



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERIA BIOQUÍMICA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y
MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUA
QUE ACCEDE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO
CASIGANA EP EMAPA-A Y ESTRATEGIAS PARA
EVITAR SU CONTAMINACIÓN**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (GRADUACIÓN), MODALIDAD: TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE (TEMI) PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA BIOQUÍMICA OTORGADO POR LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO A TRAVÉS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA EN ALIMENTOS.

Autor: Andrea Tirado G.

Tutor: Dr. Ing. Ramiro Velasteguí Sánchez, Ph.D.

Ambato-Ecuador

2013

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación (Graduación) sobre el tema:

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUA QUE ACCEDE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO CASIGANA (EP EMAPA-AMBATO) Y ESTRATEGIAS PARA EVITAR SU CONTAMINACIÓN”,

elaborado por Andrea Cristina Tirado Guamán, egresada de la Carrera de Ingeniería Bioquímica, de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos e Ingeniería Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato, certifico que el trabajo fue realizado por la persona indicada en el Laboratorio de Control de Calidad, en la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A).

Considero que dicho informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Diciembre del 2013

.....

Dr. Ing. Ramiro Velasteguí, Ph.D.

TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de investigación: “**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUA QUE ACCEDE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO CASIGANA (EP EMAPA-AMBATO) Y ESTRATEGIAS PARA EVITAR SU CONTAMINACIÓN**”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Ambato, Diciembre del 2013

.....
Andrea Cristina Tirado Guamán

CI: 180358238-4

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS E INGENIERÍA
BIOQUÍMICA**

Los miembros del Tribunal de Grado de conformidad con las disposiciones reglamentarias vigentes en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, aprueban el presente Trabajo de Investigación bajo el tema **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DE AGUA QUE ACCEDE A LA PLANTA DE TRATAMIENTO CASIGANA (EP EMAPA-AMBATO) Y ESTRATEGIAS PARA EVITAR SU CONTAMINACIÓN”**.

Ambato, Diciembre del 2013

Para constancia firman:

Ing. Gladys Navas
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Alex Valencia
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra. Gioconda García
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional, por formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles y a ser quien soy.

A las personas que realmente representan un motor importante en mi vida, gracias por brindarme su cariño, amistad, consejos, y paciencia.

Andrea Cristina Tirado Guamán

Agradecimiento

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mi madre y a William por su inmenso amor, comprensión y apoyo a largo de toda mi vida porque con cada palabra me dan la fuerza para seguir adelante.

A Jorge Raza, por su apoyo y amor, por compartir momentos de alegría, tristeza y demostrarme que siempre podré contar con él.

A mis amigas en especial a Verónica Sánchez por estar conmigo siempre y que aunque nos separa la distancia, no dejarme nunca.

Mi chiquita Carolina Guevara que con su alegría y ternura lleno mis días de felicidad.

Agradezco también a mi Padre por ser un apoyo en mi carrera, en mis logros, en todo, que aun estando lejos lo llevo siempre en mi corazón y mente.

Abuelitos, tíos, tías y primas gracias por preocuparse en cada paso de mi vida.

Agradecimiento especial a mi Tutor de Tesis Dr. Ing. Ramiro Velasteguí por su colaboración, paciencia y constante asesoramiento.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica por la formación académica.

A la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A), en especial al Director del Departamento Técnico Ing. Luis Caicedo, a la Dra. Jeannett Díaz, Ing. Jacqueline Ávila, porque con su soporte técnico y humano han contribuido en la ejecución del presente trabajo investigativo. Gracias por la ayuda y confianza en mí depositada.

Al Ing. Alex Valencia por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

A todos quienes fueron parte de este sueño que se hace realidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Aprobación del Tutor	i
Autoría	ii
Aprobación del Tribunal de Grado	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de anexos	viii
Resumen	xviii
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1 Tema de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Contextualización	2
1.2.2 Análisis crítico	5
1.2.3 Prognosis	6
1.2.4 Formulación del problema	6
1.2.5 Preguntas directrices	6
1.2.6 Delimitación	7
1.3 Justificación	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2 Objetivos Específicos	8
CAPITULO II	9
MARCO TEORICO	9
2.1 Antecedentes investigativos	9
2.2 Fundamentación filosófica	12
2.3 Fundamentación legal	12

2.4 Categorías fundamentales	20
2.4.1 Marco teórico de la variable independiente	21
2.4.2 Marco teórico de la variable dependiente	30
2.5 Hipótesis	34
2.6 Señalamiento de variables	34
CAPITULO III	35
METODOLOGIA	35
3.1 Modalidad básica de la investigación	35
3.2 Nivel o tipo de investigación	36
3.3 Población y muestra	36
3.4 Operacionalización de variables	38
3.5 Plan de recolección de información	40
3.6 Plan de procesamiento de la información	46
CAPITULO IV	48
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	48
4.1 Análisis de los resultados	48
4.2 Interpretación de datos	56
4.3 Verificación de la hipótesis	73
CAPITULO V	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1 Conclusiones	74
5.2 Recomendaciones	76
CAPITULO VI	78
PROPUESTA	78
6.1 Datos informativos	78
6.2 Antecedentes de la propuesta	78
6.3 Justificación	79
6.4 Objetivos	80
6.5 Análisis de factibilidad	80
6.6 Fundamentación	81

6.7 Metodología	85
6.8 Administración	86
6.9 Previsión de la evaluación	87
Material de referencia	88

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A

Tablas de Resultados

ÉPOCA LLUVIOSA In situ	96
Tabla A-1. Resultados de los análisis del sector Manzana Guayco.	96
Tabla A-2. Resultados de los análisis del sector Quebrada de Patalo.	97
Tabla A-3. Resultados de los análisis del sector Huachi San José.	98
Tabla A-4. Resultados de los análisis en la Planta Casigana.	99
ÉPOCA SECA In situ	100
Tabla A-5. Resultados de los análisis sector Manzana Guayco.	100
Tabla A-6. Resultados de los análisis sector Quebrada de Patalo.	101
Tabla A-7. Resultados de los análisis sector Huachi San José.	102
Tabla A-8. Resultados de los análisis en la Planta Casigana.	103
ÉPOCA LLUVIOSA Laboratorio	104
Tabla A-9. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del sector Manzana Guayco.	104
Tabla A-10. Resultados de los Análisis Microbiológicos del sector Manzana Guayco.	105
Tabla A-11. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del sector Quebrada de Patalo.	106
Tabla A-12. Resultados de los Análisis Microbiológicos del sector Quebrada de Patalo.	107
Tabla A-13. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos sector Huachi San José.	108
Tabla A-14. Resultados de los Análisis Microbiológicos sector Huachi San José.	109
Tabla A-15. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos en la Planta Casigana.	110
Tabla A-16. Resultados de los Análisis Microbiológicos en la Planta Casigana.	111

ÉPOCA SECA Laboratorio	112
Tabla A-17. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del sector Manzana Guayco.	112
Tabla A-18. Resultados de los Análisis Microbiológicos del sector Manzana Guayco.	113
Tabla A-19. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del sector Quebrada de Patalo.	114
Tabla A-20. Resultados de los Análisis Microbiológicos del sector Quebrada de Patalo.	115
Tabla A-21. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del sector Huachi San José.	116
Tabla A-22. Resultados de los Análisis Microbiológicos del sector Huachi San José.	117
Tabla A-23. Resultados de los Análisis Físicoquímicos en la Planta Casigana.	118
Tabla A-24. Resultados de los Análisis Microbiológicos en la Planta Casigana.	119

Anexo B

Análisis Estadístico

ÉPOCA LLUVIOSA	121
Turbiedad	121
Tabla B-1. Análisis de Varianza (ANOVA) para Turbiedad.	121
Tabla B-2. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	121
Tabla B-3. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	121
Sulfatos	122
Tabla B-4. Análisis de Varianza (ANOVA) para Sulfatos.	122
Tabla B-5. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	122
Tabla B-6. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	122
Amonio	123
Tabla B-7. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amonio.	123
Tabla B-8. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	123

Tabla B-9. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	123
Amoniaco	124
Tabla B-10. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amoniaco.	124
Tabla B-15. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	124
Tabla B-16. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	124
Nitratos	125
Tabla B-13. Análisis de Varianza (ANOVA) para Nitratos.	125
Tabla B-14. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	125
Tabla B-15. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	125
Hierro	126
Tabla B-16. Análisis de Varianza (ANOVA) para Hierro.	126
Tabla B-17. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	126
Tabla B-18. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	126
Coliformes Totales	127
Tabla B-19. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Totales.	127
Tabla B-20. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	127
Tabla B-21. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	127
Coliformes Fecales	128
Tabla B-22. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Fecales.	128
Tabla B-23. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	128
Tabla B-24. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	128
ÉPOCA SECA	129
Turbiedad	129
Tabla B-25. Análisis de Varianza (ANOVA) para Turbiedad.	129
Tabla B-26. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	129
Tabla B-27. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	129
Sulfatos	130
Tabla B-28. Análisis de Varianza (ANOVA) para Sulfatos.	130
Tabla B-29. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	130
Tabla B-30. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	130

Amonio	131
Tabla B-31. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amonio.	131
Tabla B-32. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	131
Tabla B-33. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	131
Amoniaco	132
Tabla B-34. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amoniaco.	132
Tabla B-35. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	132
Tabla B-36. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	132
Nitratos	133
Tabla B-37. Análisis de Varianza (ANOVA) para análisis de Nitratos.	133
Tabla B-38. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	133
Tabla B-39. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	133
Hierro	134
Tabla B-40. Análisis de Varianza (ANOVA) para Hierro.	134
Tabla B-41. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	134
Tabla B-42. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	134
Coliformes Totales	135
Tabla B-43. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Totales.	135
Tabla B-44. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	135
Tabla B-45. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	135
Coliformes Fecales	136
Tabla B-46. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Fecales.	136
Tabla B-47. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.	136
Tabla B-48. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.	136

Anexo C

Gráficos

Potencial de Hidrogeno (pH) In situ	138
Época Lluviosa	138
Gráfico C-1. Datos pH in situ	138
Época Seca	138
Gráfico C-2. Datos pH in situ	138
Conductividad Eléctrica In situ	139
Época Lluviosa	139
Gráfico C-3. Datos conductividad in situ	139
Época Seca	139
Gráfico C-4. Datos conductividad in situ	139
Sólidos Totales Disueltos In situ	140
Época Lluviosa	140
Gráfico C-5. Datos solidos in situ	140
Época Seca	140
Gráfico C-6. Datos solidos totales disueltos in situ	140
Temperatura In situ	141
Época Lluviosa	141
Gráfico C-7. Datos temperatura in situ	141
Época Seca	141
Gráfico C-8. Datos temperatura in situ	141
Turbiedad In situ	142
Época Lluviosa	142
Gráfico C-9. Datos turbiedad in situ	142
Época Seca	142
Gráfico C-10. Datos turbiedad in situ.	142
Potencial de Hidrogeno (pH) Laboratorio	143

Época Lluviosa	143
Gráfico C-11. Datos de pH	143
Época Seca	143
Gráfico C-12. Datos de pH	143
Conductividad	144
Época Lluviosa	144
Gráfico C-13. Datos de conductividad	144
Época Seca	144
Gráfico C-14. Datos de conductividad	144
Sólidos Totales Disueltos	145
Época Lluviosa	145
Gráfico C-15. Datos de solidos totales disueltos	145
Época Seca	145
Gráfico C-16. Datos de solidos totales disueltos.	145
Temperatura	146
Época Lluviosa	146
Gráfico C-17. Datos de temperatura	146
Época Seca	146
Gráfico C-18. Datos de temperatura	146
Dureza	147
Época Lluviosa	147
Gráfico C-19. Datos de dureza	147
Época Seca	147
Gráfico C-20. Datos de dureza	147
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	148
Época Lluviosa	148
Gráfico C-21. Datos de DQO	148
Época Seca	148
Gráfico C-22. Datos de DQO	148

Demanda Bilógica de Oxígeno (DBO₅)	149
Época Seca	149
Gráfico C-23. Datos de DBO ₅	149
Cianuros	150
Época Lluviosa	150
Gráfico C-24. Datos de cianuros	150
Época Seca	150
Gráfico C-25. Datos de Cianuros	150
Nitritos	151
Época Lluviosa	151
Gráfico C-26. Datos de nitritos	151
Época Seca	151
Gráfico C-27. Datos de nitritos	151
Flúor	152
Época Lluviosa	152
Gráfico C-28. Datos de flúor	152
Época Seca	152
Gráfico C-29. Datos de flúor	152
Color	153
Época Lluviosa	153
Gráfico C-30. Datos de color	153
Época Seca	153
Gráfico C-31. Datos de color	153
Fósforo	154
Época Lluviosa	154
Gráfico C-32. Datos de fosforo	154
Época Seca	154
Gráfico C-33. Datos de fosforo	154
Fosfato	155
Época Lluviosa	155

Gráfico C-34. Datos de fosfato	155
Época Seca	155
Gráfico C-35. Datos de fosfato	155
Olor Cuantitativo	156
Época Lluviosa	156
Gráfico C-36. Datos del olor cuantitativo	156
Época Seca	156
Gráfico C-37. Datos del olor cuantitativo.	156
Cromo	157
Época Lluviosa	157
Gráfico C-38. Datos cromo	157
Época Seca	157
Gráfico C-39. Datos cromo	157
Turbiedad	158
Época Lluviosa	158
Gráfico C-40. Datos turbiedad para cada tratamiento	158
Gráfico C-41. Datos turbiedad para cada bloque	158
Época Seca	159
Gráfico C-42. Datos turbiedad para cada tratamiento	159
Gráfico C-43. Datos turbiedad para cada bloque.	159
Sulfatos	160
Época Lluviosa	160
Gráfico C-44. Datos sulfatos para cada tratamiento	160
Gráfico C-45. Datos sulfatos para cada bloque	160
Época Seca	161
Gráfico C-46. Datos sulfatos para cada tratamiento	161
Gráfico C-47. Datos sulfatos para cada bloque	161
Amonio	162
Época Lluviosa	162
Gráfico C-48. Datos amonio para cada tratamiento	162

Gráfico C-49. Datos amonio para cada bloque	162
Época Seca	163
Gráfico C-50. Datos amonio para cada tratamiento	163
Gráfico C-51. Datos amonio para cada bloque	163
Amoniaco	164
Época Lluviosa	164
Gráfico C-52. Datos amoniaco para cada tratamiento	164
Gráfico C-53. Datos amoniaco para cada bloque	164
Época Seca	165
Gráfico C-54. Datos amoniaco para cada tratamiento	165
Gráfico C-55. Datos amoniaco para cada bloque	165
Nitratos	166
Época Lluviosa	166
Gráfico C-56. Datos nitratos para cada tratamiento	166
Gráfico C-57. Datos nitratos para cada bloque	166
Época Seca	167
Gráfico C-58. Datos nitratos para cada tratamiento	167
Gráfico C-59. Datos nitratos para cada bloque	167
Hierro	168
Época Lluviosa	168
Gráfico C-60. Datos hierro para cada tratamiento	168
Gráfico C-61. Datos hierro para cada bloque	168
Época Seca	169
Gráfico C-62. Datos hierro para cada tratamiento	169
Gráfico C-63. Datos hierro para cada bloque	169
Coliformes Totales	170
Época Lluviosa	170
Gráfico C-64. Datos coliformes totales para cada tratamiento	170
Gráfico C-65. Datos coliformes totales para cada bloque	170
Época Seca	171

Gráfico C-66. Datos coliformes totales para cada tratamiento	171
Gráfico C-67. Datos coliformes totales para cada bloque	171
Coliformes Fecales	172
Época Lluviosa	172
Gráfico C-68. Datos coliformes fecales para cada tratamiento	172
Gráfico C-69. Datos coliformes fecales para cada bloque	172
Época Seca	173
Gráfico C-70. Datos coliformes fecales para cada tratamiento	173
Gráfico C-71. Datos coliformes fecales para cada bloque	173

Anexo D

Imágenes

Imagen D-1. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo.	175
Imagen D-2. Ingreso del Agua. Manzana Guayco.	175
Imagen D-3. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Quebrad de Patalo.	176
Imagen D-4 Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Huachi San José.	176
Imagen D-5. Huachi San José salida.	177
Imagen D-6. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Planta Casigana.	177
Imagen D-7. Muestras de Aguas del Canal.	178
Imagen D-8. Medición de parámetros.	178
Imagen D-9. Análisis de Dureza (antes).	178
Imagen D-10. Análisis de Dureza (después).	178
Imagen D-11. Análisis DBO ₅ .	179
Imagen D-12. Análisis DQO.	179
Imagen D-13. Análisis del Olor.	179
Imagen D-14. Absorción Atómica.	179
Imagen D-15. Coliformes Totales y Fecales.	179
Imagen D-16. Agua de ingreso al canal. Mes de Mayo.	180
Imagen D-17. Lavado de chochos, en el sector Huachi San José.	180

Imagen D-18. Mantenimiento del canal Ambato-Huachi-Pelileo.
180

Resumen

El agua que accede a la Planta de Tratamiento Casigana o también conocida como agua cruda, proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo el que consta de algunos tipos de acceso como es la captación o inicio del Canal en Manzana Guayco, seguido de otro punto que es Quebrada de Patalo sector Juan Benigno Vela, Huachi San José es otra abertura del canal, hasta finalmente llegar a la Planta.

El presente estudio titulado “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-Ambato) y estrategias para evitar su contaminación”, tuvo como propósito fundamental caracterizar la calidad del agua del canal utilizando análisis fisicoquímicos y microbiológicos para así compararlos con los valores permisibles según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

La caracterización del agua consistió en analizar 25 parámetros diferentes, durante dos etapas, la primera tomada como época lluviosa del mes de mayo a junio, y la segunda época seca de agosto a septiembre, esto fue de vital importancia debido a que en toda su trayectoria o recorrido presenta agentes o actividades que contaminan el agua. Se empleó un diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (bloques que corresponden a las semanas y los tratamientos los lugares). Mediante la aplicación del programa estadístico Statgraphics Plus, se compararon las diferencias de las características fisicoquímicas y microbiológicas.

Los resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa en los bloques (semanas) y en los tratamientos (lugares), evidenciando que de acuerdo a la época aumenta o disminuye la contaminación del canal. Ciertos parámetros como sulfatos, amonio, detergentes y coliformes fecales sobre pasaron los límites máximos permisibles establecidos por la legislación ambiental vigente. De acuerdo a todos los resultados se puede determinar la calidad del agua, y utilizando estrategias aptas se evitara la contaminación del canal.

Summary

The water entering Casigana's water Treatment Plant, also known as raw water comes from Ambato-Huachi-Pelileo's ditch, which consists of some types of access such as the uptake or the start of the Manzana Guayco's ditch, followed by another one that is Quebrada de Patalo (Juan Benigno Vela), Huachi San Jose is another ditch gap, until finally reaches the plant.

This study entitled "Characterization physicochemical and microbiological quality of water entering the Casigana's water treatment plant (EP EMAP-Ambato) and the strategies to prevent contamination," the main purpose was to characterize the water quality of the ditches using physicochemical analysis and microbiological so we can compare with the permissible values according to the Unified Text of the Secondary Environmental Legislation (TULAS).

The characterization of the water was to analyze 25 different parameters, for two stages, the first taken on rainy season from May to June, and the second on dry season from August to September, this was of vital importance because throughout the stream or water's route has water-polluting factor's activities. We worked with a designed of blocks completely randomized (blocks that corresponds to the weeks and treatment places). By applying the statistics program Statgraphics Plus, we compared the differences in physicochemical and microbiological characteristics.

The results showed significant differences in statistics charts that exists in the blocks (weeks) and treatments (places), showing that the contamination increases or decreases in the ditches depending of the season. Certain parameters such as sulfates, ammonia, detergents and fecal coliforms over passed the limits set by environmental legislation. In accordance with all the results we can determine the quality of water, and using proper strategies we could avoid contamination of the ditches.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Tema de investigación

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-Ambato) y estrategias para evitar su contaminación.

1.2 Planteamiento del problema

La contaminación del agua puede proceder de fuentes naturales o de actividades humanas. En la actualidad la más importante, sin duda es la provocada por el hombre. El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos muchos de los cuales van a parar directamente al agua.

La contaminación de origen humano se concentra en zonas concretas y, para la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural. 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 razón por la cual es de suma importancia realizar una caracterización previa de la calidad del agua para disminuir su contaminación y tratar que el agua que ingresa a las diferentes plantas de tratamiento sea lo más limpia posible, ayudando así a los procesos de desinfección.

1.2.1 Contextualización

Contextualización macro

El agua del mundo es objeto día a día de una severa contaminación, producto de las actividades del hombre; éste agrega al agua sustancias ajenas a su composición, modificando la calidad de ésta. Se dice que está contaminada pues no puede utilizarse como generalmente se hace. Esta contaminación ha adquirido importancia debido al aumento de la población y al incremento de los agentes contaminantes que el propio hombre ha creado.

Las fuentes de contaminación son resultados indirectos de las actividades domésticas, industriales o agrícolas. Ríos, canales y lagos de todo el mundo son contaminados por los desechos del alcantarillado, desechos industriales, detergentes, abonos y pesticidas que escurren de las tierras agrícolas. El efecto en los ríos y lagos se traduce en la desaparición de la vegetación natural, disminuyen la cantidad de oxígeno produciendo la muerte de los peces y demás animales acuáticos **(Cárdenas, 2010)**.

Actualmente existen más de 28 países que se pueden considerar con problemas de escasez y baja calidad de agua, pues cuentan con una dotación menor a los 1,000 m³ por habitante al año, cifra considerada como crítica en cuanto a oferta del recurso se refiere; México se encuentra en un nivel medio con una disponibilidad de agua per cápita de 5,000 m³ por año. La demanda de agua continúa creciendo como consecuencia del incremento de la población: actualmente, la dotación per cápita a nivel mundial es 33% inferior a la que existía en 1970 y, a partir de entonces, cerca de 1,800 millones de personas se han sumado a la población mundial **(IV Foro Mundial del Agua, 2010)**.

Contextualización meso

El Ecuador es uno de los países con mayores reservas de agua en la región. Sin embargo, su mal manejo e inequitativa distribución generan serios conflictos

ambientales, sociales y económicos. La contaminación del agua es otro factor que influye tanto en la disponibilidad del recurso para el consumo humano; así como en la subsistencia de especies de plantas y animales que dependen de éste. Una de las causas es el desarrollo industrial "poco amigable" con el medio ambiente.

