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp.

ROSENBERG DM & VH RESH (1993) Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, New York, USA. 488 pp.

SOCIEDAD COLOMBIANA DE ENTOMOLOGÍA. (1995) Seminario invertebrados acuáticos y su utilización en estudios ambientales. Bogotá: Sociedad Colombiana de Entomología, Universidad Nacional de Colombia.

VIÑA, V. G. y RAMÍREZ. G. 1998. Limnología Colombiana, aportes para su conocimiento y estadística de análisis. Bogota D.C: B.P. Explotaration company (Colombia) Ltda.

ZAMORA GONZÁLEZ Hilldier. El índice BMWP y la evaluación biológica de la calidad del agua en los ecosistemas acuáticos epicontinentales naturales de Colombia. Unicauca-Ciencia. 2000

ZAMORA, H. 1998. Evaluación rápida de la calidad ambiental en ecosistemas lóticos, mediante análisis de sus macroinvertebrados. *Revista de la asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*. 10 (1,2) pp 22-26.

ZÚÑIGA DE CARDOZO, María del Carmen; Contaminación de Corrientes Acuáticas, Facultad de Ingeniería Universidad del Valle, Santiago de Cali, 1996.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

CONSTITUCION DE COLOMBIA [En línea] Colombia: 2013 disponible en: <http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/LEGISLACION/LEYES/L12%20DE%201986.htm>

TAMAYO Y TAMAYO, [En línea]. Colombia: 2013. Disponible en: [http://www.google.com/Investigación descriptiva/ Tamayo y Tamayo](http://www.google.com/Investigación%20descriptiva/Tamayo%20y%20Tamayo).

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA [En línea]. Colombia: 2013. Disponible en: <http://www.ufpso.edu.co>