Así lo demuestra claramente la industria petrolera, cuyo desarrollo, por más de tres décadas, evidencia la falta de conciencia socio ambiental. Otro ejemplo es la contaminación por eliminación de desechos sólidos. "Los Gobiernos Autónomos Descentralizados no tienen sistemas de tratamiento de desechos; simplemente los botan a los ríos (con excepciones en Loja, Zamora y El Oro); tampoco existen sistemas de tratamiento de aguas residuales" **(Moreno, 2009)**.

Contextualización micro

Los habitantes de ciertas parroquias y comunidades del cantón Ambato que se abastecen de agua entubada y que no es tratada o clarificada, tienen problemas gastrointestinales, debido a la contaminación de aguas. Estudios realizados por laboratoristas del Instituto Nacional de Higiene Leopoldo Izquieta Pérez, Laboratorio Provincial de Tungurahua, demostraron meses atrás que existen bacterias en el agua entubada denominadas coliformes fecales termotolerantes (heces fecales) de ganado.

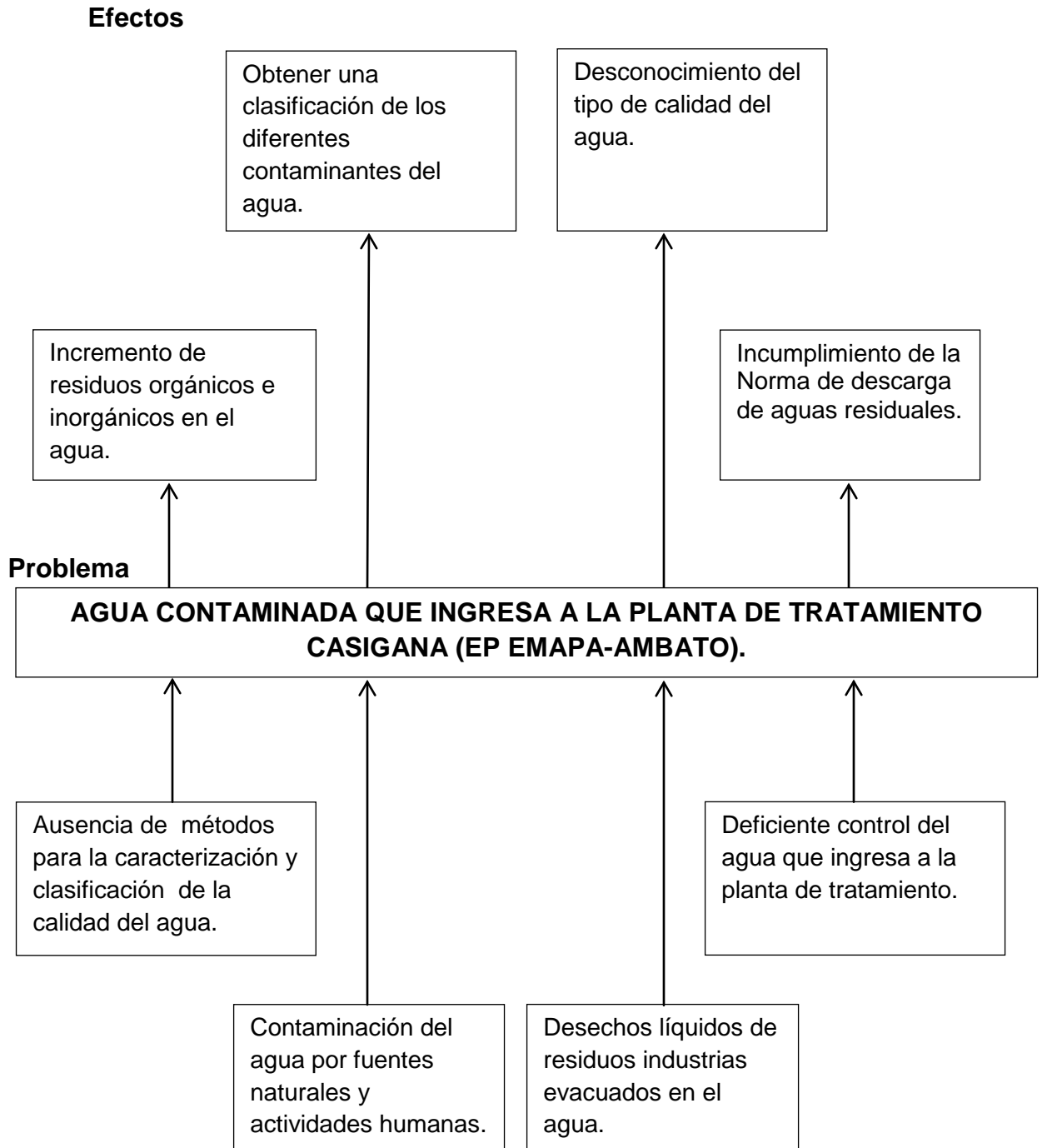
Estas bacterias se encuentran en el ambiente y se unen al agua debido a que el ganado deja sus desechos cerca del agua de las vertientes, que luego es utilizada por los humanos, así lo afirmó Manuel González, jefe de laboratorio del organismo. Él asegura que el problema puede evitarse con la protección de vertientes, para evitar contaminantes que están en el ambiente y que llegan hasta las aguas **(La Hora, 2012)**.

Según el estudio "Control de la calidad ambiental y la planificación urbana de Ambato" solo las curtiembres (la Cámara de Industrias de Tungurahua registra a 30 entre grandes y medianas) arrojan al río Ambato 1.925 metros cúbicos de

aguas residuales al día. Es decir, el 65% del total de aguas contaminadas que emiten las principales industrias de la ciudad. En Ambato se ha medido niveles de cromo, en aguas residuales, de 43.94 miligramos al día, cuando el valor aceptable debería alcanzar el 0.1 miligramos, El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Municipalidad de Ambato tiene un proyecto de ordenanza para la prevención y control de la contaminación. Ahí se incluirá la obligación de las industrias acuosas de procesar sus aguas en una planta de tratamiento propia **(Castillo, 2010)**.

1.2.2 Análisis crítico

Figura No. 1 Árbol de problemas



Causas

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

1.2.3 Prognosis

En caso de no realizarse la investigación del problema planteado, se mantendrá la contaminación del agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo que ingresa a la Planta de Tratamiento Casigana Ep Emapa-A, por efluentes extraños de distintas procedencia, necesitando métodos de control y caracterización para evitar posibles afectaciones a los cuerpos del agua.

El mismo sistema de tratamiento de aguas, degenerará aún más las características físicas, químicas y microbiológicas. En consecuencia, se trata de buscar estrategias que ayuden a disminuir la concentración de reactivos, ya que las sustancias que éstas contienen dañan o interfieran con el proceso de depuración en la planta de tratamiento.

1.2.4 Formulación del problema

¿Cómo se disminuirá el nivel de contaminación del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana Ep Emapa-Ambato para contribuir a diseñar estrategias que eviten los desechos generados a lo largo del recorrido del agua?

1.2.5 Preguntas directrices

¿Se identificó el origen y la trayectoria de las aguas que ingresan a la planta de tratamiento Casigana Ep Emapa-Ambato?

¿Se determinó las fuentes de contaminación de dichas aguas?

¿Se calificó el agua de la planta en su origen y trayectoria mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, diseñando estrategias que eviten la contaminación?

1.2.6 Delimitación

Área: Biotecnología Ambiental

Sub-área: Contaminación de recursos hídricos

Sector: Remediación de la contaminación del agua

Sub-sector: Caracterización de la calidad del agua

Temporal: Marzo 2013 – Diciembre 2013

Espacial: Planta de Tratamiento Casigana EP EMAPA-A

1.3 Justificación

El propósito de esta investigación es determinar el grado de contaminación que generan los diferentes desechos a corrientes de agua, ya que son transportados y distribuidos por este medio, dependiendo de factores tales como propiedades fisicoquímicas del producto y características del medio receptor. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la polución de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos de agua subterráneas.

La contaminación hídrica 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.

Aunque existen innumerables reportes sobre la contaminación del agua, estos datos no son suficientes para determinar el impacto sobre el medio ambiente. Se necesita dirigir los esfuerzos al estudio de métodos que ayuden a disminuir significativamente la concentración de desechos tóxicos en aguas generados por diferentes actividades.

La planta de tratamiento Casigana tiene una capacidad de 300 litros por segundo y funciona con las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo. Utilizan productos químicos de alta calidad que no afectan a la salud, pero ayudan a que el agua llegue a los hogares totalmente purificada. Se destaca el papel que cumplen los laboratorios de análisis que sirven para estudiar la calidad del agua y detectar cualquier anomalía. Es necesario además optimizar la potabilización del agua en Ambato por medio de una caracterización y un pre tratamiento que facilite el mejoramiento de procesos ejecutados en la planta.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar la calidad del agua que accede a la planta de tratamiento Casigana EP EMAPA-AMBATO y las estrategias para evitar su contaminación.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Identificar el origen y la trayectoria de las aguas que ingresan a la planta de tratamiento Casigana Ep Emapa-Ambato.
2. Determinar las fuentes de contaminación de dichas aguas.
3. Calificar el agua de la planta en su origen y trayectoria mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos para diseñar estrategias que eviten la contaminación.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes investigativos

El agua es un recurso natural indispensable para la vida. Constituye una necesidad primordial para la salud, por ello debe considerarse uno de los derechos humanos básicos. El ciclo natural del agua tiene una gran capacidad de purificación. Pero esta misma facilidad de regeneración y su aparente abundancia hace que sea el vertedero habitual de residuos: pesticidas, desechos químicos, metales pesados, residuos radiactivos, etc. La degradación de las aguas viene de antiguo pero ha sido en este siglo cuando se ha extendido este problema a ríos y mares de todo el mundo (**García, 2002**).

Hay un gran número de contaminantes del agua que se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- a. Microorganismos patógenos.
- b. Desechos orgánicos.
- c. Sustancias químicas inorgánicas.
- d. Nutrientes vegetales inorgánicos.
- e. Compuestos orgánicos.
- f. Sedimentos y materiales suspendidos.
- g. Sustancias radiactivas.

En el Ecuador existe un problema porque el agua llega aceitosa y con apariencia mohosa. Un estudio internacional establece que para que el agua no tenga índices de contaminación de residuos humanos, de animales o de fertilizantes agrícolas no debe tener concentraciones de nitrógeno superiores a 5 miligramos por litro de agua.

Según un estudio de la Organización Panamericana de la Salud, el agua contaminada por diferentes agentes como plomo, monóxido de carbono y ozono afectan seriamente al ser humano causando enfermedades como: problemas cardíacos, enfisema, asma y bronquitis (ozono); afectaciones al sistema circulatorio, reproductivo, renal y nervioso (plomo). En el país, existen varias parroquias que atraviesan problemas, esto quiere decir que tienen agua pero no es apropiada para el consumo humano; pero también existen comunidades como “Sosote” donde antes sólo llegaban tanqueros de agua potable pero en la actualidad gozan de un agua de buena calidad. Sosote es un ejemplo de gestión local, donde los pobladores bajo iniciativa propia gestionaron dotar de agua potable de buena calidad (**Wong Jo, 2011**).

Una de las investigaciones realizadas en la provincia de Tungurahua es en la estación de tratamiento de aguas servidas denominada “El Peral”, se encuentra ubicada en la ciudad de Ambato en el sector de Ficoa–La Delicia y es uno de los lugares que dispone la Empresa Publica Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A), para la recepción y tratamiento de aguas contaminadas provenientes de aguas de uso doméstico. Estas aguas circulan por un sistema de tratamiento de sedimentación, filtración y pozo séptico para luego ser descargadas en el río Ambato.

Estas aguas no cumplen con todas las características técnicas tanto microbiológicas como físico-químicas como para ser descargadas en un río por lo que están contribuyendo a la consiguiente contaminación ambiental. El presente estudio titulado “Innovación biológica para la depuración de aguas contaminadas en la estación “El Peral”, EP EMAPA-Ambato”, tuvo como propósito fundamental mejorar las características de las aguas que pasan por la estación y desembocan al río Ambato, utilizando componentes biológicos alternativos y así cumplir con los valores permisibles según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

La mencionada innovación consistió en dos estanques en los que se cultivaron por separado dos especies vegetales, el uno contuvo “lechuguín” (*Eichhornia crassipes* – Fam. Poaceae Gramíneas) y el otro “carrizo” (*Phragmites australis* – Fam. Pontederiaceae Pontederiaceas). Para conocer las características de las aguas se analizó: pH, temperatura, conductividad, Sólidos disueltos totales, Demanda química de oxígeno(DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), detergentes, nitrógeno, fósforo, color, olor, coliformes totales y fecales. Los resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa en la mayoría de parámetros tales como DBO, DQO, sólidos disueltos totales, nitrógeno y fósforo, que constituían parte importante de la carga contaminante.

Al examinar los resultados obtenidos en la investigación se pudo evidenciar el decremento de la concentración de los contaminantes especialmente en el caso del estanque con “lechuguín” puesto que el vegetal se adaptó al medio sin problema, no así en el caso del estanque con “carrizo” que aunque disminuyó la carga contaminante, no tuvo un comportamiento estable debido probablemente al tipo y niveles de concentración de los contaminantes. Se puede concluir que los dos vegetales empleados por separado son beneficiosos para la descontaminación de las aguas servidas que pasan por la Estación “El Peral”, EP EMAPA-Ambato y que constituyen alternativas de interés en casos similares **(Fiallos, 2011)**.

Encontramos además la “Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga-Salcedo-Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo Salcedo-Cotopaxi”. El trabajo de investigación científica asume los lineamientos del Paradigma Crítico Propositivo, porque la investigación es cualitativa y cuantitativa, aplicando una investigación de campo, bibliográfica y descriptiva que coadyuva a interpretar las características del problema y la formulación de la propuesta, que hacen más sólido el trabajo investigativo, utilizando humedales vegetales primero de Lechuguín (*Eichhornia crassipes*) y luego de Carrizo (*Arundo donax*) en Salcedo Ramal la Argentina **(Pozo, G. 2012)**.

2.2 Fundamentación filosófica

El modelo de la presente investigación científica se basa en el paradigma positivista, ya que sus principales características son la orientación lógica de la investigación.

La formulación de hipótesis, su verificación y la predicción a partir de las mismas, la sobrevaloración de experimento, el empleo de métodos cuantitativos y de técnicas estadísticas para el procesamiento de la información, así como niega o trata de eliminar el papel de la subjetividad del investigador y los elementos de carácter axiológico e ideológico presentes en la ciencia, como forma de la conciencia social **(Zayas. 2010)**.

La presente investigación se basa además en el paradigma Naturista, ya que el hecho de que sea compartida determinada una realidad percibida como objetiva, viva y cognoscible para todos los participantes en la interacción social. El paradigma Naturista no concibe el mundo como fuerza exterior, objetivamente identificable e independiente del hombre. Existen por el contrario múltiples realidades. En este paradigma los individuos son conceptuados como agentes activos en la construcción y determinación de las realidades que encuentran, en vez de responder a la manera de un robot según las expectativas de sus papeles que hayan establecido las estructuras sociales **(García, 2010)**.

2.3 Fundamentación legal

El presente trabajo se apoya en la Constitución de la República del Ecuador.

TÍTULO II DERECHOS: Capítulo segundo: Derechos del buen vivir: Sección primera: Agua y alimentación.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

TÍTULO VII: RÉGIMEN DEL BUEN VIVIR. Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales: Sección sexta

Agua

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Ley de prevención y control de contaminación ambiental

CAPITULO VI

De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Art. 16.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna y a las propiedades.

Art. 17.- El Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), en coordinación con los Ministerios de Salud y Defensa, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la claridad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 18.- El Ministerio de Salud fijará el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 19.- El Ministerio de Salud, también, está facultado para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua

Tabla No. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN-	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0

Continuación Tabla No. 1

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ =	mg/l	400
Temperatura	Grados C		Condición Natural + o - 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	ug/l	10,0
Benzo(a) pireno		ug/l	0,01
Etilbenceno		ug/l	700
Estireno		ug/l	100
Tolueno		ug/l	1 000
Xilenos (totales)		ug/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1

Continuación Tabla No. 1

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	ug/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	ug/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración total de dicloropropano	ug/l	5
Diquat		ug/l	70
Glifosato		ug/l	200
Toxafeno		ug/l	5
Compuestos Halogenados		ug/l	
Tetracloruro de carbono		ug/l	3
Dicloroetano (1,2-)		ug/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		ug/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		ug/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		ug/l	100
Diclorometano		ug/l	50
Tetracloroetileno		ug/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		ug/l	200
Tricloroetileno		ug/l	30
Clorobenceno		ug/l	100
Diclorobenceno (1,4-)		ug/l	5
Hexaclorobenceno		ug/l	0,01
Bromoximil		ug/l	5

Fuente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua. Libro VI. Anexo 1.

Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua TULAS (2010)

El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los afluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor. Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados, sea respaldado con datos de producción

Los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca:

- La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.
- Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluirlos afluentes líquidos no tratados.
- Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.
- Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.
- Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber

implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir.

- Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.
- Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos sólidos semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.
- Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreo; recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

Normas de las Descargas de Efluentes al Sistema de Alcantarillado Público TULAS (2010)

Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquearlos colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorarlos materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a. Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b. Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.

- c. Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d. Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e. Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

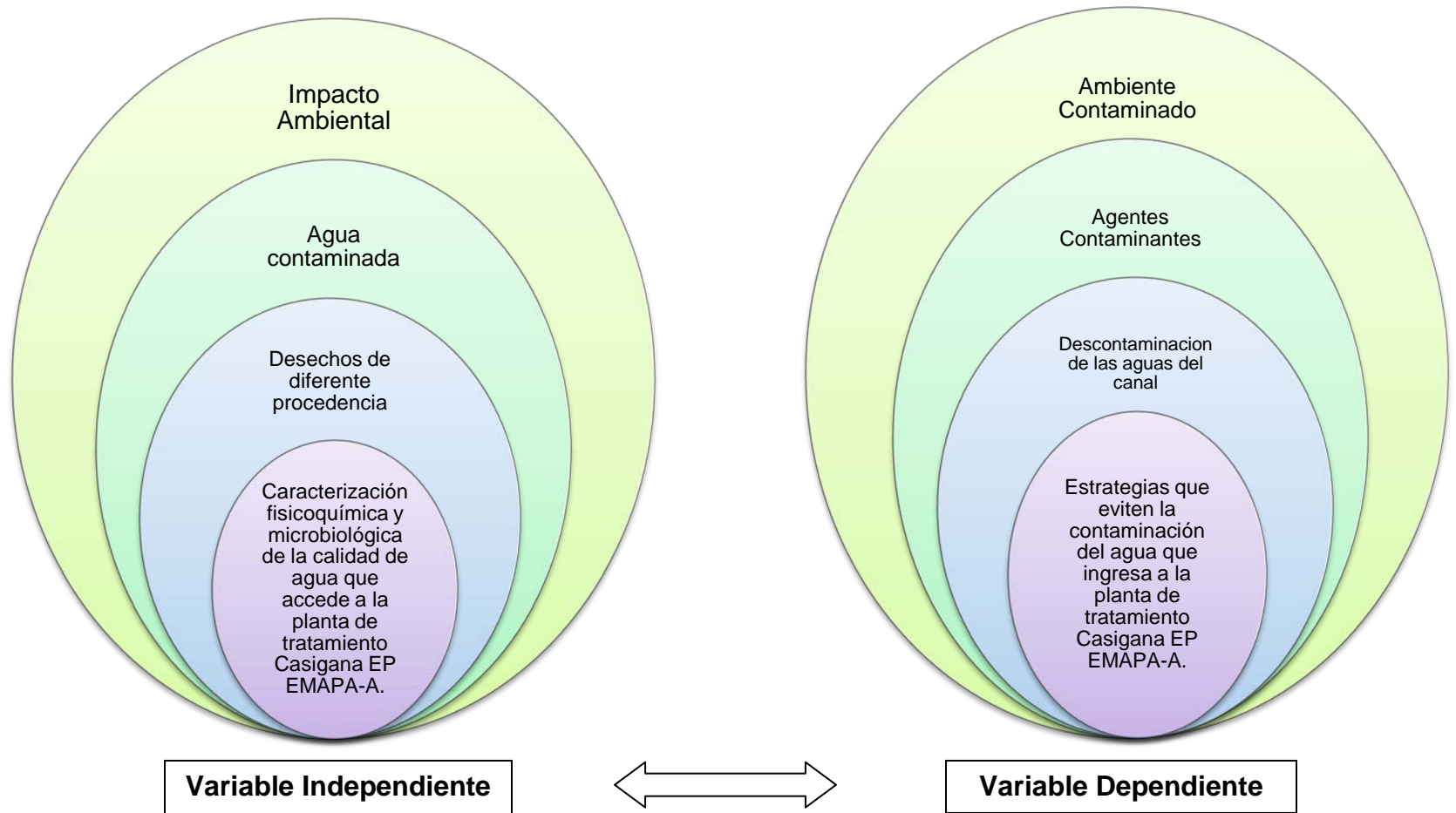
El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma. El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario, (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un Municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifique.

2.4 Categorías fundamentales

Figura No. 2 Categorías fundamentales



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

2.4.1 Marco teórico de la variable independiente

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento casigana EP EMAPA-A

El agua cruda que ingresa a la Planta proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo la que puede contener organismos, partículas, metales, algas, etc. A la planta también llegan aceites y grasas de todo tipo, si estas grasas y aceites no son eliminados, hace que el tratamiento utilizado se relentice y el rendimiento decaiga, obteniendo un efluente de baja calidad. Con todo lo anterior se puede ver la importancia de clasificar y caracterizar los diferentes factores que contaminan el agua **(Reyes, 2012)**.

El agua pura es un líquido incoloro, inodoro e insípido. Los parámetros del agua son características físicas, químicas, microbiológicas y radiológicas que permiten detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua, la razón principal de este problema es su estructura molecular que es dipolar, con una constante dieléctrica muy alta superior a cualquier otro líquido. Algunos de estos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua **(Ramos, 2012)**.

Caracterización fisicoquímica

Estos índices permiten la comparación, si son obtenidos por el mismo método matemático analítico, entre diferentes muestras de aguas tomadas en distintos lugares. También consiguen de forma rápida y resumida obtener otros resultados, tales como realizar el estudio de la evolución del estado de una determinada agua a lo largo del tiempo, y comprobar la adecuada o no política de gestión ambiental de dicha agua:

1. Temperatura

Se deberá medir al momento de la toma de muestra para lo cual se introducirá un termómetro en la muestra hasta una profundidad determinada (25 cm) y se

esperara hasta que la lectura sea constante. El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10 y 20 °C, facilita así el desarrollo de una fauna bacteriana y una flora autóctona, ejerciendo una acción amortiguadora frente a la temperatura ambiente, tanto en verano como en invierno, y en cualquier tipo de tratamiento biológico **(Orozco, 2005)**.

2. Turbiedad

Se refiere a la presencia de partículas en forma de coloides (material de tamaño muy pequeño), y que causan que el agua se presente como agua nebulosa o no cristalina. Estas partículas se clasifican como sólidos suspendidos: son residuos de materia orgánica y también son de origen inorgánico como: partículas de arcillas, silicatos, feldespatos, etc. Los sólidos suspendidos pueden ser separados por diferentes medios mecánicos como son la sedimentación y la filtración **(Casillas, 2010)**.

3. Potencial hidrógeno

El pH del agua pura es de 7 a 25°C. Como consecuencia de la presencia de ácidos y bases y de la hidrólisis de las sales disueltas, el valor del pH puede disminuir o aumentar. La presencia de sales de bases fuertes y ácidos débiles como Na_2CO_3 incrementa el pH. Sales de bases débiles y ácidos fuertes como CaCl_2 produce disminución del mismo. El pH causa destrucción de la vida acuática a niveles de $\text{pH} < 4$ de todos los vertebrados, muchos invertebrados y microorganismos, así como la mayoría de las plantas superiores, con aguas con $\text{pH} < 6$ pueden causar graves corrosiones en cañerías, buques, embarcaderos y otras estructuras, si el agua rebasa los límites de pH entre 4,5 y 9 causa problemas al suelo y destrucción de las cosechas. Un agua ácida ($\text{pH} < 4,5$) aumenta la solubilidad de sales de hierro, aluminio, magnesio y otros metales

que pueden resultar tóxicos para las plantas. Un pH muy básico puede inmovilizar algunos oligoelementos esenciales (**Orozco, 2005**).

4. Conductividad eléctrica

Se denomina conductividad de un agua a la aptitud de esta para transmitir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia, definida como la conductancia de una columna de agua comprendida entre dos electrodos metálicos de 1cm^2 de superficie y separados el uno del otro por 1 cm.

La conductividad depende de la actividad y tipo de los iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida, debiéndose referir a la temperatura de $20\text{ }^\circ\text{C}$. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6, es decir microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm) (**Herrera, 2010**).

5. Sólidos totales disueltos

El término sólidos hace alusión a materia suspendida o disuelta, en un medio acuoso. La determinación de sólidos disueltos totales mide específicamente el total, de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros de 2.0 micras o más pequeños. Los sólidos disueltos pueden afectar, adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un efluente de varias formas. Agua para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor.

Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que sólo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente sólo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas).

6. Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de calcio, de magnesio y de hierro (especialmente como sulfatos y carbonatos hidrogenados), y el grado de dureza es directamente proporcional a la concentración de sales alcalinas. La dureza del agua se mide en grados. Las sales disueltas de calcio y de magnesio se reducen a la cantidad equivalente de CaO. Un grado alemán de dureza significa: 1 gramo de CaO disuelto en 100 L de agua. Las concentraciones de calcio y magnesio existentes (miligramos) por cada litro de agua; puede ser expresado en concentraciones de CaCO_3 (**Prieto, B. 2012**).

7. Olor

Compuestos químicos presentes en el agua como los fenoles, diversos hidrocarburos, cloro, materias orgánicas en descomposición o esencias liberadas por diferentes algas u hongos pueden dar olores muy fuertes al agua, aunque estén en muy pequeñas concentraciones (**Seoanez, 2007**).

8. Color

El agua contaminada suele tener ligeros colores rojizos, pardos, amarillentos o verdosos debido, principalmente, a los compuestos húmicos, férricos o los pigmentos verdes de las algas que contienen. Se debe diferenciar el color aparente, que es el que presenta el agua bruta, del denominado color verdadero, que es el que se presenta cuando se ha eliminado la materia en suspensión.

El color de los efluentes urbanos produce ciertos efectos sobre las aguas de aplicación cuando se siguen sistemas agrarios de tratamiento de las aguas residuales. Generalmente, la coloración es indicadora de la concentración y composición de las aguas contaminadas, y puede variar del gris al negro. En la medida que éste es más intenso, la capacidad de absorción de energía solar es

mayor, y ello redundando en una ligera elevación de la temperatura del suelo **(Seoanez, 2007)**.

9. Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno disuelto requerido por los microorganismos para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua. El DBO se mide a los cinco días. Su valor da idea de la calidad del agua desde el punto de vista de la materia orgánica presente y permite prever cuanto oxígeno será necesario para la depuración de esas aguas e ir comprobando cual está siendo la eficacia del tratamiento depurador en una planta. La DBO es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras **(Romero, 2002)**.

10. Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es la cantidad de oxígeno consumido por las materias orgánicas existentes en el agua y oxidables en condiciones operatorias definidas. De hecho, la medida corresponde a una estimación de la materia oxidable presente en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros). La DQO está en función de las características de la materia presente, de sus proporciones respectivas, de las posibilidades de oxidación, etc. Por lo que es bien evidente que la reproducibilidad de los resultados y su interpretación no podrán ser satisfactorias más que en las condiciones de metodología bien definidas y estrictamente respetadas. Se ha establecido en algunos casos una relación entre la DBO y la DQO pero como la oxidación química y oxidación biológica son procesos diferentes pueden diferir mucho en los resultados.

- $DBO_5 / DQO < 0,2$ indican la presencia predominante de contaminantes de naturaleza orgánica no biodegradable.
- $DBO_5 / DQO > 0,6$ señalan la presencia predominante de contaminación orgánica de naturaleza biodegradable (**Romero, 2002**).

11. Manganeseo

Elemento que imparte sabor desagradable y mancha la ropa. Sirve como nutriente de especies de organismos indeseables en los filtros, y en el sistema de distribución del agua. Debido a su sabor desagradable no constituye riesgo para la salud, su concentración generalmente es menor que la del hierro.

Color del agua: Las causas más comunes del color del agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución, al contacto del agua con desechos orgánicos, hojas, madera raíces, etc. La unidad de color es el color producido por un mg/L de platino en la forma de cloroplatinato.

Sabor del agua: Los olores y sabores en el agua con frecuencia ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles. Muchas pueden ser las causas de los sabores en el agua, entre los más comunes se encuentran materia orgánica en solución, H_2S , cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad por parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación (**Romero, 2002**).

12. Cromo

Cromo, metal que es de color blanco plateado, duro y quebradizo. Sin embargo, es relativamente suave y dúctil cuando no está tensionado o cuando está muy puro. Sus principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas de gran dureza y resistentes al calor y como recubrimiento para galvanizados. El cromo elemental no se encuentra en la naturaleza. Su mineral más importante por abundancia es la cromita (**Romero, 2002**).

13. Detergentes

Los detergentes después de ser utilizados en la limpieza doméstica e industrial son arrojados a las alcantarillas de las aguas residuales y se convierten en fuente de contaminación del agua.

Los detergentes producen espumas y añaden fosfato al agua (eutrofización). Disminuyen mucho el poder autodepurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana. También interfieren en los procesos de floculación y sedimentación en las estaciones depuradoras. Los detergentes son semejantes a los jabones porque tienen en su molécula un extremo iónico soluble en agua y otro extremo no polar que desplaza a los aceites. Los detergentes tienen la ventaja, sobre los jabones, de formar sulfatos de calcio y de magnesio solubles en agua, por lo que no forman coágulos al usarlos con aguas duras. Además como el ácido correspondiente de los sulfatos ácidos de alquilo es fuerte, sus sales (detergentes) son neutras en agua. Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales. El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte (**Fiallos, 2011**).

Caracterización microbiológica

Los índices biológicos, tienen en general una metodología analítica más dificultosa, permiten sin embargo, un estudio de la influencia real de la contaminación de las aguas sobre el ecosistema acuático.

De forma paralela al estudio de índices fisicoquímicos para valorar la contaminación de un agua, se ha desarrollado una metodología basada en el factor biológico de las aguas, que tiene el gran interés de ser un factor

integrador de todos los restantes que afectan a la calidad. Se basa en determinar la influencia de la contaminación en la composición y estructura de las comunidades biológicas que viven en las aguas y los cambios que se producen en las mismas.

a. Coliformes totales

Su hábitat natural es el intestino humano y su presencia en el río indica contaminación cloacal. Para que el agua sea potable no debe tener más de 2/100 ml (dos bacterias cada 100 mililitros) y para que un río sea factible de potabilizar no puede superar los 5.000/ml.

Los microorganismos comprenden todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativos no esporulados, que pueden desarrollarse en inhibición del crecimiento y fermentan la lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de 35°C en un periodo de 24 a 48 horas **(Romero, 2007)**.

Los microorganismos que están presentes en las aguas residuales son muy diversos, sin embargo, la determinación del número más probable de microorganismos (NMP) Coliformes Fecales y Coliformes Totales en 100 ml de muestra da un indicio del grado de contaminación del agua residual. El Método de Numero Más Probable (NMP) es una estrategia eficiente de estimación de densidades poblacionales especialmente cuando una evaluación cuantitativa de células individuales no es factible.

b. Coliformes fecales

Comprende todas las bacterias en forma de bacilos aerobios y anaerobios facultativos gran negativos no esporulados, que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición del crecimiento y fermentan lactosa con la producción de ácido y gas a una temperatura de $44.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ en menos de 24 ± 2 horas.

En aguas residuales se usa el ensayo de coliformes fecales como indicador de contaminación, los cuales constituyen los mejores indicadores de la presencia posible de patógenos. Dentro del grupo de coliformes se considera a *Escherichia coli* de origen fecal exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. Un indicador más secundario, que se determine habitualmente, son los *estreptococos fecales*, cuya presencia es fácil de detectar (aunque en menor número que los coliformes) en aguas recientemente contaminadas **(Romero, 2007)**.

Desechos de diferentes procedencias

Pueden existir contaminantes en el agua en diferentes estados. Los contaminantes pueden estar disueltos o pueden estar en suspensión. Todos los estados pueden viajar grandes distancias a través del agua de muchas maneras diferentes. Las partículas pueden caer al fondo de los arroyos o subir a la superficie, en función de su densidad. Esto significa que la mayoría permanecen en el mismo lugar cuando el agua no fluye o se trata de aguas estancadas. Los contaminantes suelen viajar grandes distancias. La distancia depende de la estabilidad y del estado físico, así como de la velocidad del flujo. Los contaminantes pueden viajar más lejos cuando están en disolución. Las concentraciones de un lugar, son generalmente bajas, pero dicho contaminante se puede detectar en muchos más sitios a largas distancias, debido a la facilidad que tienen en ser transportados **(Cáceres, 2007)**.

Impacto ambiental

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Es aquel ambiente que por efecto de acciones del hombre y / o las mujeres, la concentración de un elemento, sustancia o intensidad de energía aportada exceda el nivel máximo permisible para ese elemento, sustancia o energía. Asunto que se pretende definir en normas de calidad ambiental. Es el ambiente donde se ha sobrepasado la capacidad para reciclar los contaminantes, por lo que puede desencadenarse efectos negativos **(TULAS, Libro VI 2010)**.

Hay que incentivar para que se dé campañas de capacitación sobre los impactos de aguas residuales y los efectos de las aguas residuales en la flora y fauna que existen en dichas aguas. Para que de esta manera todos tengan conocimiento de la forma como se deben manejar las aguas residuales y así tener un ambiente sano y saludable.

2.4.2 Marco teórico de la variable dependiente

Estrategias que eviten la contaminación del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana EP EMAPA-A.

La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua define como aguas contaminadas todas aquellas que tienen presencia de agentes contaminantes en concentraciones y permanencia superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar su calidad (**TULAS Libro VI, 2010**).

Existen diferentes tipos de contaminantes:

- a. Contaminantes Físicos:** Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, espumas, residuos oleaginosos y el calor (**Narváez, 2006**).
- b. Contaminantes Químicos:** Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua.

Los contaminantes inorgánicos provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos, también desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro, y ácido sulfhídrico. Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia.

Contaminantes Orgánicos también son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, e industriales como productos químicos de origen natural así aceites, grasas, breas, tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática **(Narváez, 2006)**.

- c. Contaminantes Biológicos:** Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua **(Narváez, 2006)**.

El canal Ambato-Huachi-Pelileo puede presentar una alta contaminación a lo largo de su curso, ya que existen diferentes captaciones como es Manzana Guayco donde empieza el recorrido del canal en el que claramente se identificó contaminación por actividades humanas y ganado a los alrededores del río Ambato. Seguido de la Quebrada de Patalo en donde se observó heces fecales de animales.

Finalmente llega a la estación de San José en la que existe una evidente contaminación por grandes cantidades de tierra y lavado de chochos, hasta llegar a la planta de Tratamiento Casigana, de acuerdo a este tipo de contaminantes es necesario evitar y tratar de eliminar estos factores del agua cruda que ingresa o accede a la planta de tratamiento Casigana **(Torres, 2012)**.

Descontaminación de las aguas del canal

Se refiere a reducir los contaminantes del vertido y convertirlo en inocuo para el medio ambiente. La Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Manifiesta que es llamado también contaminante o pululante, y es toda sustancia, elemental o molecular, natural o de síntesis artificial, o aporte energético o de materia ionizante, que es incorporado a los ambientes naturales, artificializados y/o antrópicos, como residuos de actividades

humanas, de cualquier naturaleza, es decir lo que contamina **(TULAS, Libro VI, 2010)**.

Una manera de reducir la contaminación, consiste en depurar los desechos, tanto industriales como cloacales, antes de arrojarlos a los ríos, a fin de eliminar las sustancias tóxicas. Para tratar las aguas, se emplean microorganismos capaces de destruir contaminantes. Las industrias deben utilizar tecnologías que les permitan reciclar el agua y disminuir el consumo. También es necesario evitar el uso de fertilizantes y plaguicidas químicos e impedir el desperdicio de aguas destinadas al riego, mediante técnicas adecuadas. Se puede usar un tratamiento avanzado de los desechos para remover los fosfatos provenientes de las plantas industriales y de tratamiento antes de que lleguen a un río **(Freire, 2011)**.

Eliminación de agentes contaminantes mediante filtros de sedimentación

La filtración de sedimentos consiste en hacer pasar un líquido o fluido a través de una superficie porosa o de una membrana.

Los filtros de sedimentación normalmente se clasifican por su capacidad de filtración medida en micrones (μm) o la millonésima parte de un metro. Los filtros de sedimentos, por lo general, requieren de muy poca presión para poder operar. Por lo que son útiles en casi cualquier circunstancia. Filtran fundamentalmente arena, barro, partículas de óxido y otras partículas suspendidas en el agua de gran tamaño. Están fabricados de distintos materiales como puede ser la cerámica, poliéster, polipropileno, etc **(Alonso, 2012)**.

Los filtros de arena son los elementos más utilizados para filtración de aguas con cargas bajas o medianas de contaminantes, que requieran una retención de partículas de hasta veinte micras de tamaño. Las partículas en suspensión que lleva el agua son retenidas durante su paso a través de un lecho filtrante de

arena. Los filtros de grava también son ideales para tratar agua proveniente de reservorios, canales abiertos, represas, ríos **(Alonso, 2012)**.

Métodos de prevención para evitar la contaminación de cursos de agua

Prevenir la contaminación en ríos es algo que debería haber empezado hace ya mucho tiempo. Porque es vergonzoso el estado de muchos de los ríos, sobre todo los cercanos a las ciudades.

La única forma de evitar la contaminación en ríos es ejerciendo un estricto control sobre los vertidos industriales, con sanciones acordes al daño producido, e incluso el cierre de las mismas. El uso de agroquímicos contamina grandemente los ríos, por lo que es urgente la sustitución de anticuados métodos de fertilización y control de plagas con nocivos venenos, por la práctica de una agricultura ecológica y saludable para todos **(Freire, 2011)**.

Es importante educar a la gente para que deje de arrojar residuos en cualquier parte, ya que muchos van a parar a los cursos de agua. También es beneficiosa la utilización de plantas como la totora o los papiros que purifican el agua de ríos, arroyos y lagunas. Evitar destrozarse la flora adyacente, ya que ésta protege a los ríos de diferentes contaminantes.

En realidad son muchas las cosas que se pueden hacer para prevenir la contaminación en los ríos, lo extraño es que todavía no se pongan en práctica en muchísimos casos. Algo que podemos hacer cada uno de nosotros es denunciar cualquier situación que genere contaminación.

Puede ser necesario además implementar controles de ingeniería adicionales para contener y neutralizar los olores molestos que contribuyen a un incremento de los niveles en las aguas residuales **(Pozo, 2012)**.

2.5 Hipótesis

La caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua que ingresar a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-Ambato) permitirá el diseño de estrategias para evitar la contaminación del curso del agua hasta su llegada a la planta.

2.6 Señalamiento de variables

Variable Independiente: Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-AMBATO).

Variable Dependiente: Estrategias que disminuyan la contaminación del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-AMBATO).

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 Modalidad básica de la investigación

En la investigación planteada se utilizaron varios tipos, las cuales son:

Documental

Como una variante de la investigación científica, cuyo objetivo fundamental es el análisis de diferentes, utiliza técnicas muy precisas, de la documentación existente, que directa o indirectamente, aporta la información documental como parte esencial de un proceso de investigación científica, constituye una estrategia donde se observa y reflexiona sistemáticamente sobre realidades (teóricas o no) usando para ello diferentes tipos de documentos.

Interpreta, indaga o presenta datos e informaciones sobre un tema determinado de cualquier ciencia, utilizando una metódica de análisis; teniendo como finalidad obtener resultados que pudiesen ser base para el desarrollo de la creación científica.

Experimental

Es la investigación en la que se obtiene la información por medio de la observación de los hechos, y que se encuentra dirigida a modificar la realidad con el propósito de estudiar en circunstancias en las que normalmente no se encuentran, con el fin de describir y analizar lo que ocurriría en determinadas condiciones, estableciendo las relaciones de causa – efecto.

De Laboratorio

Estos estudios son por lo general, considerados como los que mayor validez tienen en sus resultados.

Para desarrollar la investigación utilizó en primera instancia la investigación bibliográfica documental para fortalecer el marco teórico basándose en estudios ya realizados para establecer el plan de tesis, posteriormente se utilizó la investigación de campo para la recolección de muestras de las aguas de canal Ambato-Huachi-Pelileo y posteriormente se empleó la investigación de laboratorio para evaluar la calidad del agua y tener los resultados suficientes para poder establecer la propuesta de solución a la problemática.

3.2 Nivel o tipo de investigación

Para el trabajo investigativo será basado en los tipos de investigación: exploratoria y experimental.

Exploratoria

Se desea establecer una metodología que ayude a comprobar las hipótesis mediante una experimentación, en la cual se aplica un razonamiento hipotético – deductivo.

Experimental

Consiste en la manipulación de la variable experimental, lo que permitirá establecer una situación para introducir las variables de estudio que serán manipuladas en condiciones controladas.

3.3 Población y muestra

En esta investigación se consideró a la población al agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo, debido a que es la única fuente que abastece a la planta.

Las muestras para determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal fueron tomadas en cada acceso: Manzana Guayco (sector Quindivana), Quebrada de Patalo (sector Juan Benigno Vela), San José (sector Huachi San José) y finalmente la entrada de agua a la Planta Casigana.

Se realizó un muestreo completamente aleatorizado ya que se tomaron 4 muestras de 2 litro cada una, en los diferentes puntos nombrados cada semana durante dos meses con un intervalo de 1 mes entre época y época (lluviosa y seca).

3.4 Operacionalización de variables

3.4.1 Variable Independiente: Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-AMBATO).

Tabla No. 2 Operacionalización de la variable independiente

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEM BÁSICO	TÉCNICA E INSTRUMENTO
La caracterización de la calidad de agua que accede a la planta de tratamiento Casigana se ven contaminadas por desechos de diferentes actividades como aguas residuales de las industrias, aguas servidas y demás que se vierten directamente al Río Ambato sin tratamiento alguno.	<p>Parámetros Físico-Químicos.</p> <p>Parámetros Microbiológicos.</p> <p>Grado de contaminación del agua.</p>	<p>Temperatura</p> <p>Turbiedad</p> <p>pH</p> <p>Conductividad eléctrica</p> <p>Dureza</p> <p>Color, olor</p> <p>Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)</p> <p>Demanda química de oxígeno (DQO)</p> <p>Coliformes fecales</p> <p>Coliformes totales</p> <p>0 = Agua sin contaminación</p> <p>1 = Agua ligeramente contaminada</p> <p>2 = Agua medianamente contaminada</p> <p>3 = Agua con contaminación preocupante</p> <p>4 = Agua muy contaminada</p>	<p>¿Hay cambios relevantes en los parámetros Físico-Químicos y Microbiológicos?</p> <p>¿Cuál es la calidad del agua que accede a la planta de tratamiento Casigana?</p>	<p>APHA 4500H⁺B</p> <p>APHA 2130 B</p> <p>APHA 4500H⁺B</p> <p>APHA 2510 B</p> <p>APHA 2340 C</p> <p>APHA 2120-2150 B</p> <p>HACH BOD Trak</p> <p>HACH 8000</p> <p>APHA 5220 D</p> <p>APHA 9222D,9221</p> <p>Índice de Calidad del Agua</p>

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

3.4.2 Variable Dependiente: Estrategias que disminuyan la contaminación del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-AMBATO).

Tabla No. 3 Operacionalización de la variable dependiente

LO ABSTRACTO		LO OPERATIVO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍAS	INDICADORES	ÍTEM BÁSICO	TÉCNICA E INSTRUMENTO
Para evitar la contaminación del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana se diseñarán estrategias que disminuyan la contaminación de las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo.	Aguas residuales de diferentes procedencias descargadas directamente al Canal de riego.	a. Contaminantes Físicos b. Contaminantes Químicos c. Contaminantes Orgánicos d. Contaminantes Biológicos	¿Las estrategias aplicadas son suficientes para su descontaminación?	<ul style="list-style-type: none"> • Empleo de buenas prácticas en actividades agropecuarias. • Barreras físicas en los márgenes del río. • Motivación, educación y capacitación de los usuarios del agua del Canal. • Diseño, aprobación de reglamentos y normativas legales

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

3.5 Plan de recolección de información

3.5.1 Identificación del origen y la trayectoria de las aguas que ingresan a la planta de tratamiento casigana EP EMAPA-Ambato

Se identificó la cadena de trayectoria y los diferentes puntos de acceso al canal mediante un recorrido que se realizó con personal autorizado de la Empresa Publica Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Ambato.

Puntos de origen y trayectoria:

- Manzana Guayco.
- Quebrada de Patalo
- Huachi San José
- Planta Casigana.

Toma y conservación de la muestra

El objetivo de la toma de muestra es la obtención de una porción de agua cuyo volumen sea lo suficientemente pequeño como para que pueda ser transportado con facilidad y manipulado en laboratorio.

Antes de llenar el envase con la muestra hay que lavarlo dos o tres veces con el agua que se va a recoger, a menos que el envase contenga algún tipo de conservante o decolorante en cuyo caso la muestra se tomara directamente en el envase, en la presente evaluación no requiere ningún conservante ni decolorante, por esto la toma de muestras es directa, en el caso de las muestras que fueron transportadas hacia la ciudad de Riobamba, se dejó un espacio de alrededor 1% de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

- **Envases**

En general, los envases están hechos de plástico o vidrio, y según los casos pueden resultar preferibles uno u otro de los materiales.

- **Cantidad**

Para la mayoría de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se necesitan muestras de 2 litros. En este caso se tomó una muestra de 2 litros para los

diferentes análisis en el Laboratorio de Control de Calidad de aguas, de la EP EMAPA A (Empresa Publica Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Ambato).

3.5.2 Determinación de las fuentes de contaminación

La determinación de las fuentes de contaminación se ejecutó mediante la observación directa con el objeto de estudio en distintos escenarios y ambientes. De acuerdo a la trayectoria del canal y los puntos de acceso las posibles fuentes de contaminación se pueden presentar por heces de animales, lavado de plásticos en el origen del canal, presencia de truchas, residuos de plaguicidas y otros agroquímicos, tierra y restos de vegetales.

3.5.3 Calificación del agua en su origen y trayectoria mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, para evaluar su calidad diseñando estrategias que disminuyan la contaminación

Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo se tomó como referencia los factores indicativos de contaminación de la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo 1. (TULAS).

La calificación del agua se base en el índice de calidad del agua, que tiene como propósito simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua y en la investigación “Calificación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo, Evaluación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo (Pelileo, Tungurahua) e instalación de dispositivos ecológicos piloto para su descontaminación”.

Calificación:

0= Agua sin contaminación

1= Agua ligeramente contaminada

2= Agua medianamente contaminada

3= Agua con contaminación preocupante

4= Agua muy contaminada

(Velasteguí, J.R. 2012)

Tabla No. 4 Análisis fisicoquímica y microbiológica

Análisis físico-químicos en laboratorios	Análisis físico-químicos "in situ"	Análisis microbiológicos en laboratorios
Color	pH	Coliformes Totales
Olor Cuantitativo Cualitativo	Conductividad Eléctrica	Coliformes Fecales
	Sólidos Totales disueltos	
	Temperatura	
pH	Turbiedad	
Conductividad Eléctrica	Coordenadas geográficas	
Sólidos Totales disueltos	Época Clima	
Salinidad		
Temperatura		
Turbiedad		
Dureza		
Sulfatos		
Amonio		
Amoniaco		
Cianuros		
Nitratos		
Nitritos		
Flúor		
Fosforo		
Fosfatos		
Hierro		
Detergentes		
DBO ₅		
DQO		
Cromo		
Manganeso		

Fuente: Velasteguí, J.R. 2012. Calificación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo Evaluación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo (Pelileo, Tungurahua) e instalación de dispositivos ecológicos piloto para su descontaminación.

La caracterización fisicoquímica y microbiológica se realizó mediante análisis en el Laboratorio de control de calidad de aguas de la EP EMAPA-A. Además, en vista de no ser posible el análisis de ciertos parámetros las muestras se enviaron LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Riobamba.

Análisis Fisicoquímicos

Potencial hidrogeno pH

In situ: método (APHA 4500H⁺B, 2011).

Laboratorio: método (APHA 4500H⁺B, 2011).

Conductividad

In situ: método (APHA 2510 B, 2011).

Laboratorio: método (APHA 2510 B, 2011).

Solidos Totales Disueltos

In situ: método (APHA 2510 B, 2011).

Laboratorio: método (APHA 2510 B, 2011).

Salinidad

In situ: método (APHA 2510 B, 2011).

Laboratorio: método (APHA 2510 B, 2011).

Temperatura

In situ: método (APHA 4500H⁺B, 2011).

Laboratorio: método (APHA 4500H⁺B, 2011).

Turbiedad

In situ: método (APHA-2130 B).

Laboratorio: método (APHA-2130 B, 2011).

Dureza

Laboratorio: método (APHA-2340 C, 2011).

Color

Laboratorio: método (APHA-2120 B, 2011).

Olor

Cuantitativo y Cualitativo

Laboratorio: método (APHA-2150 B, 2011).

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Laboratorio: método (HACH 800, 2011).

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Laboratorio: método (HACH BOD trak, 2011).

Amoniaco

Laboratorio: método (HACH 8038,2011).

Amonio

Laboratorio: método (HACH 8038,2011).

Cianuro

Laboratorio: método (HACH 8027, 2011).

Flúor

Laboratorio: método (HACH 8029, 2011).

Hierro

Laboratorio: método (HACH 8008, 2011).

Nitratos

Laboratorio: método (HACH 8039, 2011).

Nitritos

Laboratorio: método (HACH 8507, 2011).

Fosfatos

Laboratorio: método (HACH 8190, 2011).

Fosforo Tota

Laboratorio: método (HACH 8190, 2011).

Sulfatos

Laboratorio: método (HACH 8051, 2011).

Manganeso

Laboratorio: método (APHA 3111B MÉTODO DE LLAMA DIRECTA AIRE-ACETILENO, 2011).

Cromo

Laboratorio: método (APHA 3111B MÉTODO DE LLAMA DIRECTA AIRE-ACETILENO, 2011).

Análisis Microbiológicos

Índice de Coliformes totales

Laboratorio: método (APHA 9221, 2011).

Índice de coliformes fecales

Laboratorio: método (APHA 9222, 2011).

3.5.4 Diseño Experimental

Se aplicó el siguiente diseño experimental:

Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado.

Factores en estudio fueron los bloques que corresponden a las semanas en que se tomaron las muestras durante dos meses, en dos diferentes épocas (lluviosa y seca) con un intervalo de 1 mes aproximadamente entre cada muestreo, y los tratamientos los lugares o puntos de acceso al canal, en los que se obtuvo un promedio para cada parámetro fisicoquímico y microbiológico.

Bloques: Semanas (dos meses)

1. Semana 1
2. Semana 2
3. Semana 3
4. Semana 4

Tratamientos: lugares

1. Captación: Manzana Guayco
2. Quebrada de Patalo
3. Planta San José
4. Planta Casigana

Tabla No. 8 Factores en Estudio para cada parámetro

Tratamientos (lugares)	Bloques (Semanas)			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Tabla No. 9 Parámetros

Parámetros Fisicoquímicos	Unidades
Turbiedad	NTU
Sulfatos	mg/L
Amonio	mg/L
Amoniaco	mg/L
Nitratos	mg/L
Hierro	mg/L
Parámetros Microbiológicos	Unidades
Coliformes fecales	NMP/100
Coliformes totales	NMP/100

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Los parámetros tomados fueron aquellos que más inciden en grado de contaminación, y que presentaron una mayor variación en el transcurso del muestreo.

3.6 Plan de procesamiento de la información

Con los valores obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, de las dos épocas (lluviosa, seca) se procedió a tabular datos, a la vez se realizó gráficos de barras en el programa Excel para cada uno de los parámetros analizados, así se visualiza fácilmente la variación de los resultados con relación al tiempo, además de comparar con los límites máximos permisible

según TULAS (Tabla No. 1), para determinar si se cumple o no con la Norma Ambiental, de forma independiente para cada uno de los parámetro.

Con los valores tabulados se realizó el procesamiento de la información obtenida en la fase experimental de la investigación, para ello se utilizó un estudio estadístico con la ayuda del programa Statgraphics con el 95% de confianza. Donde además con los valores de los análisis se comparó con los niveles máximos permitidos para descargas de aguas según la norma ambiental.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los resultados

Los análisis se realizaron en las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo, en sus diferentes puntos de acceso como son: 1. Manzana Guayco, 2. Quebrada de Patalo, 3. Huachi San José, y 4. Planta Casigana (Anexo D, Imagen D-1 a la D-6).

Los resultados se obtuvieron en dos épocas. La primera época lluviosa fue del 08 de abril al 31 de mayo cuando las lluvias de acuerdo al análisis climatológico decadal del Inamhi (República del Ecuador, 2012-2013) fueron de +51% de precipitación, la segunda etapa fue del 01 de julio al 30 de agosto, época seca con -69% de precipitación del año 2013.

Los factores en estudio para la caracterización fisicoquímica y microbiológica se realizaron in situ el momento del muestreo con 5 parámetros para cada punto y cada época (Anexo A, Tablas A-1, A-8), posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Publica Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A) donde se analizaron 25 parámetros para cada época (Anexo A, Tablas A-9, A-24).

Se trabajó en una época lluviosa porque el incremento de agua en el canal es notorio gracias a la presencia de lluvias que influye en los resultados de los parámetros analizados. La mayoría de análisis se presentan dentro de los límites permisibles según TULAS (Tabla No.1). Con ciertas excepciones con valores mayores, estos parámetros son: amonio, detergentes y coliformes fecales.

Existen un grado de elevación en los resultados, en dos puntos específicos del canal como son Quebrada de Patalo y Huachi San José, otra variación presentada es que conforme disminuyen las lluvias y entramos a la época seca estos parámetros aumentan su concentración.

La segunda época se considera seca debido a la disminución de lluvias, presencia de sol y vientos que influyen notoriamente en los resultados de los análisis debido a que existe mayor concentración de los parámetros en el agua aumentando la contaminación, que sobre pasan los límites permisibles según TULAS.

Al igual que la época lluviosa se evidencia que existe un mayor grado de contaminación en los dos puntos del canal que son Quebrada de Patalo y Huachi San José, esto se debe por la presencia especialmente de ganado a los alrededores del lugar.

En Huachi San José, existe una gran cantidad de sembríos de frutas y hortalizas, se observa además ciertas actividades que contaminan el canal (lavado de recipientes con residuos de pesticidas y lavado de chochos), razón por la que existe mayor contaminación y la calidad del agua disminuye en su trayectoria. El agua que ingresa al canal en el sector de Manzana Guayco también presenta ligera contaminación por presencia de ganado y lavado de plásticos.

Resultados obtenidos

Fisicoquímicos

Potencial hidrógeno

La variación de los valores de pH se pueden observar en los gráficos en barras tanto in situ (Anexo C, gráficos C-1 y C-2) como los estudiados en el laboratorio (Anexo C, gráficos C-11 y C-12) de acuerdo a cada época.

Conductividad eléctrica

Los resultados de este factor se pueden visualizar en las gráficas, in situ (Anexo C, gráficos C-3 y C-4) y los resultados del laboratorio (Anexo C, gráficos C-13 y C-14) de cada época.

Sólidos totales disueltos

Los valores de Sólidos Totales Disueltos no presentan mucha variación entre sus muestreos y entre los diferentes lugares de acceso, tanto in situ (Anexo C, gráficos C-5 y C-6) como en el laboratorio (Anexo C, gráficos C-15 y C-16).

Temperatura

La medición de la temperatura se realizó el momento de toma de muestras (Anexo C, gráficos C7 y C-8), posteriormente se llevó las muestras al laboratorio en donde no presentaron un incremento ya que se trata de trabajar con las mejores condiciones ambientales tanto en temperatura como en humedad (Anexo C, gráficos C-17 y C-18).

Turbiedad

Según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, ANEXO B, Tabla B-1 existe diferencia en el factor Bloques, es decir las semanas (tiempo) si influyen en la variación de turbiedad. Se aplicó la Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-3 para bloques se observa diferencia significativa entre las semanas 2,3 y 4 de la época lluviosa.

Época seca ANEXO B, Tabla B-25, según el Análisis de Varianza consta diferencia en el factor Tratamientos, es decir los lugares de acceso si influyen en la variación de turbiedad. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-26 para tratamientos se identificó diferencia significativa entre los lugares 1 (Manzana Guayco) y 2 (Quebrada de Patalo). Todo esto se evidencia con mayor claridad en los gráficos ANEXO C, Gráficos C-40 y C-43.

Dureza

De acuerdo a los datos obtenidos se realizó gráficos de barras para este parámetro en dos épocas lluviosa y seca, Anexo C, gráficos C-19, C-20 aumentando ligeramente cada semana del mes de mayo, julio y agosto.

Demanda química de oxígeno (DQO)

Con los valores de cada época se puede afirmar que aumenta la contaminación, pero no sobre pasa los límites de acuerdo a los Anexo C, gráficos C-21 y C-22.

Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

La Demanda Biológica de Oxígeno durante la época lluviosa no presento valores mayores a cero, sin embargo durante la época seca si se identifica un incremento y variación de acuerdo a los lugares de nuestro Anexo C, gráficos C-23.

Sulfatos

Según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, ANEXO B, la Tabla B-4, existe diferencia en el factor Bloques y en el factor Tratamientos es decir las semanas (tiempo) y los lugares si influyen en la variación de sulfatos. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-5 para Tratamientos se observó que hay diferencia significativa en el punto 3 del canal que corresponde a Huachi San José. De forma similar al aplicar Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-6 para Bloques existe diferencia significativa entre las semanas 3 de cada.

Durante la época seca disminuye la cantidad de sulfatos, el ANEXO B, la Tabla B-28, según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, existe diferencia en el factor Bloques y en el factor Tratamientos al igual que la época lluviosa. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-29 para Tratamientos se observó que existe diferencia significativa en el punto 1 y 2 del canal que corresponde a Manzana Guayco, Quebrada de Patalo. De forma similar al aplicar Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-30 para Bloques existe diferencia significativa entre las semanas 1 y 4 de cada mes. Todo esto se puede evidenciar en los Anexo C, gráficos C-44 al C-47.

Amonio

El ANEXO B muestra los resultados de amonio en la Tabla B-7, según el Análisis de Varianza, existió diferencia en el factor Bloques es decir las semanas (tiempo) si influyen en la variación de amonio. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-9 para Bloques existe diferencia significativa entre las semanas 2,3 y 4 de cada mes

En la época seca, el ANEXO B, la Tabla B-31, según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, muestra diferencia en el factor Tratamientos es decir los lugares si influyen en la variación de amonio. Aplicando la Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-32 para Tratamientos se observó que existe diferencia significativa en el punto 1 y 3 con mayor contaminación en el punto 3 (Huachi San José). Gráficos C-48, al C-51.

Amoniaco

El Amoniaco en el canal se presentó según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza en el ANEXO B, la Tabla B-10 diferencias en el factor Bloques. Al aplicar Tukey para bloques, ANEXO B, Tabla B-12 demuestra cambios entre las semanas 2,3 y 4 de cada mes.

Durante la época seca se presentó los siguientes resultados: ANEXO B, la Tabla B-34, según el Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, diferencia en el factor Tratamientos. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza para tratamientos, ANEXO B, Tabla B-35 se observó que existe diferencia en el punto 2 y 3 del canal que corresponde a Quebrada de Patalo (mayor contaminación) y Huachi San José. De acuerdo a los Anexo C, gráficos C-52, al C-55.

Cianuros

Los valores de cianuros se evidencian en los Anexo C gráficos, C-24 para la época lluviosa y C-25 para la época seca.

Nitratos

Según el ANEXO B, la Tabla B-13, Análisis de Varianza con un 95%, existió diferencia en el factor tratamientos. Al aplicar la Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-14 para Tratamientos se muestra diferencia significativa en el punto 2 del canal que corresponde a la Quebrada de Patalo.

Durante la época seca los valores de nitratos presentaron cierta elevación por lo que en el ANEXO B, la Tabla B-37, Análisis de Varianza, si hay diferencia en el factor Tratamientos. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-38 para Tratamientos se observó diferencia significativa en el punto 3 del canal que corresponde a Huachi San José. Cada parámetro tiene su respectivo gráfico que se encuentra en los Anexo C, gráficos C-56, al C-59

Nitritos

Los resultados y variaciones de este factor estudiado se encuentran en los Anexo C, gráficos C-26 y C-27 para las dos épocas.

Flúor

El flúor se estudió al igual que los demás parámetros, sus datos graficados se muestran en el Anexo C, gráficos C-28 y C-29.

Color

Los valores obtenidos del color de los diferentes lugares de acceso y épocas fueron graficados en los Anexo C, gráficos C-30 y C-31.

Fosforo

Este parámetro se presenta muy bajo, cuyos valores se representaron en los Anexo C, gráficos C-32, C-33.

Fosfato

Los Anexo C, gráficos C-34 y C-35 muestran la variación de fosfato en cada época y lugar de estudio.

Hierro

Por ser un factor importante en la calidad del agua fue analizado estadísticamente presentando las siguientes variaciones: el ANEXO B, la Tabla B-16, Análisis de Varianza con un 95% de nivel de confianza, existió diferencia en el factor Bloques. Por lo que el Hierro varía de acuerdo a las semanas en la que se tomaron las muestras. Al aplicar Prueba de Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-18 para Bloques existe diferencia significativa entre las semanas de cada mes conforme disminuyen las lluvias.

Durante la época seca Tabla B-40, presento diferencia en el factor Tratamientos. Por lo que el Hierro varía de acuerdo al lugar de muestreo. Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-41 para Tratamientos se observó diferencia significativa en el punto 2 y 3 del canal (Quebrada de Patalo, Huachi San José) con valores mayores. Con sus respectivos gráficos C-60 al C-63, Anexo C.

Olor

Cuantitativo: Se determinó el olor umbral de cada muestra, el que se graficó y se puede observar en los Anexo C, C-36 y C-37

Cualitativo: El olor cualitativo se presente de acuerdo a descripciones características de olor análogo.

Manganeso

El manganeso es un elemento reactivo que se combina fácilmente con los iones del agua. En esta investigación no se obtuvieron resultados relacionados a este factor.

Cromo

El cromo es un metal pesado altamente peligroso para los seres humanos. Los resultados se graficaron y se muestran en los Anexos C, gráficos C-38 y C-39.

Detergentes

Este parámetro es de gran importancia, pero no fue analizado en el Laboratorio de Control de Calidad de la Planta Casigana, se envió a los LAB-CESTTA de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo Riobamba.

Microbiológicos

Coliformes Totales

Los valores que se muestran en el ANEXO B, Tabla B-19, revelan significancia al 95%, en el factor Tratamientos y el factor Bloques, por esto se aplicó la prueba de Tukey, ANEXO B, Tabla B-20 para tratamientos, esta mostro que los resultados tienen diferencia significativa en la Quebrada de Patalo donde incrementa su valor. La prueba de Tukey, ANEXO B, Tabla B-21 para bloques, los resultados tienen diferencia significativa en las últimas semanas del mes de mayo.

Durante el muestro en la época seca los resultados obtenidos no sobre pasan los límites permisibles según TULAS pero sí aumentan en sus valores según el ANEXO B, Tabla B-43, identificando significancia al 95%, en el factor Tratamientos, por esto se aplicó la prueba de Tukey, ANEXO B, Tabla B-44 para tratamientos, presentando una mayor contaminación el puno número 3 de muestro correspondiente a Huachi San José. Anexos C, gráficos C-64, al C-67.

Coliformes Fecales

Los valores identificados mostraron significancia al 95%, en el ANEXO B, Tabla B-22, en el factor Tratamientos y el factor Bloques determinando. Tukey para tratamientos, ANEXO B, Tabla B-23 muestra diferencia significativa en el punto 1 del canal que corresponde a Manzana Guayco. Tukey al 5% de confianza, en el ANEXO B, Tabla B-24 para Bloques existe diferencia significativa entre las semanas de cada mes conforme disminuyen las lluvias.

Con la presencia de sol y vientos en la época seca, los resultados de coliformes fecales se presentaron mayores según el ANEXO B, Tabla B-46, mostraron significancia al 95%, en el factor Tratamientos que conforme el agua sigue su trayectoria existen algunos puntos de contaminación, por esto se aplicó la prueba de Tukey, ANEXO B, Tabla B-47 para Tratamientos que existe diferencia significativa en los punto 2 y 3. Quebrada de Patalo y Huachi San José son dos puntos en donde la calidad del agua disminuye y aumenta su contaminación. Anexos C, gráficos C-68, al C-71.

4.2 Interpretación de datos

Al analizar los resultados fisicoquímicos y microbiológicos del agua que accede a la Planta de Tratamiento Casigana que proviene del Canal Ambato-Huachi-Pelileo, se encuentran algunas variaciones especialmente en su origen y trayectoria, debido a los agentes contaminantes a lo largo del canal y a los cambios climáticos. Sin bien no todos los parámetros sobre pasan los límites establecidos según TULAS existen análisis que sí. Esto no significa que el agua presente buena calidad ya que el simple hecho de encontrar agentes extraños conlleva a algún tipo de contaminación.

Los parámetro que se analizaron son características fisicoquímicas y microbiológicas que permitieron detectar cual es el grado de contaminación que presenta el agua. Algunos de estos se utilizan en el control de los procesos de tratamiento realizando mediciones de forma continua **(Ramos, 2012)**.

Comparando los resultados obtenidos con otras investigaciones realizadas como el trabajo de FIALLOS L, en la Estación el “PERAL” EMAPA AMBATO (2011), también el trabajo de POZO G, en las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato (2012), para conocer las características de las aguas se analizó: pH, temperatura, conductividad, sólidos totales disueltos, demanda química de oxígeno(DQO), demanda biológica de oxígeno (DBO₅), detergentes, nitrógeno, fósforo, color, olor, coliformes totales y fecales. Los

resultados mostraron que existe diferencia estadística significativa en algunos parámetros tales como DBO₅, DQO, sulfatos, amonio, detergentes y coliforme fecales que constituían parte importante de la carga contaminante.

Fisicoquímicos

Potencial de hidrógeno

El valor de pH en aguas debe estar entre 6 y 9, según la Norma de Calidad Ambiental y Descargas de Efluentes (TULAS), (Tabla No. 1 Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional).

Por lo que durante los meses que se monitoreo el canal y su cadena de trayectoria, la mayoría de los valores de potencial de hidrogeno estuvieron dentro del rango permisible, tanto en la toma de la muestra in situ con valores entre 8,38 y 8,53 durante la época lluviosa y la época seca, como el análisis en el laboratorio, con un aumento notorio en el mes de mayo (época lluviosa), donde las lluvias se presentaron con menos frecuencia, como se puede observar en el gráfico de barras en el Anexo C, gráficos C-11 y C-12. Los lugares que presentan mayores valores de pH son Quebrada de Patalo y Planta Casigana, probablemente por la presencia de sales de bases fuertes y ácidos débiles como Na₂CO₃ (**Orozco, 2005**) que incrementa el pH.

Durante la época seca se identifica también un aumento en el mes de agosto claramente por la presencia de sol esto es perjudicial ya que si el pH aumenta se verán afectadas bacterias que no soportan pH mayores a 9.5 o menores a 4.0 y son ellas las que ayudan a la degradación de ciertos contaminantes (**Ramos, 2012**).

Conductividad eléctrica

La conductividad presenta valores muy bajos entre 247 µs/cm y 298 µs/cm época lluviosa y época seca, tomando en cuenta que el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos (**Herrera, 2010**). Es decir cuanto mayor sea dicha concentración,

mayor será la conductividad según **Dorrnsoro (2001)**, indica que valores de 250 $\mu\text{s}/\text{cm}$ se trata de una clase de agua excelente, mientras que valores entre 250 y 750 $\mu\text{s}/\text{cm}$ agua buena, en este caso la conductividad se presenta dentro de estos dos rangos. Hablando así de calidad de agua excelente durante la época lluviosa y agua buena en la época seca, afirmando que el cambio climático si influye en la contaminación y calidad del canal.

Sólidos totales disueltos

Los valores de Sólidos Totales Disueltos del canal no presentan mucha variación entre sus muestreos y entre los diferentes lugares de acceso 119,13 mg/L y 146,45 mg/L, señalando lo antes mencionado que es directamente proporcional a la conductividad eléctrica (**Herrera, 2010**), además que al hablar de este parámetro se refiere a la medida específica del total de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos) a través de una membrana con poros por lo que **Dorrnsoro (2001)**, indica que valores de 175 mg/L es un tipo de agua excelente que nos sobre pasa los límites permisibles.

Salinidad

La salinidad del agua es un parámetro secundario, no es obligatorio corregir el problema, por el organismo que se encarga del suministro del agua. Especialmente cuando se presentan valores muy bajos como los obtenidos que son de 0.1 ppm sin ninguna variación. Razón por la que este factor no fue tomando como ente contaminante del agua.

La alta salinidad está ligada a altas concentraciones de cloruros, sulfatos así como excesiva dureza por la presencia de calcio y magnesio en altas concentraciones. También a mayor salinidad, mayor es la probabilidad de presencia de contaminantes (flúor, arsénico, metales pesados). Lo que no se encontró esta investigación. Sin embargo si existen valores muy altos de salinidad causan problemas a nivel de uso industrial o para el consumidor doméstico de agua potable, ya que los alimentos preparados con agua de alta salinidad son difíciles de cocinar (**Gómez, 2012**).

Temperatura

Los datos de temperatura se tomaron al momento de recoger las muestras, es decir en horas tempranas (08h00-10h00 am), por lo cual se registra mínima variación de un muestreo a otro (17,88-18,33 °C) época lluviosa, (18,10-20,39°C) época seca, a pesar que a esta horas la temperatura ambiental es baja, al llegar al laboratorio las muestra no presentan un incremento de temperatura ya que se trata de trabajar con las mejores condiciones ambientales tanto en temperatura como en humedad.

Comparando estos valores con los límites permisibles según TULAS se encuentran dentro del rango, teniendo en cuenta ± 3 ° C de las condiciones naturales, sin embargo en épocas secas la temperatura comienza a aumentar durante el día por la presencia del sol y asciende con lo que disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumento en general las sales (**Orozco, 2005**), identificándose que la temperatura va aumentando en la trayectoria del canal teniendo un mayor valor el agua que ingresa a la Planta de Tratamiento Casigana.

Turbiedad

La turbiedad es una medida en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión; mide la claridad del agua. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua (**Casillas, 2010**). Por lo que se tomó como parámetro para identificar la contaminación del canal. Durante la época lluviosa según ANOVA existe diferencia en el tiempo (semanas) de muestreo ya que unos días llovía más que otros aumentando la presencia de partículas por esto los valore se presentaron mayores. Mientras que en la época seca los valores disminuyeron y se logró identificar los lugares de contaminación gracias a que los tratamientos que fueron significativos (ANOVA), evidenciando que Manzana Guayco y Quebrada de Patalo presentan mayores agentes contaminantes.

Si se habla de Manzana Guayco puede presentar mayor contaminación en turbiedad por ser la captación del canal que llega directamente del río Ambato y si se trata de la Quebrada de Patalo se trata de una zona muy alejada en la que se encuentra además un gran cantidad de ganado propio de la zona aun así los valores máximos de turbiedad son de 55,45 NTU no sobre pasa el limite permisible de 1000 NTU **(TULAS, 2010)**.

Dureza

La dureza, por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro **(Prieto, B. 2012)**. El agua tomada de los diferentes puntos de acceso del canal y en diferentes épocas no presenta valores mayores al límite permisible. Un agua de dureza de 60 mg/L de CaCO_3 se considera blanda. Si la dureza es superior a 270 mg/L de CaCO_3 , el agua se considera dura. De acuerdo a los resultados conseguidos (60 mg/L) para este parámetro se trata de agua blanda que aumenta ligeramente cada semana del mes de mayo, julio y agosto. Hablar de agua blanda significa que contiene poca caliza, forma abundante espuma con el jabón, es decir agua predominantemente libre de iones calcio y magnesio **(Andreo, 2011)**.

Según Torres (2012), relacionando la conductividad eléctrica con la dureza: valores de 140-300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ la dureza corresponde a un tipo de agua blanda, 300-500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ el agua se presenta ligeramente dura. Lo que concuerda con que en la época lluviosa de acuerdo a los resultados de conductividad el agua del canal si se presenta blanda, y se señala además que en la época seca con escasez de lluvias y aumento de la conductividad eléctrica el agua es ligeramente dura en el canal, ya que contiene exceso de sales y forma poca espuma con el jabón, contiene iones calcio, magnesio y es inadecuada para algunos usos domésticos e industriales **(Andreo, 2011)**.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La Demanda Química de Oxígeno es la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar químicamente el material orgánico. Difiere de la Demanda Bilógica

de Oxígeno en que en esta última prueba solo detecta el material orgánico degradado biológicamente o que es biodegradable **(Romero, 2002)**. Comparando con el límite máximo permisible (250 mg/L) según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) Tabla No.1 para aguas que necesitan tratamiento convencional 2010, el agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo, cumple la norma desde el principio de la evaluación, sin embargo se determinó que en el punto número dos de acceso al canal (Quebrada de Patalo) presenta un incremento en sus valores demostrando que existen focos de contaminación como puede ser por lo antes ya mencionado, presencia ganado a sus alrededores además que es una zona que no tiene ningún tipo de control.

Esto cuando se habla de época lluviosa. Analizando los valores finales, de la época seca (126,50 mg/L) Huachi San José se puede afirmar que también aumenta la contaminación, pero no sobre pasa los límites.

Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

La Demanda Biológica de Oxígeno es uno de los parámetros de mayor importancia en el estudio y caracterización de las aguas no potables. La determinación de DBO₅ además de indicar la presencia y biodegradabilidad del material orgánico presente, es una forma de estimar la cantidad de oxígeno que se requiere para estabilizar el carbono orgánico y de saber con qué rapidez este material va a ser metabolizado por las bacterias que normalmente se encuentran presentes en las aguas residuales **(Romero, 2002)**.

Los valores de la DBO₅ son aceptables ya que se encuentran por muy debajo (0 mg/L) del límite máximo permisible (100 mg/L) en el transcurso de la primera etapa en el que se evaluó continua el agua del canal. En la época seca incrementan con valores de (12,25 mg/L) lo que indica que existe mayor cantidad de microorganismos que utilizan oxígeno disuelto para la oxidación aerobia de la materia orgánica biodegradable presente en el agua, con esto se comprueba mayor grado de contaminación **(Gómez, 2012)**.

Sulfatos

El sulfato (SO_4) se encuentra en casi todas las aguas naturales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua (**Gómez, 2012**). Pero como los valores de dureza se presentaron dentro del rango permisible no se encuentran mayores dificultades con el sulfato.

Las muestras tomadas en el recorrido del canal no exceden los límites permisibles de sulfatos sin embargo es un factor esencial tomado para la calidad del agua. Aunque se presentan ciertas variaciones según ANOVA en los diferentes lugares de acceso al canal y las semanas lo que demuestra que estos factores si influyen en la caracterización encontrando valores mayor de este parámetro en el sector de Huachi San José durante la época lluviosa.

Otra variación es que en la época seca se observa disminución en los valores de sulfatos lo que si concuerda con lo mencionado por **Gómez (2012)**, debido a la ausencia de lluvias, sin embargo Manzana Guayco y Quebrada de Patalo también están contaminados por sulfatos.

Amonio

Los valores de Amonio en los diferentes lugares de muestreo si sobrepasan los límites permisibles de acuerdo al TULAS (0,05 mg/L). El amonio, que en gran medida se incorpora al agua procedente de las *redes de saneamiento, es otro de los compuestos significativos a la hora de evaluar la calidad de las aguas. Junto con los nitratos, el amonio es la fuente principal de aporte de nitrógeno al agua y contribuye por tanto, a los procesos de *eutrofización (**Gómez, 2012**).

*eutrofización: proceso que se define como el enriquecimiento de un ecosistema con nutrientes a un ritmo tal que no puede ser compensado por sus formas de eliminación natural (**Ryding, 2002**).

*redes de saneamiento= redes de alcantarillado.

Al observar el Análisis de Varianza existió diferencia en el factor Bloques, las semanas (tiempo) en la época lluviosa, mientras que en la época seca se encuentra diferencia en el factor Tratamientos. El tiempo y los lugares si influyen en la variación de este parámetro y la contaminación del canal, especialmente en Huachi San José en el que se encuentran valores mayores posiblemente detectados por los procesos antes mencionados.

Amoniaco

El amoniaco en el canal se presentó bajo los límites permisibles, durante la época lluviosa existen elevaciones en sus valores especialmente en las últimas semanas de cada mes, por la poca precipitación de lluvias. El agua de lluvia, debido a la disolución del nitrógeno de la atmósfera, puede presentar algunas trazas (**Gómez, 2012**).

Además en determinados lugares de su trayectoria: Huachi San José y Planta Casigana si existen incrementos en sus valores recalando, que esto se debe a que las aguas superficiales bien aireadas generalmente contienen poco amoníaco, aguas poco polucionadas de cauces naturales no suelen presentar más de 1 mg/L. Sin embargo el canal Ambato-Huachi-Pelileo no presenta valores mayores a 0,0048 mg/L no exceden los límites permisibles establecidos. Y no presentan mucha variación con la presencia o ausencia de lluvia. Niveles superiores de amoníaco son indicativos de una contaminación reciente. La principal fuente de contaminación de amoníaco son las aguas residuales. En las aguas residuales, el amoníaco proviene de la descomposición de la urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (**Aznar, 2000**).

Cianuros

El cianuro es un contaminante que se origina principalmente en los procesos *metalúrgicos y otros procesos industriales como la extracción de oro y plata.

*metalúrgicos: es la obtención y tratamiento de los metales desde minerales metálicos hasta los no metálicos (**Astudillo, 2010**).

Cianuros se refiere a todos los grupos CN⁻ en compuestos químicos que pueden ser determinados como ión cianuro.

Los cianuros son compuestos potencialmente tóxicos, ya que ante un cambio de pH del medio puede liberar ácido cianhídrico, compuesto de máxima toxicidad para el ser humano (**Aznar, 2000**). Es por ello que resulta de suma importancia determinar como ión cianuro (CN⁻) la presencia de todos los compuestos cianurados en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Nitratos

Las variaciones de este parámetro se presentaron en los lugares de acceso durante las dos épocas en Huachi San José y en la Quebrada de Patalo, indicando que las semanas (tiempo) no influyen directamente. De acuerdo a las investigaciones realizadas por **Aznar (2002)**, se afirma que los nitratos (NO₃⁻) son sales muy solubles, derivadas del nitrógeno, que se pueden encontrar en alimentos y aguas de bebida. Se derivan principalmente del empleo de fertilizantes nitrogenados, excretas de animales, descargas de desechos sanitarios e industriales, y del uso como aditivos alimentarios (conservas de pescado y carnes).

Concordando con las fuentes de contaminación que rodea estos lugares. En las aguas superficiales, como los ríos y lagos, la concentración de nitratos es habitualmente baja, de 10 mg/L (excepto que exista un nivel importante de contaminación).

Nitritos

Nitrito son compuestos de nitrógeno relacionados que se encuentran en el suelo, el agua, las plantas y los alimentos de forma natural. Se forman cuando los microorganismos del entorno descomponen materiales orgánicos, como plantas, estiércol de animales y aguas residuales (**Aznar, 2000**).

En el agua, es más habitual encontrar nitratos que nitritos. Sus valores en la trayectoria del agua del canal no fueron mayores a los límites establecidos 1

mg/L, pero existen valores mayores en la captación del canal que corresponde al sector de Quindivana en Manzana Guayco, esto puede ser por la presencia de ganado y por ser una parte totalmente abierta del canal, otro lugar que presenta valores elevados es el sector de Huachi San José.

Flúor

El flúor es un elemento relativamente abundante en la naturaleza y forma compuestos con la mayoría de los elementos. Es demasiado reactivo para existir en su estado elemental en la naturaleza. Sin embargo, los enlaces que forma con átomos de otros elementos son relativamente fuertes.

El flúor es un elemento muy tóxico y reactivo. Hay que tener cuidado para prevenir que líquidos o vapores entren en contacto con la piel y los ojos **(Gómez, 2012)**. Los límites según TULAS es de 1,5 mg/L. En este caso de estudio ningún muestreo sobre pasa estos límites a excepción del agua que ingresa a la Planta Casiga que presenta valores mayores (0,55 mg/L) a los de los demás puntos de acceso. Sin embargo si se evidencio un incremento durante la época seca sin sobre pasar los límites permisibles.

Color

El agua inicialmente presento un color turbio debido principalmente a la tierra, con valores muy bajos durante el mes de abril, con el transcurso del tiempo y escasez de lluvias aumento considerablemente su color, esto se debe a los deshielos presentes en el volcán Chimborazo, el agua baja arrastrando todo el material presente en las rocas que pueden tener en su composición un elevado contenido de metales (hierro y magnesio sobretodo), presentándose así de un color ladrillo con valores de 40 unidades de color sin sobre pasar los límites permisibles **(Seoanez, 2007)**.

Manzana Guayco y la Quebrada de Patalo son los dos lugares en donde el color se presenta con mayores valores por ser los primeros puntos de recorrido del agua. Con la presencia de sol y disminución del caudal del agua las unidades de color disminuyen.

Fósforo

Este parámetro se presenta muy bajo con relación a lo establecido en los límites (10 mg/L). Se encuentra relacionado con la cantidad de detergentes, el fósforo proviene de diferentes fuentes como de aguas residuales de procesos agrícolas, industriales y aguas residuales domésticas (**Aznar, 2000**). Al igual que otros parámetros se presenta con valores mayores en la captación del canal que es un lugar totalmente abierto procedente directamente del río Ambato donde se desempeñan distintas actividades domésticas.

Fosfato

Los fosfatos son la forma más habitual de encontrar el fósforo en el agua (**Aznar, 2000**). Al igual que el fosforo presentan valores bajos 0,64 mg/L y 1,53 mg/L en época lluviosa y época seca. El origen de dicha presencia puede ser muy variado, se añaden en algunos tratamientos de aguas, o como caso más habitual es en forma de aditivo a detergentes para el lavado de la ropa o limpieza en general. Desgraciadamente el uso de fertilizantes o no usar abonos orgánicos con presencia de fosfatos también influyen, de manera negativa, en la presencia de éstos en el agua, ya que por percolación llegan a los acuíferos naturales (**Seoanez, 2007**).

Hierro

El hierro es un elemento común en la superficie de la tierra. A medida que el agua se filtra o sigue su recorrido por el suelo y las piedras puede disolver este mineral y acarrearlo. Es el responsable del color rojizo del agua (**Aznar, 2000**). Por ser un factor importante en la calidad del agua fue analizado estadísticamente presentando variaciones en el tiempo durante la época lluviosa, este factor está ligado al color del agua, mientras mayor contenido de hierro encontremos, mayor será el color del agua, lógicamente los valores de hierro y el color del agua disminuyen con la presencia del sol en la época seca.

Olor

Los compuestos tanto químicos como orgánicos presentes en el agua pueden dar olores muy fuertes, aunque estén en muy pequeñas concentraciones **(Seoanez, 2007)**.

Cuantitativo: Se determinó el olor umbral de cada muestra, reconociendo que este no presenta muchas variaciones en los lugares de la trayectoria del agua del canal, pero si se observa un incremento en el mes de mayo y agosto en donde existen cambios climáticos.

Cualitativo: El olor cualitativo se presente de acuerdo a descripciones características de olor análogo entre las que encontramos con mayor frecuencia un olor terroso que corresponde a tierra húmeda, propio por la presencia de lluvias y la ausencia de sustancias nocivas o desagradables en la trayectoria del canal.

Manganeso

El manganeso se encuentra en una serie de minerales de diferentes propiedades químicas y físicas, pero nunca se encuentra como metal libre en la naturaleza **(Aznar, 2000)**. En el análisis de las muestras del canal los valores de manganeso siempre fueron 0 durante todo el tiempo de estudio.

Cromo

El cromo es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas. También se lo encuentra en los cultivos y como residuo en los suelos agrícolas. Además, hay niveles traza de cromo en el medio ambiente, el cual proviene de la actividad industrial **(Tapia, 2012)**.

Los niveles que se encuentran en el agua por lo común son bajos menores a 0,05 mg/L esto si se cumple en el estudio realizado del canal Ambato-Huachi-Pelileo ya que el cromo en general es de baja solubilidad **(Aznar, 2000)**, sin embargo existe un incremento en dos sectores que son Quebrada de Patalo y

Huachi San José en el mes de mayo y agosto por lo antes mencionado en parámetros como color.

Detergentes

Este parámetro es de gran importancia, pues en concentraciones altas dificulta la vida acuática inhibiendo el proceso de la fotosíntesis, originando la muerte de la flora y la fauna acuáticas. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración provocándoles la muerte. Disminuyen mucho el poder auto depurador de los ríos al dificultar la actividad bacteriana **(Fiallos, 2011)**.

Los niveles iniciales de detergentes en las aguas de Manzana Guayco fueron de 0,44 mg/L siendo el límite máximo permisible 0,5 mg/L. Si bien no excede este valor pero si existe una cantidad considerable. En la Quebrada de Patalo si presenta valores mayores de 0,71 mg/L, en Huachi San José aumenta de igual forma a 0,86 mg/L indicando que existen mayores contaminantes en este lugar. Y finalmente el agua que ingresa a la Planta Casigana presenta un valor de 0,86 mg/L sin incrementar mucho su valor pero si sobrepasando los límites.

Con la presencia de sol los niveles de concentración de ciertos reactivos aumentan como se identifica en este factor, cuyos valores aumentaron considerablemente: Manzana Guayco 0,65 mg/L, Quebrada de Patalo 0,74 mg/L, Huachi San José 0,92 mg/L y Planta Casigana 0,90 mg/L. Siendo este un factor muy importante para ser tratado y evaluado con mayor frecuencia, está relacionado además con los valores de dureza del agua.

Microbiológicos

Coliformes Totales

Las bacterias totales presentaron valores bajos cumpliendo la Norma Ambiental, siendo estas uno de los parámetros más importantes en vista de que son causantes de varios impactos ambientales negativos **(Romero, 2007)**.

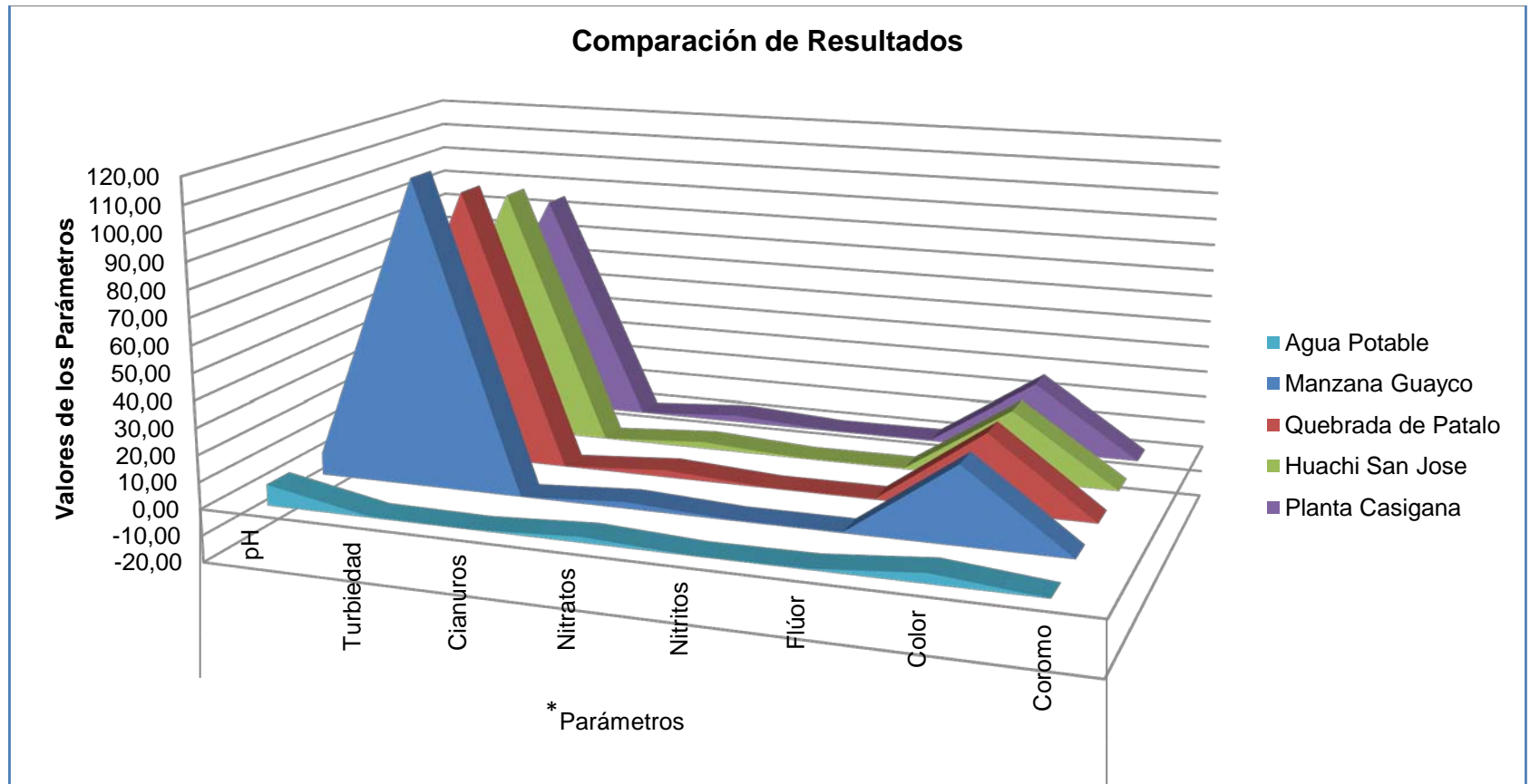
De acuerdo al Análisis de Varianza presentan diferencia significativa en el tiempo durante la época lluviosa aumentando conforme las lluvias disminuían. También presentan diferencias en los tratamientos tanto en la época lluviosa como en la época seca lo que ayuda a identificar que zonas del canal están mayormente contaminadas por coliformes fecales. Estos lugares son Quebrada de Patalo y Huachi San José, lo que resulta algo lógico debido a las actividades industriales y domésticas de los sectores.

Coliformes Fecales

Las coliformes fecales son bacterias más peligrosas que proceden de los excrementos de los animales y los seres humanos, por lo general a través de sistemas sépticos mal mantenidos o construidos, de grietas en las tuberías de aguas negras o de excrementos de animales en la proximidad de una fuente de agua **(Romero, 2007)**.

El patrón de abundancia presentado por estos organismos es superior al observado para el caso de los coliformes totales, inicialmente los datos reportados fueron bajos con el transcurso del tiempo y el cambio climático se elevó. Durante las dos épocas de muestreo mostraron diferencias significativas en el tiempo (época lluviosa) y en los lugares (época lluviosa y seca) detectando también que en Manzana Guayco, Quebrada de Patalo y Huachi San José este parámetro analizado sobrepasa los límites permisibles según la Tabla No.1 del TULAS.

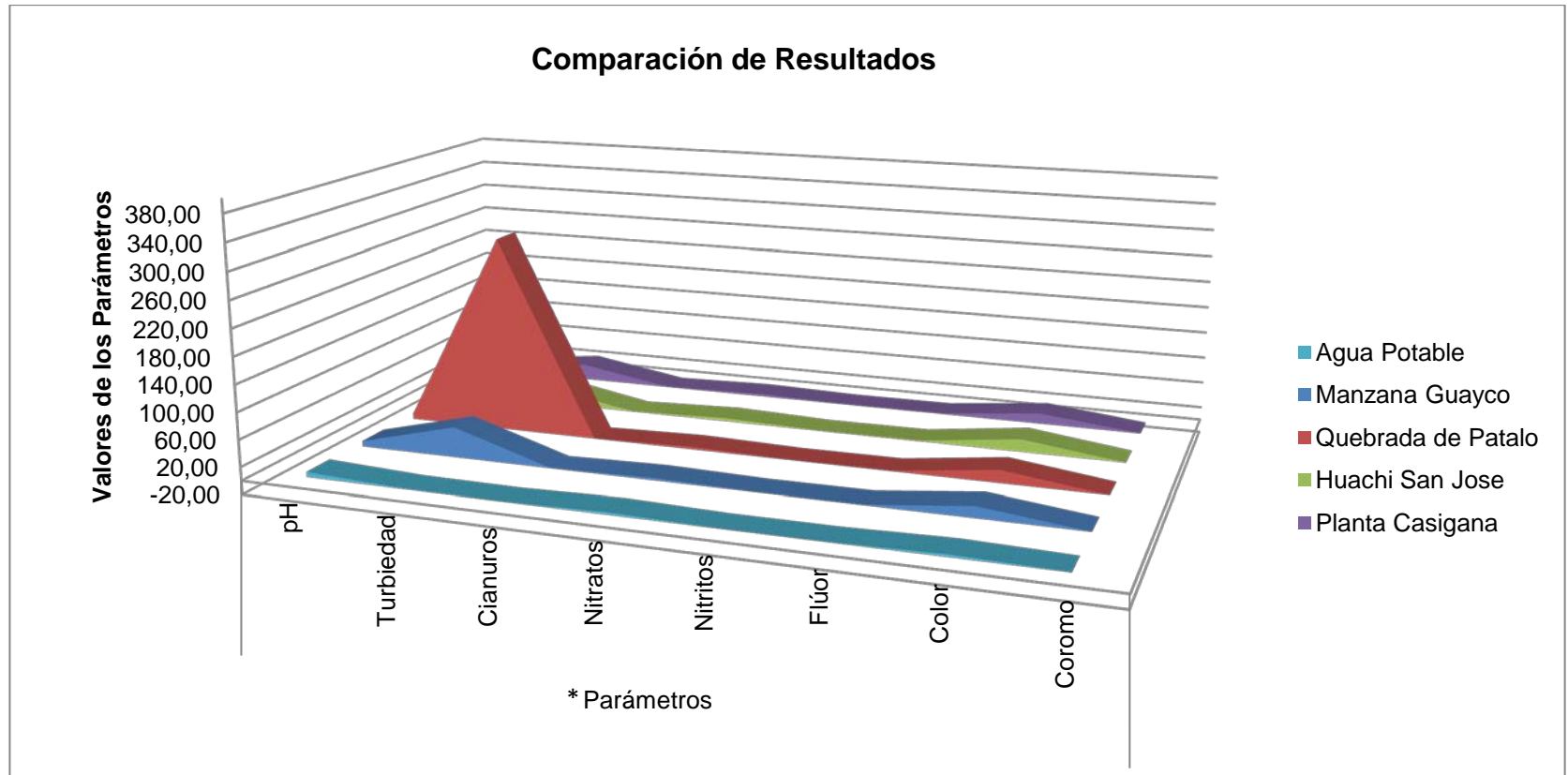
Figura No.3 Comparación de Parámetros medidos en el agua potable con los diferentes lugares de acceso al Canal Ambato-Huachi-Pelileo durante la época lluviosa.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

* Los parámetros seleccionados son de acuerdo a los análisis que se realizan en el agua potable de la Planta Casigana EP EMAPA-A.

Figura No.4 Comparación de Parámetros medidos en el agua potable con los diferentes lugares de acceso al Canal Ambato-Huachi-Pelileo durante la época seca.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

* Los parámetros seleccionados son de acuerdo a los análisis que se realizan en el agua potable de la Planta Casigana EP EMAPA-A.

Calificación del agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo

Para la calificación de la calidad del agua se tomó la siguiente valoración:

0= Agua sin contaminación

1= Agua ligeramente contaminada

2= Agua medianamente contaminada

3= Agua con contaminación preocupante

4= Agua muy contaminada

(Velasteguí, J.R. 2012)

Además los resultados se compararon con la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua. Libro VI Anexo 1. Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). De acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estudiados a lo largo de la investigación se señala que el agua del canal en su origen y trayectoria durante la época lluviosa se presenta LIGERAMENTE CONTAMINADA (1) sin sobre pasar los límites establecidos, mientras que durante la época seca y el aumento de la concentración de los factores estudiados el agua se presenta MEDIAMENTE CONTAMINADA (2).

Para la descontaminación del canal se necesitan métodos de prevención, empleo de buenas prácticas en actividades agropecuarias, barreras físicas en los márgenes del río, motivación, educación y capacitación de los usuarios del agua del Canal y lo que se plante en este estudio es la utilización de filtros de sedimentación de flujo horizontal. Estas estrategias ayudaran a que el proceso de tratamiento en la Planta Casigana sea con mayor eficiencia evitando también posibles daños en las instalaciones.

4.3 Verificación de la hipótesis

HIPÓTESIS: La caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua que ingresa a la planta de tratamiento Casigana (EP EMAPA-Ambato) permitirá el diseño de estrategias para evitar la contaminación del curso del agua hasta su llegada a la planta.

Para verificar la hipótesis, se debe tener en cuenta la caracterización inicial de las aguas que ingresan a la Planta de Tratamiento Casigana (canal Ambato-Huachi-Pelileo), pues ello permitió establecer el grado de contaminación de las aguas mencionadas, a partir de lo cual se diseñó estrategias para depuración del canal. Con este análisis se **acepta la hipótesis planteada en la investigación**, es decir la caracterización fisicoquímica y microbiológica de la calidad del agua que ingresa a la planta permitió diseñar estrategias para su descontaminación.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En esta investigación se realizó una caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua a lo largo del canal (Ambato-Huachi-Pelileo) en sus diferentes accesos en los que se analizaron 25 parámetros para determinar la calidad del agua comparándolos con los valores permisibles según el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS, 2010), con esto se determinó que, inicialmente durante la época lluviosa de los meses de abril y mayo la mayoría de los factores de estudio si cumplen con los valores permitidos, con excepción de 3 factores que sobre pasas dichos limites como son amonio, detergentes y coliformes fecales. En la época seca del mes de julio y agosto en donde las lluvias son escasas los valores incrementaron considerablemente aun así no sobre pasaron los límites, esto no quiere decir que no existe contaminación en el canal, ya que si se estableció puntos en los que los parámetros aumentan sus resultados.

Se identificó que el agua que ingresa a la planta de tratamiento casigana, proviene del Canal Ambato-Huachi-Pelileo, cuya captación empieza en el sector de Quindivana, Manzana Guayco, es trasportada por tuberías hasta el sector de Juan Benigno Vela, Quebrada de Patalo en donde se abren las tuberías y se presenta un pequeño acceso, para continuaron su trayectoria hasta Huachi San José en el que se encuentra un estación con el mismo nombre, en este punto el canal se separa en dos partes: la primera que se dirige a los sectores de Huachi-Pelileo y la segunda que ingresa a la Planta de Tratamiento Casigana en la que es potabilizada para su distribución a la zona alta de la ciudad.

Existen varias fuentes de contaminación observándose esto en los alrededores del canal. Manzana Guayco es un sector que se ve contaminado por lavado de plástico, presencia de ganado y residuos de todo tipo (plásticos, vegetales) esto se debe a que aquí inicia el canal, tomando directamente del río Ambato el que arrastra una gran cantidad de desechos. La Quebrada de Patalo es un lugar muy alejado de la ciudad, con gran afluencia de ganado y sembríos. El sector de Huachi San José presenta gran actividad agrícola especialmente de frutas y hortalizas, debido a esto se ve contaminado por todo tipo de residuos. Es una zona que no presenta ningún tipo de control. Por lo que el agua cruda que ingresa a la Planta de Tratamiento Casigana se ve afectada por todos los desechos que arrastra a lo largo de su trayectoria en el canal.

Para la calificación de la calidad del agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estudiados a lo largo de la investigación y a los valores asignados en el índice de calidad del agua. Se determinó que la calidad del canal en su origen y trayectoria durante la época lluviosa se presenta “Ligeramente contaminada”, mientras que durante la época seca y el aumento de los valores en los resultados de los factores estudiados el agua se presenta “Mediamente Contaminada”.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica, microbiológica del Canal y el estudio de los diferentes puntos de acceso el agua hasta llegar a la planta casigana, se ve afectada por contaminantes orgánicos y microbiológicos, se concluye así que la utilización de un filtro de sedimentación de flujo horizontal sería de mucha ayuda para la Planta garantizando una reducción de estos contaminantes, analizando económicamente esta estrategia es factible porque los materiales a utilizarse en el filtro no tienen precios elevados al contrario se pueden encontrar con facilidad en el mismo medio.

5.2 Recomendaciones

De acuerdo a los resultados de la investigación realizada, para el agua que ingresa a la Planta de Tratamiento Casigana, es recomendable emplear análisis fisicoquímicos y microbiológicos del canal, anuales, para determinar puntos de contaminación que ayuden a prevenir posibles daños en el proceso de purificación de la planta.

Para disminuir la contaminación del agua durante la trayectoria del canal se puede plantear soluciones que ayuden a evitar este tipo de problemas como la biorremediación de aguas contaminadas y proteger las fuentes de agua con retiros de vegetación.

Sería aconsejable que se dé mayor mantenimiento al canal y que se encuentre en constante monitoreo las zonas aledañas al mismo ya que las habitantes de los distintos sectores se aprovechan de la falta de vigilancia para botar residuos de todo tipo.

Para evitar la contaminación de las aguas del canal pueden aplicarse estrategias novedosas, con nuevas tecnologías como: implementar un programa de gestión de biosólidos (desechos sólidos) que son desalojados en el río y quebradas. Construcción de un dique aguas arriba, para retener el agua antes de su paso por una zona afectada, y una canalización a modo de "by pass". Otra opción que se presenta es la utilización de microorganismos eficaces, a través de un proceso de fermentación benéfico aceleran la descomposición natural de los compuestos orgánicos, produciendo sustancias bioactivas y eliminando los microorganismos patógenos que promueven la putrefacción y la producción de gases nocivos que contaminan el agua y

producen malos olores. Así es posible restaurar el equilibrio natural del sistema acuático, trayendo consigo efectos benéficos y sostenibles.

Es recomendable hacer conciencia a los usuarios de las zonas aledañas al Canal de las fuentes de agua que van al casigana para un manejo adecuado de este recurso. Se recomienda además aprobar reglamentos y normativas legales para evitar que los usuarios del agua contaminen.

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1 Datos informativos

Titulo

“Estudio de estrategias para evitar la contaminación del agua que accede a la planta de tratamiento Casigana de la Empresa Publica Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A), en su origen y trayectoria”

Unidad Ejecutora: Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera de Ingeniería Bioquímica.

Beneficiario: Empresa Publica Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Ambato (EP EMAPA-A).

Director del Proyecto: Dr. Ing. Ramiro Velasteguí, PhD.

Personal Operativo: Egda. Andrea Tirado

Tiempo de Duración: 5 Meses

Lugar de Ejecución: Canal Ambato-Huachi-Pelileo.

6.2 Antecedentes de la propuesta

El agua que accede a la Planta de Tratamiento Casigana proviene del río Ambato a través del canal Ambato-Huachi-Pelileo. Para determinar la calidad y los diferentes puntos de contaminación de dicha agua se realizó su caracterización fisicoquímica y microbiológica identificando que el agua presenta contaminación desde el sector de Quindivana que corresponde a la captación del canal, en el que se observó desechos de industrias, y domésticos sin ningún tratamiento previo, para luego llegar a su primer acceso que es la Quebrada de Patalo una zona muy alejada de la ciudad en donde no se muestra ningún tipo de cuidado ni de mantenimiento. Posteriormente se

muestra otro acceso que es en Huachi San José en el que se encuentra mayor contaminación por ser una zona de acceso al público, presentando diferentes actividades (lavado de recipientes que contienen pesticidas, lavado de chocho, y otros) que aumentan la contaminación hasta finalmente llegar a la Planta Casigana. La calidad del agua del canal varía de acuerdo a la época en la que se realizó la investigación y a los diferentes lugares de acceso, siendo así importante la implementación de estrategias que ayuden a disminuir ciertos tipos de contaminantes presentes en su cauce.

Tomando como referencia las investigaciones realizadas, y de acuerdo a los parámetros que sobre pasan los límites permisibles según TULAS en el estudio del Canal, la implementación de filtros de sedimentación en Manzana Guayco que corresponde al inicio del Canal, Quebrada de Patalo y Huachi San José ayudarían mucho a disminuir la carga orgánica y microbiana especialmente de factores como Amonio, Detergentes y Colifomres fecales que presentaron mayores resultados. Ayudando a los procesos de potabilización de la Planta de Tratamiento Casigana.

6.3 Justificación

Una vez caracterizadas las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo y verificando que están contaminando se ve la necesidad de establecer un tratamiento, planteando una alternativa tecnológica para dichas aguas que tienen contenido de materia orgánica lo cual favorece el desarrollo de microorganismos e incrementan el nivel de contaminación. La alternativa de prefiltros de flujo horizontal se considerará una alternativa económicamente viable ya que no requiere de mayores tecnologías y de técnicas específicas de operación y sería de mucha ayuda para el tratamiento efectuado por la Planta Casigana.

Por tales razones es sumamente necesario plantear este proyecto que contribuya a la calidad ambiental y salud de los habitantes de la zona que utilizan las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo. Propuesta que se justifica pues esta tesis está sentando las bases para lo siguiente.

6.4 Objetivos

Objetivo General

- Estudio de estrategias que ayuden a evitar la contaminación de la calidad del agua que accede a la planta de tratamiento Casigana de la Empresa Pública Empresa Municipal de Agua potable y Alcantarillado de Ambato, en su origen y trayectoria con la implementación, comportamiento de filtros de sedimentación con flujo horizontal.

Objetivos Específicos

- Establecer las posibles estrategias para evitar la contaminación de las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo.
- Revisar la estrategia más factible para su implementación en la planta de tratamiento Casigana.
- Evaluar si la estrategia instalada ayuda en los procesos de purificación de la planta de tratamientos Casigana.

6.5 Análisis de factibilidad

La investigación a desarrollarse es de tipo investigativo y tecnológico ya que con ello se puede confirmar la eficiencia de filtros de sedimentación con flujo horizontal como método para depuración de aguas contaminadas.

El análisis de factibilidad es además de carácter económico, ya que se podrá optar por el uso de materiales de fácil adquisición en nuestro medio, como en el caso de carbono, arena de río, piedras (bola, poma), pedrín, sílice y grava ya que a lo largo del territorio ecuatoriano se puede encontrar en forma abundante, en el tratamiento de aguas de diferentes fuentes de contaminación: domésticas o industriales, tomando en cuenta el plano ambiental, la presente investigación es positiva ya que se propone un buen tratamiento a los residuos con productos naturales y de bajo costo.

Tabla No 1. Análisis Económico de la Propuesta

Recursos Humanos	Universidad Técnica de Ambato	EP EMAPA-A	Graduando
Tutor	0	0	0
Graduando	0	0	0
Recursos Físicos			
Materia Prima	0	0	100
Análisis del laboratorio	0	43,50	14,0
Grava	0	0	16,80
Piedra	0	0	16,80
Sílice	0	0	40
Material de escritorio	0	0	70
Otros recursos			
Transporte	0	0	40
Subtotal	0	43,50	297,60
Imprevisto 5%			17,05
Total			358,15

Fuente: Andrea Tirado

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

6.6 Fundamentación

Estrategias que evitarán la contaminación de las aguas que ingresan a la planta

Para disminuir la contaminación del agua durante la trayectoria del canal se planteará diferentes soluciones que ayuden a evitar este tipo de problemas para lo que se señala diferentes soluciones como:

La biorremediación de aguas contaminadas que básicamente pueden clasificarse en tres tipos:

- Remedición microbiana
Se refiere al uso de microorganismos directamente en el foco de la contaminación.
- Degradación enzimática
Consiste en el empleo de enzimas en el lugar contaminado con el fin de degradar las sustancias nocivas.
- Fitorremediación
La fitorremediación es el uso de plantas para limpiar ambientes contaminados debido a la capacidad que tienen algunas especies vegetales de absorber, acumular y/o tolerar altas concentraciones de contaminantes como metales pesados, compuestos orgánicos y radioactivos **(Guevara, 2011)**.

Empleo de buenas prácticas en actividades agropecuarias para evitar:

- Heces fecales
- Residuos de fertilizantes, plaguicidas y productos veterinarios
- Tierra
- Restos de vegetales
- Aguas de lavado de envases de plaguicidas y equipos de fumigación, purines u otras aguas residuales que puedan tener contaminantes
- Se debe construir bebederos para abastecer a los animales y evitar que estos contaminen el agua **(Solís, 2012)**.

Proteger las fuentes de agua con retiros de vegetación (barreras físicas) en los márgenes de los ríos para prevenir la contaminación **(Solís, 2012)**.

Motivación, educación y capacitación de los usuarios de las zonas aledañas al Canal de las fuentes de agua que van al casigana para un manejo adecuado de este recurso.

Diseño, aprobación de reglamentos y normativas legales para evitar que los usuarios del agua contaminen.

Tratamiento de aguas contaminadas de ríos

El tratamiento de aguas de ríos da como resultado la eliminación de todo tipo de residuos presentes en su cauce evitando así se incremente los niveles de contaminación. Específicamente la utilización de filtros de sedimentación con

flujo horizontal considerado un pre tratamiento antes de llegar a plantas purificadores de agua. Esta tecnología puede mejorar sustancialmente las operaciones de plantas de tratamientos de aguas ya que elimina todo tipo de sedimentos causantes de obstrucciones o taponamientos en equipos utilizados en el proceso de purificación **(Cervantes, 2010)**.

Carbón

Se utiliza en muchos filtros de agua, para absorber compuestos orgánicos tales como el cloro, herbicidas, pesticidas y otros. Eliminación de olor, color y sabor. Tienen una superficie interior muy amplia que le da al producto un poder de adsorción muy alta contra una gran variedad de sustancias, adsorbe el 60 % de su peso, atraer partículas cargadas negativamente. La eficacia de los filtros de carbón depende del tamaño de la partícula, medido en micrones, que el filtro captura. Un micrón es una unidad de medida equivalente a una millonésima parte de un metro. El filtro de carbón menos eficaz atrapa partículas de alrededor de 20 micrones de tamaño. Los filtros de carbón que capturan partículas tan pequeñas como 0,5 micras son los más eficaces en la captura de hasta el 99 % de los contaminantes en el agua **(Pereira E, 2010)**.

Arena de río

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas. Utilizada para la eliminación de turbiedad. En geología se denomina arena al material compuesto de partículas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 mm. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano de arena. La arena *presurizada de río ha sido conocida por ser una sustancia natural eficaz para filtrar el agua. 1 metro cúbico de arena presurizada puede filtrar 40 litros de agua por minuto **(Pereira E, 2010)**.

*presurizada: Mantener a presión constante.

Grava

Se denomina grava a las partículas rocosas de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm. Pueden ser producidas por el hombre. Los filtros de grava se utilizan para la filtración primordial de agua de presas, diques, canales abiertos, ríos, aguas residuales y otros tipos de aguas contaminadas. En este tipo de filtros, el agua fluye a través de un lecho de grava.

Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava, siendo de esta manera retenido entre el material filtrante **(Carbotecnia Boletín Técnico, 2004)**.

Piedras de río

Se le denomina piedra o roca a la asociación de uno o varios minerales, natural, inorgánica, heterogénea, de composición química variable, sin forma geométrica determinada, como resultado de un proceso geológico definido. Se caracterizan por ser de diversos tamaños muy utilizadas en filtros de sedimentación después de ser sometidas a un proceso de lavado, por sus variados tamaños ayudan a retener todo tipo de sedimentos **(Pereira E, 2010)**.

Sílice

La arena de sílice se produce por trituración de piedra o arena de silica de textura abierta. El filtro de arena de sílice se utiliza principalmente para eliminar las impurezas granulares, sólidos en suspensión, coloides y otras sustancias en el agua. La altura de la capa de material filtrante es de más de 1200 mm **(Carbotecnia Boletín Técnico, 2004)**.

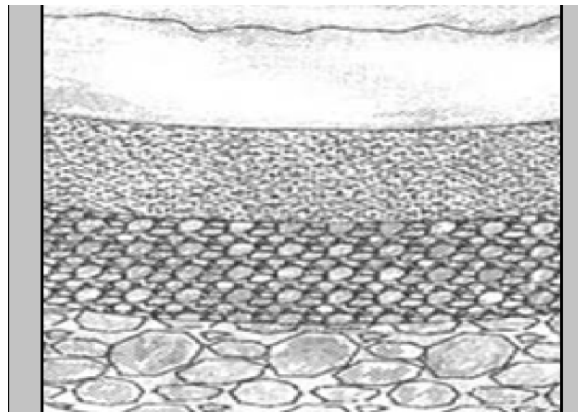
Diseño e implementación de filtros de sedimentación con flujo horizontal

La implementación de un filtro de sedimentación es la estrategia más recomendable para este estudio. En cuanto a la dirección del movimiento del

agua en el canal se consideran los siguientes tipos: horizontal, flujo superficial y flujo subsuperficial.

Por lo que los componentes se agregan en orden de tamaño: del más grueso al más fino, siendo la arena de río la última capa superior del filtro.

Fig. 1 Esquema del filtro de sedimentación con flujo horizontal



Fuente: Ríos, 2012

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

La principal ventaja que ofrecen estos sistemas es la eliminación de turbiedad del agua, además ayudaran a rebajar la carga orgánica y microbiana. Razón por la cual serán colocados al principio del canal Ambato-Huachi-Pelileo, en la Quebrada de Patalo y en Huachi San José. Eliminando sedimentos a lo largo de su recorrido hasta finalmente llegar a la Planta de Tratamiento Casigana con menor carga de residuos.

6.7 Metodología

En la caracterización del agua del canal Ambato-Huachi-Pelileo se identificaron algunas variables que ayudan a evidencia que de acuerdo a la época y a los lugares de estudio se presentan o disminuye los contaminantes. Para descontaminar y evitar que el agua del canal presente una baja calidad se

establezca la implementación de filtros de sedimentación con flujo horizontal que ayuden a evitar el paso de agentes orgánicos y microbiológicos.

Se debe realizar además una compilación de todas las posibles estrategias planteadas a lo largo de esta investigación. Una buena opción sería el empleo de buenas prácticas en actividades agropecuarias ya que se habla de zonas en las que se realizan este tipo de actividades cercanas al canal.

El filtro de sedimentación de flujo horizontal ayudara a retener partículas que son arrastradas a lo largo de la cadena de trayectoria del canal y mejorara la producción de la Planta Casigana, con el ingreso de agua lo más limpia posible.

La implementación de este factor no requiere de manipulación ni de costos excesivos, su construcción es sencilla con materiales de fácil adquisición, no requiere de mayor mantenimiento ya que conforme pasa el agua a través del filtro se retienen los agentes contaminantes y se auto depuran. Porque no hablamos de partículas extremadamente grandes que vayan a tapar o causar un tipo de obstrucción en el filtro.

6.8 Administración

La ejecución de la propuesta estará coordinada por los responsables del proyecto Dr. Ramiro Velasteguí y Egda. Andrea Tirado.

Tabla No.3 Administración de la Propuesta

Indicadores a mejorar	Situación actual	Resultados esperados	Actividades	Responsables
Determinación del grado de contaminación del agua que accede a la Planta de Tratamientos Casigana que proviene del canal Ambato-Huachi-Pelileo.	Dificultad en la implementación y comportamiento de los filtros de sedimentación posiblemente por carga de contaminantes y/o por las características del agua.	Caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas del agua contaminada antes y posterior a la ejecución de la propuesta.	Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua contaminada a lo largo del Canal.	Investigador: Dr. Ramiro Velasteguí, Andrea Tirado

Fuente: Andrea Tirado

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

6.9 Previsión de la evaluación

Se deberá monitorear el funcionamiento de los filtros de sedimentación con flujo horizontal con la finalidad de valorar la verdadera dimensión de esta innovación en la descontaminación de las aguas del canal Ambato-Huachi-Pelileo, por ser la estrategia escogida que ayudara a mejorar los procesos de la Planta de Tratamiento, para ello se planteará una ficha de observación en la que registrara todos los acontecimientos que se produzcan.

MATERIAL DE REFERENCIA

1. Bibliografía

Libros

- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 2011. Métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales. Edición 22. Madrid.
- Aznar, Antonio et al. 2000. Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas. Instituto Tecnológico de Química y Materiales. "Álvaro Alonso Barba". Revista Gestión Ambiental. Vol. 2(23) pp. 12-19
- Barba, Luz. 2002. Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición. Universidad del valle. Facultad de ingenierías escuela de ingeniería de recursos naturales y del ambiente. Área académica ingeniería sanitaria y ambiental. Santiago de Cali. pp 51.
- Cohn et al. 2002. Aspectos de la Calidad del Agua, Salud y Estética. Quinta Edición. Editorial Mc Graw- Hill. Madrid. pp 78
- Constitución de la República del Ecuador. 2012. Ley de prevención y control de Contaminación Ambiental. Quito, Ecuador. pp 24, 159
- Carballo, María E, et al. 2011. Impact of microbial and chemical pollution in Cuban freshwater ecosystems: strategies for environmental recovery. Department of Microbiology and Virology, Faculty of Biology, Havana University. pp 259
- Domínguez, María, et al. 2012. Selective grazing by protest's upon enteric bacteria in an aquatic system. Revista Argentina de Microbiología (2012) Vol. 44: 43-48
- Fiallos, Liliana. 2011. Innovación biológica para la depuración de aguas contaminadas en la estación "El Peral", EMAPA-AMBATO. Tesis de Ingeniera Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. pp 24-30
- García, Maricela. 2010. Características químicas de las aguas destinadas a la hemodiálisis en hospitales de Cuba. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología (Habana). pp 35-40

- Herrera, N. 2010. Determinación de sólidos en todas las formas. Manejo y Calidad de Aguas. Practica 1.Unidad Guasave. pp 67
- Mena, M. 2004. Diagnóstico de las aguas Residuales y Prediseño de una Planta de Tratamiento Bilógico Para la Parroquia González Suárez. Ibarra. Universidad Técnica Del Norte. pp 9,13
- Narváez, I. 2006. Manejo Sustentable de los Recursos en la Región Amazónica Ecuatoriana. La protección ambiental en la Industria. Revista Industria y Sociedad. No. 8. pp 151-152.
- Orozco C, Pérez A, Gonzales M, Vidal F & Alfayate J. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Tercera Edición. Editorial Thompson. Madrid –España. pp 281-287.
- Plan Nacional para el Buen Vivir. 2009-2013.Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural. República del Ecuador consejo nacional de planificación. pp 84,100
- Pozo, German. 2012. Fitoremediación de las aguas del canal de riego Latacunga – Salcedo – Ambato mediante humedales vegetales a nivel de prototipo de campo Salcedo –Cotopaxi. Tesis en maestría Producción más Limpia, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. pp 56, 62, 66 -67
- Ramos, Ma. Fernanda. 2010. Evaluación del método más adecuado para la disminución de flúor en la fuente de agua de la parroquia de terremoto de Emapa en la ciudad de Ambato. Tesis de Ingeniera Bioquímica, Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. pp 30,35
- Rivera, Ricardo, et al. 2007. Contaminación por coliformes y helmintos en los ríos Texcoco, Chapingo y san Bernardino tributarios de la parte oriental de la cuenca del valle de México. Revista. Int. Contam. Ambient. 23 (2) 69-77, 2007.
- Román, Roque et al. 2002. Caracterización de un filtro lento de arena con un prefiltro de flujo horizontal de grava. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, P.O. Departamento de Ingeniería Civil y Agrimensura. pp 87-90
- Romero, J. 2002. Tratamiento de Aguas Residuales, Teoría y Principios de Diseño. Segunda Edición. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia. pp. 18-23, 50-58, 62-65

- Ryding, S .2002. El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Cuarta Edición. Editorial Pirámide. Madrid. pp 375
- Sarria, Víctor. 2005. Nuevos sistemas electroquímicos y fotoquímicos para el tratamiento de aguas residuales y de bebida. Revista Colombiana de Química, Volumen 34, No. 2
- Seoanez, M. 2007. Aguas residuales urbanas. Tomo II. Tratamientos naturales de bajo costo y aprovechamiento. MUNDI-PRENSA. Eusko Jaularitz-Gobierno Vasco. pp 71
- Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), 2010. Libro VI, Anexo 1, Tabal 12.
- Valenzuela, Mariela, et al. 2009. Assessment of the origin of microbiological contamination of groundwater at a rural watershed in Chile. Published as ARTÍCULO in Agrociencia 43: 437-446. 2009.
- Velasteguí, J.R. 2012. Calificación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo Evaluación de la calidad del agua de la acequia Albornoz-Naranjo (Pelileo, Tungurahua) e instalación de dispositivos ecológicos piloto para su descontaminación. Participación de: Acosta, C., Bassante, G., Correa, M.L., Chamorro, J., Moya, E., Poveda, A., Yáñez, G., Estudiantes de Ing. Bioquímica. CEVIC-FCIAL-UTA, Ambato, Ecuador. pp 81 + Anexos.
- Zayas, Manuel. 2010. El Rumbo de las Investigaciones de las Ciencias Sociales. Universidad de Malaga. Eumed.net.

Internet

- Astudillo, German. 2010. Procesos metalúrgicos.
Disponible en: <http://www.istas.net/fittema/att/li4.htm>
- Andreo, Sebastián. 2011. Dureza del agua
Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DurezaAg.htm>
- Alonso, David. 2012. Dispensadores de agua pura.
Disponible en: <http://www.dispensadoragua.info/filtros-de-agua/filtro-de-sedimentos/>

- Barrientos, Honorio et al. 2007. Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad de Kuychiro – CUSCO.
Disponibile en: <http://perusolar.org/16-spes-ponencias/PURIFICACION%20DE%20AGUA%20POR%20MEDIO%20DE%20FILTROS%20LENTOS%20DE%20ARENA%20EN%20LA%20COMUNIDAD%20DE%20KUYCHIRO.pdf>
- Cáceres, Andrés. 2007. Contaminación ambiental del agua.
Disponibile en: <http://www.contaminacion-agua.org/contaminacion-ambiental-agua.html>
- Casillas, Lorena. 2010. Turbidez del agua.
Disponibile en: <http://filtrosyequipos.com/breves/turbidez.pdf>
- Carbotecnia. 2004. Filtros de grava, arena silica y antracita. Boletín Técnico.
Disponibile en: <http://www.carbotecnia.info/PDF/boletines/AG-009.pdf>
- Cárdenas, Fabricio. 2010. Contaminación a nivel mundial.
Disponibile en:
<http://www.profesorenlinea.cl/ecologiaambiente/contaminacionagua.htm>
- Castillos, Magali. 2010. Los tóxicos matan al rio Ambato.
Disponibile en: <http://www.explored.com.ec/noticias-ecuador/los-toxicos-matan-al-rio-ambato-111205.html>
- Cervantes, Juan et al. 2010. Filtros de sedimentación.
Disponibile en: <http://www.lenntech.es/filtros-y-filtracion/filtro-de-sedimentos.htm>
- Dorrnsoro, Carlos. 2001. Contaminación de suelos por sales solubles.
Disponibile en:
http://www.fcca.es/static_media/file_uploads/Salinidad_del_agua_de_riego1.pdf
- Freire, Gabriela. 2011. Evitar la Contaminación del Agua.
Disponibile en: <http://salvemoselmundo.foroactivos.net/t15-evitar-la-contaminacion-del-agua>
- García, Girbau y Mason. 2002. Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente.
Disponibile en:
<http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>

- Gómez, Eduardo. 2012. Parámetros fisicoquímicos.
Disponible en: <http://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p2-salinidad.pdf>
- Guevara, Alex. 2011. Biorremediación de aguas.
Disponible en:
http://repositorio.sistemauno.com.co/secundaria/ciencias_a_/Ampliaciones/Ampliacion%F3n/Biorremediacion%F3n.pdf
- Instituto Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI). 2013. Boletines Decadal.
Disponible en: <http://www.inamhi.gob.ec/index.php/clima/boletines/decadal>
- La Hora. Domingo, 1 de abril de 2012. Agua entubada tiene contaminantes.
Disponible en: http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101307438/-1/Detalles._Las_vertientes_deben_ser_protegidas_para_evitar_bacterias..html
- México, 2010. IV Foro Mundial del Agua.
Disponible en:
<http://www.centrogeo.org.mx/internet2/chapala/paginas%20sueltas/introduccion/intro.htm>
- Moreno, Verónica. 2009. Ecuador busca un manejo sostenible del agua.
Disponible en: <http://www.ecoportal.net/content/view/full/44043/>
- Neira, Juan. 2009. El agua en el mundo. Documentos de trabajo – 10º foro de Biarritzquito (Ecuador) - 1 y 2 de octubre, 2009.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). 2010. Apéndice B. Cálculo del filtro lento de arena.
Disponible en: <http://bioantu.files.wordpress.com/2012/01/filtroarenasanluis.pdf>
- Pereira, Enrique. 2010. Las mejores sustancias naturales para filtrar el agua.
Disponible en: <http://www.oocities.org/edrochac/sanitaria/filtracion.htm>
- Prieto, Blanco. 2012. Dureza del agua.
Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Dureza_del_agua
- Ramírez, A. 2006. Recursos Naturales en Grave Deterioro.
Disponible en:
http://www.cepredenac.org/05_nove/a_prensa/2004/mar_04/mar_04d.htm

- Ramos, Ángela. 2012. Calidad y normatividad del agua para consumo humano. Disponible en: <http://www.pnuma.org/recnat/esp/documentos/cap5.pdf>
- Reyes, Alfonso. 2012. Pre tratamientos de Aguas Residuales. Disponible en: <http://www.tratamientosdelaguaydepuracion.es/pretratamientos-aguas-residuales.html>
- Ríos, Oscar. 2012. Filtro de arena. Disponible en: <http://www.labioguia.com/filtro-de-arena>
- Sánchez, Gabriel. 2011. Biorremediación. Disponible en: http://repositorio.sistemauno.com.co/secundaria/ciencias_a_/Ampliaciones/Ampliacion%F3n/Biorremediacion%F3n.pdf
- Solís, Ángel. 2012. Buenas prácticas agropecuarias. Disponible en: http://www.credife.com/sites/default/files/public/buenas_practicas_agropecuarias.pdf
- Tapia, Humberto. 2012. El cromo hexavalente (Cr +6). Disponible en: <http://www.envtox.ucdavis.edu/cehs/toxins/spanish/chromium.htm>
- Torres, Alfonso. 2012. Conductividad eléctrica (CE) Disponible en: http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/doc_conductividad_electrica.asp?k=53
- Torres, Ivette. 2012. Contaminantes del agua. Disponible en: http://www.pucpr.edu/facultad/itorres/quimica_ambiental/Contaminantesdelagua2.pdf
- Wong Jo, Jaime. 2011. El agua de calidad en el Ecuador. Disponible en: http://www.ecuadorlibre.com/index.php?option=com_content&view=article&id=792:cap-no190-qel-agua-de-calidad-en-el-ecuadorq&catid=3:capsula-de-entorno-economico&Itemid=12

ANEXOS

Anexo A

TABLAS DE RESULTADOS

ÉPOCA LLUVIOSA In situ

Tabla A-1. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Abril				Mayo				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,316	8,224	8,228	8,186	8,249	8,333	8,235	8,527	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	221,5	259,5	260,0	259,0	286,0	294,5	292,5	292,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	109	127	121	120	139	120	146	147	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	17,65	17,85	18,05	17,95	17,70	17,30	17,10	17,95	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,32	15,91	15,85	15,90	28,00	278,00	277,00	276,50	100
Coordenadas Geográficas	1°17'3" S 78°45'0" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Manzana Guayco, sector Quindivana (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Tabla A-2. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Abril				Mayo				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,318	8,271	8,327	8,323	8,245	8,349	8,328	8,580	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	221,5	262,0	261,0	259,5	283,0	297,5	291,0	291,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	110	129	122	121	139	146	147	145	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	16,85	17,95	18,05	18,20	17,90	17,70	17,85	18,20	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,48	14,25	13,35	16,00	28,85	227,00	236,00	280,00	100
Coordenadas Geográficas	1°16'35" S 78°38'24" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Quebrada de Patalo, sector Juan Benigno Vela (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-3. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Abril				Mayo				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,301	8,302	8,264	8,257	8,269	8,249	8,264	8,670	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	226,5	264,5	264,0	265,0	283,0	303,0	301,0	302,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	111	129	126	125	139	148	149	149	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	16,75	18,05	18,05	18,15	18,10	18,00	18,30	18,15	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,26	10,30	10,95	11,00	26,75	173,00	238,00	279,00	100
Coordenadas Geográficas	1°18'10" S 78°39'13" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: San José, sector Huachi San José (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-4. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua en La Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Abril				Mayo				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,295	8,285	8,245	8,255	8,275	8,290	8,290	8,680	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	222,5	264,5	263,0	263,0	282,0	305,0	303,5	305,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	111	130	130	126	139	149	148	149	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	16,60	18,15	18,05	18,20	18,00	18,10	18,10	19,10	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,55	14,90	15,00	15,00	23,00	89,00	235,00	279,00	100
Coordenadas Geográficas	1°16'35" S 78°38'33" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

ÉPOCA SECA In situ

Tabla A-5. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Julio				Agosto				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,536	8,436	8,441	8,526	8,475	8,466	8,473	8,511	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	259,5	260,5	261,5	260,0	261,0	261,3	261,5	261,8	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	121	122	124	124	126	127	128	129	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	18,10	19,10	19,00	19,10	19,40	19,50	19,50	19,50	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	26,90	26,50	26,70	25,70	25,60	25,60	24,90	25,80	100
Coordenadas Geográficas	1°17'3" S 78°45'0" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Manzana Guayco, sector Quindivana (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Tabla A-6. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Julio				Agosto				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,323	8,415	8,325	8,225	8,355	8,438	8,575	8,601	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	291,0	293,0	291,0	291,0	291,0	291,0	292,0	292,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	147	150	149	149	150	150	151	150	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	18,20	19,20	20,10	21,10	18,10	18,70	19,10	19,50	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	296,50	296,50	294,50	295,00	294,00	294,30	294,50	295,00	100
Coordenadas Geográficas	1°16'35" S 78°38'24" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Quebrada de Patalo, sector Juan Benigno Vela (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-7. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Julio				Agosto				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,256	8,365	8,635	8,465	8,545	8,442	8,559	8,579	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	265,0	266,0	266,0	267,0	267,0	267,0	268,0	268,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	125	125	127	128	127	128	129	129	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	18,15	19,15	20,15	20,10	18,10	18,75	19,40	19,85	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	36,80	35,80	36,90	36,70	36,70	36,80	36,80	36,80	100
Coordenadas Geográficas	1°18'10" S 78°39'13" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: San José, sector Huachi San José (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-8. Resultados de los análisis In Situ realizados durante dos meses del agua en La Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Resultados								Límites Permisibles
			Julio				Agosto				
			Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	Semana No.1	Semana No.2	Semana No.3	Semana No.4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,545	8,445	8,536	8,551	8,465	8,474	8,563	8,572	6 a 9
Conductividad Eléctrica	us/cm	APHA 2510 B	263,0	241,0	244,0	241,0	231,0	235,0	241,0	244,0	-
Sólidos Totales disueltos	mg/l	APHA 2510 B	126	120	122	125	124	124	126	124	1000
Temperatura	°C	APHA 2510 B	18,20	17,20	19,20	19,30	19,20	19,33	20,86	20,39	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	27,00	27,10	27,10	27,30	27,10	27,30	27,30	27,20	100
Coordenadas Geográficas	1°16'35" S 78°38'24" O										

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

ÉPOCA LLUVIOSA Laboratorio

Tabla A-9. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,333	8,248	8,133	8,200	8,259	8,2355	8,205	8,594	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	221,1	255,1	255,65	259	284,45	295,5	287,5	293,5	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	109,0	127	120,5	120	139,5	145	146	146,5	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	17,6	18,6	18,3	18,4	18,2	17,45	17,8	18,9	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,350	15,500	15,950	16,450	28,2	280	277,5	277,5	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	10	24	20	20	60	56	60	65	500
DQO	mg/L	HACH 800	12	0	0	0	4,00	0	0	0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	11	16	15	13	15	11	11	14	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,170	0,170	0,170	0,170	0,190	0,490	0,490	0,490	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,160	0,160	0,160	0,160	0,190	0,460	0,460	0,470	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,004	0,004	0,004	0,004	0,001	0,006	0,006	0,006	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	1,564	1,876	1,772	1,772	3,017	3,019	3,022	3,030	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,019	0,078	0,050	0,050	0,128	1,900	0,008	0,008	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,300	0,430	0,350	0,350	0,370	0,260	0,260	0,270	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	22,50	20,00	20,00	20,00	25,00	40,00	40,00	45,00	100

Continuación Tabla A-9.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1	1	1	1	1	1,4	1,4	1,4	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	pasto	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,420	0,260	0,340	0,330	0,250	0,460	0,470	0,510	1
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,240	0,210	0,230	0,230	0,570	0,600	0,600	0,600	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	0,720	0,650	0,650	0,650	1,600	1,830	1,830	1,830	-
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0,001	0,002	0,002	0,002	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-10. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	210	140	200	450	680	720	700	790	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	90	1790	1800	1780	2000	6280	6500	7020	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-11. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,324	8,271	8,323	8,278	8,2695	8,3415	8,3225	8,6095	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	223,8	262,6	261,8	260	283,25	299	291	291,5	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	110,0	129	122	120,5	139	146,5	145,5	146	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	16,7	18,55	18,45	18,5	18,1	17,8	17,75	19,05	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,445	13,850	13,500	16,950	29,55	232	229	280	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	12	28	20	23	64	58	65	70	500
DQO	mg/L	HACH 800	0	0	0	0	105,00	0	0	0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	12	15	15	14	16	14	12	14	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,100	0,190	0,190	0,190	0,190	0,440	0,440	0,440	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,100	0,180	0,170	0,170	0,180	0,410	0,410	0,410	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,005	0,005	0,005	0,005	0,002	0,004	0,004	0,006	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	1,459	2,189	2,189	2,189	3,345	3,345	3,350	3,345	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,030	0,071	0,071	0,065	0,119	1,200	0,011	0,011	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,270	0,420	0,430	0,400	0,370	0,290	0,290	0,290	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	17,50	25,00	25,00	25,00	20,00	45,00	45,00	45,00	100

Continuación Tabla A-11.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1	1,4	1,0	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	pasto	pasto	terroso	pasto	terroso	terroso	terroso	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,180	0,360	0,350	0,350	0,330	0,370	0,500	0,500	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	0,570	1,090	0,850	0,850	1,050	1,140	1,140	1,140	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,390	0,280	0,280	0,350	0,100	0,670	0,500	0,500	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0,001	0,004	0,002	0,002	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-12. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	490	520	150	380	800	700	690	800	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	245	210	300	490	1210	1400	1480	1840	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Tabla A-13. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,318	8,263	8,255	8,255	8,2635	8,255	8,3005	8,6715	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	225,2	265,05	264,9	265	283,6	304,5	303	301	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	111,0	130	126	126	139	149	148	148,5	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	16,2	18,25	18,25	18,25	18,2	18,05	18,1	19	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	5,565	10,700	10,900	10,900	26,15	173,5	239	280	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	10	30	34	34	70	60	60	65	500
DQO	mg/L	HACH 800	0	0	0	0	3,00	0	0	0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	12	17	17	17	17	16	12	17	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,090	0,140	0,150	0,150	0,190	0,360	0,410	0,450	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,080	0,130	0,150	0,150	0,180	0,340	0,340	0,390	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,003	0,005	0,004	0,004	0,002	0,005	0,005	0,005	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	1,772	1,876	1,876	1,876	3,158	3,208	3,210	3,219	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,026	0,048	0,048	0,048	0,072	1,000	0,004	0,004	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,290	0,480	0,450	0,450	0,380	0,270	0,270	0,270	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	17,50	15,00	17,50	17,50	25,00	40,00	40,00	40,00	100

Continuación Tabla A-13.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	pasto	pasto	pasto	terroso	terroso	terroso	pasto	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,160	0,230	0,330	0,330	0,320	0,340	0,340	0,500	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	0,490	0,700	0,700	0,700	1,010	1,030	1,030	1,030	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,390	0,250	0,350	0,350	0,260	0,401	0,420	0,480	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0,002	0,001	0,001	0,001	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-14. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	230	160	260	400	444	500	610	760	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	280	710	800	800	640	780	850	930	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Tabla A-15. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua en La Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,293	8,265	8,256	8,256	8,2835	8,3095	8,3185	8,697	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	225,1	265,6	263	263	282,85	303,5	303,5	304	-
Solidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	111,0	130	130,5	125	139	148,5	148,5	148,5	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	15,9	18,35	18,4	18,35	18,3	18,2	18,25	19,15	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	6,110	15,050	15,250	15,250	21,65	89,55	236	279,5	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	20	30	20	20	56	62	62	62	500
DQO	mg/L	HACH 800	0	0	0	0	8,00	0	0	0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	12	16	16	17	16	16	11	17	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,140	0,140	0,150	0,160	0,220	0,320	0,320	0,390	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,130	0,140	0,140	0,150	0,210	0,300	0,300	0,390	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,004	0,004	0,004	0,004	0,002	0,004	0,004	0,004	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	2,501	2,189	1,771	1,772	3,078	3,107	3,110	3,117	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,048	0,033	0,033	0,048	0,110	1,000	0,004	0,004	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,290	0,430	0,410	0,410	0,380	1,290	0,265	0,265	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	17,50	17,50	17,50	17,00	25,00	30,00	30,00	30,00	100

Continuación Tabla A-15.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,150	0,230	0,230	0,230	0,400	0,390	0,390	0,440	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	0,510	0,690	0,690	0,690	1,490	1,200	1,200	1,200	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,360	0,260	0,320	0,320	0,270	0,250	0,280	0,320	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-16. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua de la Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Abril				Mayo				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	170	100	180	400	400	550	590	670	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	40	750	730	840	650	2 520	270	3 030	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

ÉPOCA SECA Laboratorio

Tabla A-17. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H*B	8,259	8,359	8,247	8,228	8,302	8,355	8,363	8,369	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	283,9	283,6	231,6	232,6	232,1	235,0	235,6	236,0	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	141,8	140,3	120,5	122,0	125,0	125,0	125,5	122,5	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H*B	18,10	18,10	17,25	17,40	18,15	18,18	19,30	19,30	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	28,30	42,10	41,60	41,85	48,52	52,50	53,56	55,45	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	60	61	60	61	61	60	62	60	500
DQO	mg/L	HACH 800	7,0	6,0	3,0	5,0	6,0	9,0	12,0	10,0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	10	13	12	10	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	13	12	12	11	12	12	13	12	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,370	0,370	0,360	0,360	0,360	0,380	0,380	0,380	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,350	0,340	0,330	0,330	0,325	0,420	0,430	0,400	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003	0,003	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	3,277	3,272	3,266	3,366	3,360	3,366	3,412	3,430	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,120	0,122	0,120	0,119	0,119	0,119	0,118	0,118	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,670	0,670	0,570	0,570	0,580	0,592	0,640	0,660	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	17,50	17,50	15,00	17,00	17,00	17,50	17,50	17,00	100

Continuación Tabla A-17.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	terroso	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,320	0,340	0,330	0,350	0,360	0,380	0,360	0,350	1
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,560	0,550	0,520	0,520	0,500	0,585	0,570	0,540	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	1,400	1,390	1,390	1,410	1,400	1,410	1,410	1,410	-
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-18. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Manzana Guayco.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	58	88	78	97	107	120	149	138	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	90	98	92	102	150	234	230	199	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-19. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,269	8,267	8,241	8,241	8,326	8,358	8,525	8,601	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	283,4	282,9	236,3	236,1	238,0	243,3	245,6	245,5	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	139,5	140,0	125,0	125,5	130,5	150,6	153,8	150,9	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	18,15	18,10	17,05	17,20	18,50	18,56	19,01	15,48	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	296	296,5	294,5	295	294	294,3	295	293	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	66	66	63	63	62	63	63	61	500
DQO	mg/L	HACH 800	5,0	5,0	2,0	45,0	30,0	55,0	60,0	40,0	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	12	14	13	10	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	12	12	12	10	11	10	10	11	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,370	0,360	0,380	0,370	0,380	0,400	0,390	0,380	0,05
Amoniac	mg/L	HACH 8039	0,340	0,350	0,340	0,360	0,390	0,440	0,420	0,390	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,003	0,003	0,003	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	3,714	3,724	3,624	3,672	3,670	3,740	3,730	3,620	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,119	0,120	0,120	0,120	0,120	0,121	0,121	0,121	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,690	0,690	0,630	0,630	0,630	0,680	0,690	0,650	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	17,50	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,50	100

Continuación Tabla A-19.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,4	1,4	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	pasto	pasto	pasto	terroso	terroso	pasto	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,320	0,450	0,550	0,550	0,565	0,620	0,630	0,620	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	1,510	1,520	1,520	1,520	1,520	1,520	1,530	1,520	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,350	0,340	0,350	0,360	0,380	0,400	0,380	0,350	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-20. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Quebrada de Patalo.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	730	760	750	950	960	1 025	1 090	1 015	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	4 054	3 024	1 004	1 024	5 005	5 899	1 879	1 767	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-21. Resultados de los Análisis Físicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,276	8,276	8,230	8,331	8,344	8,415	8,575	8,442	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	283,75	283,60	237,60	236,60	253,50	255,70	263,50	255,50	-
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	140,0	141,5	125,5	125,5	128,5	129,3	129,6	128,4	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	18,15	18,10	17,10	17,25	18,25	18,35	18,35	18,35	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	26,18	26,21	25,21	25,22	27,75	28,50	28,75	27,70	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	66	66	64	63	63	66	66	63	500
DQO	mg/L	HACH 800	104	104	10	24	123	134	130	119	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	10	12	12	11	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	12	12	12	11	11	10	10	10	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,400	0,390	0,390	0,400	0,410	0,430	0,400	0,390	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,350	0,360	0,360	0,380	0,410	0,410	0,420	0,400	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	5,243	5,233	4,233	4,233	4,670	5,740	5,730	4,620	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,119	0,121	0,121	0,121	0,120	0,121	0,121	0,120	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,930	0,930	0,730	0,750	0,730	0,830	0,790	0,750	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	20,00	17,50	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,50	100

Continuación Tabla A-21.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,4	1,4	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	terroso	terroso	pasto	terroso	terroso	pasto	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,320	0,420	0,520	0,540	0,550	0,620	0,630	0,620	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	1,470	1,470	1,470	1,560	1,520	1,550	1,530	1,520	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,310	0,340	0,320	0,370	0,380	0,410	0,410	0,400	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,003	0,003	0,001	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-22. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua del sector Huachi San José.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	950	960	1.025	1.090	1.155	1.025	1.090	1.015	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	1 501	1 612	2 723	3 834	3 005	3 899	3 879	3 767	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-23. Resultados de los Análisis Fisicoquímicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua en La Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
pH		APHA 4500H ⁺ B	8,279	8,278	8,233	8,310	8,462	8,475	8,563	8,571	6 a 9
Conductividad	us/cm	APHA 2510 B	283,28	282,60	237,75	237,60	234,75	244,60	244,75	244,50	-
Solidos Totales Disueltos	mg/l	APHA 2510 B	139,50	140,00	126,50	127,00	124,50	124,00	124,30	124,00	1000
Temperatura	°C	APHA 4500H ⁺ B	18,20	18,15	17,20	17,30	18,80	18,80	19,10	18,70	Condición Natural ± 3 °C
Turbiedad	NTU	APHA 2130 B	21,64	22,14	21,73	21,81	25,80	27,65	27,75	27,85	100
Dureza	ml	APHA-2340 C	64	60	60	60	60	62	62	61	500
DQO	mg/L	HACH 800	9	9	1	2	23	37	35	20	250
DBO	mg/L	HACH BOD trak	0	0	0	0	7	9	10	10	100
Sulfatos	mg/L	HACH 8051	13	12	11	11	10	10	10	10	400
Amonio	mg/L	HACH 8038	0,390	0,380	0,380	0,390	0,400	0,410	0,390	0,390	0,05
Amoniaco	mg/L	HACH 8039	0,350	0,350	0,350	0,330	0,350	0,360	0,360	0,340	1
Cianuros	mg/L	HACH 8027	0,004	0,002	0,002	0,002	0,003	0,004	0,005	0,004	0,1
Nitratos	mg/L	HACH 8039	3,495	3,485	3,185	3,185	3,030	3,907	3,840	3,760	10
Nitritos	mg/L	HACH 8507	0,117	0,117	0,117	0,117	0,120	0,122	0,122	0,120	1
Flúor	mg/L	HACH 8029	0,840	0,860	0,660	0,660	0,730	0,830	0,790	0,760	1,5
Color	Unidades de color	APHA-2120 B	15,00	15,00	15,00	17,00	17,00	17,50	17,50	17,00	100

Continuación Tabla A-23.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Olor Cuantitativo	Olor Umbral	APHA-2150 B	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	-
Olor Cualitativo	Olor Característico	APHA-2150 B	terroso	terroso	terroso	terroso	pasto	terroso	terroso	pasto	-
Fosforo	mg/L	HACH 8190	0,390	0,490	0,390	0,420	0,420	0,420	0,420	0,410	10
Fosfato	mg/L	HACH 8190	1,420	1,420	1,420	1,410	1,410	1,430	1,430	1,410	-
Hierro	mg/L	HACH 8008	0,320	0,310	0,310	0,310	0,360	0,350	0,370	0,360	1
Manganeso	mg/L	APHA 3111B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,1
Cromo	mg/L	APHA 3111B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,002	0,003	0,001	0,05

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Tabla A-24. Resultados de los Análisis Microbiológicos del Laboratorio realizados durante dos meses del agua de la Planta Casigana.

Análisis	Unidad	Método	Julio				Agosto				Límites Permisibles
			Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	Semana No. 1	Semana No. 2	Semana No. 3	Semana No. 4	
Coliformes Totales	NMP/100ml	APHA 9221	245	356	658	760	966	1.151	1.335	1.520	3 000
Coliformes Fecales	NMP/100ml	APHA 9222	585	593	802	1 010	1 119	1 267	2 015	2 564	600

Límite permisible según: Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (Tabla 1. TULAS).

Fuente: Laboratorio de Control de Calidad de aguas (EP EMAPA-A)

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Anexo B

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

ÉPOCA LLUVIOSA

Turbiedad

Tabla B-1. Análisis de Varianza (ANOVA) para Turbiedad.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	81284,2	3	27094,7	7,40	0,0011	*
Tratamientos	3805,48	3	1268,49	0,35	0,7919	
Residual	87853,3	24	3660,55			
Total Corregido	415565,0	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-2. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	84,795	A
3	8	94,5894	A
2	8	102,537	A
1	8	114,556	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-3. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	16,0025	A
2	8	103,769	B
3	8	129,638	B
4	8	147,069	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Sulfatos

Tabla B-4. Análisis de Varianza (ANOVA) para Sulfatos.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	16,8438	3	5,61458	1,42	0,2618	*
Tratamientos	25,3438	3	8,44792	2,13	0,1223	*
Residual	95,0	24	3,95833			
Total Corregido	137,969	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-5. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	13,375	A
2	8	14,0	A
3	8	15,125	A
4	8	15,625	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-6. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
3	8	13,75	A
1	8	13,875	A
2	8	15,125	A
4	8	15,375	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Amonio

Tabla B-7. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amonio.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,105013	3	0,03050042	10,66	0,0001	*
Tratamientos	0,0193375	3	0,00644583	1,96	0,1466	
Residual	0,0788375	24	0,0032849			
Total Corregido	0,555988	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-8. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,23	A
3	8	0,2425	A
2	8	0,2725	A
1	8	0,2925	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-9. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,16125	A
2	8	0,28125	B
3	8	0,29	B
4	8	0,305	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Amoniaco

Tabla B-10. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amoniaco.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,0868844	3	0,0289615	10,93	0,0001	*
Tratamientos	0,0189094	3	0,00630313	2,38	0,0948	
Residual	0,0636	24	0,00265			
Total Corregido	0,471647	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-15. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,22	A
3	8	0,22	A
2	8	0,25375	A
1	8	0,2775	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-16. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,15375	A
2	8	0,265	B
3	8	0,26625	B
4	8	0,28625	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Nitratos

Tabla B-13. Análisis de Varianza (ANOVA) para Nitratos.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,0525668	3	0,0175223	0,46	0,7109	
Tratamientos	0,358572	3	0,119524	3,16	0,0432	*
Residual	0,908634	24	0,0378598			
Total Corregido	13,8661	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-14. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	2,384	A
3	8	2,52437	AB
4	8	2,58062	AB
2	8	2,67638	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B15. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	2,48675	A
3	8	2,5375	A
4	8	2,54	A
2	8	2,60112	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Hierro**Tabla B-16.** Análisis de Varianza (ANOVA) para Hierro.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,0345801	3	0,0115267	1,01	0,4059	*
Tratamientos	0,0384976	3	0,0128325	1,12	0,3593	
Residual	0,274174	24	0,0114239			
Total Corregido	0,372061	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-17. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,2975	A
3	8	0,362625	A
1	8	0,38	A
2	8	0,38375	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-18. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,305	A
2	8	0,353875	A
3	8	0,37	A
4	8	0,395	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Totales

Tabla B-19. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Totales.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	147087,0	3	49028,8	5,40	0,0055	*
Tratamientos	155876,0	3	51958,8	5,70	0,0042	*
Residual	218072,0	24	9086,33			
Total Corregido	1,63258E6	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-20. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	382,5	A
3	8	420,5	A
1	8	486,25	AB
2	8	566,25	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-21. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
3	8	422,5	A
2	8	423,75	A
1	8	428,0	A
4	8	581,25	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Fecales

Tabla B-22. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Fecales.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	9,4294E6	3	3,14313E6	2,29	0,1038	*
Tratamientos	3,80604E7	3	1,26868E7	9,25	0,003	*
Residual	3,29187E7	24	1,37161E6			
Total Corregido	1,01121E8	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-23. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
3	8	723,75	A
2	8	896,875	A
4	8	1103,75	A
1	8	3407,5	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-24. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	644,375	A
3	8	1591,25	A
2	8	1805,0	A
4	8	2091,25	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

ÉPOCA SECA

Turbiedad

Tabla B-25. Análisis de Varianza (ANOVA) para Turbiedad.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	39,4624	3	13,1541	0,80	0,5039	
Tratamientos	415425,0	3	138475,0	8464,22	0,000	*
Residual	392,641	24	16,36			
Total Corregido	416068,0	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-26. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	24,5463	A
3	8	26,94	A
1	8	45,485	B
2	8	294,788	AB

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-27. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	96,0238	A
4	8	98,485	A
3	8	98,5125	A
2	8	98,7375	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Sulfatos

Tabla B-28. Análisis de Varianza (ANOVA) para Sulfatos.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	4,0	3	1,3333	2,72	0,0666	*
Tratamientos	8,25	3	2,75	5,62	0,0046	*
Residual	11,75	24	0,489583			
Total Corregido	32,0	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-29. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	10,875	A
3	8	11,0	A
2	8	11,0	A
1	8	12,125	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-30. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	10,75	A
3	8	11,25	AB
2	8	11,25	AB
1	8	11,75	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Amonio

Tabla B-31. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amonio.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,000259375	3	0,0000864583	1,02	0,3992	
Tratamientos	0,00453438	3	0,00151146	17,91	0,000	*
Residual	0,002025	24	0,000084375			
Total Corregido	0,00819688	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-32. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,37	A
2	8	0,37875	AB
4	8	0,39125	AB
3	8	0,40125	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-33. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,3825	A
3	8	0,38375	A
1	8	0,385	A
2	8	0,39	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Amoniaco

Tabla B-34. Análisis de Varianza (ANOVA) para Amoniaco.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,00216484	3	0,000721615	1,46	0,2508	
Tratamientos	0,00648984	3	0,00216328	4,37	0,0136	*
Residual	0,011875	24	0,000494792			
Total Corregido	0,0356242	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-35. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,34875	A
1	8	0,365625	AB
2	8	0,37875	AB
3	8	0,38625	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-36. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,385125	A
4	8	0,36625	A
3	8	0,37625	A
2	8	0,37875	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Nitratos

Tabla B-37. Análisis de Varianza (ANOVA) para análisis de Nitratos.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,459889	3	0,153296	1,42	0,2627	
Tratamientos	13,2184	3	4,40615	40,68	0,000	*
Residual	2,59922	24	0,108301			
Total Corregido	16,6426	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-38. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	3,34362	A
4	8	3,48586	A
2	8	3,68675	A
3	8	4,96275	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-39. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	3,73575	A
1	8	3,80737	A
3	8	3,8775	A
2	8	4,05837	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Hierro**Tabla B-40.** Análisis de Varianza (ANOVA) para Hierro.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	0,000559375	3	0,000186458	0,66	0,5873	
Tratamientos	0,00495938	3	0,00165313	5,81	0,0039	*
Residual	0,006825	24	0,000284375			
Total Corregido	0,0263719	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-41. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
4	8	0,33625	A
1	8	0,34875	AB
2	8	0,36375	B
3	8	0,3675	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-42. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	0,3475	A
3	8	0,35375	A
4	8	0,35625	A
2	8	0,35875	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Totales

Tabla B-43. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Totales.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	155007,0	3	51668,8	1,40	0,2671	
Tratamientos	4,31857E6	3	1,43952E6	39,00	0,000	*
Residual	885794,0	24	36,9081			
Total Corregido	5,93879E6	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-44. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	104,375	A
4	8	873,875	B
2	8	910,0	B
3	8	1038,75	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-45. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	646,375	A
2	8	685,625	A
3	8	771,875	A
4	8	823,125	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Fecales

Tabla B-46. Análisis de Varianza (ANOVA) para Coliformes Fecales.

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calc.	Valor P.	Signif.
Bloques	1,10606E6	3	368686,0	0,33	0,8044	
Tratamientos	4,6966E7	3	1,56553E7	13,97	0,000	*
Residual	2,68979E7	24	1,12075E6			
Total Corregido	8,17504E7	31				

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-47. Prueba de TUKEY al 5% para Tratamientos.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
1	8	149,375	A
4	8	1244,38	A
2	8	2957,0	B
3	8	3027,5	B

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Tabla B-48. Prueba de TUKEY al 5% para Bloques.

Tratamientos	Observaciones	Medias	Grupo
3	8	1578,0	A
4	8	1783,38	A
1	8	1938,63	A
2	8	2078,25	A

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fuente: Andrea Tirado, 2013.

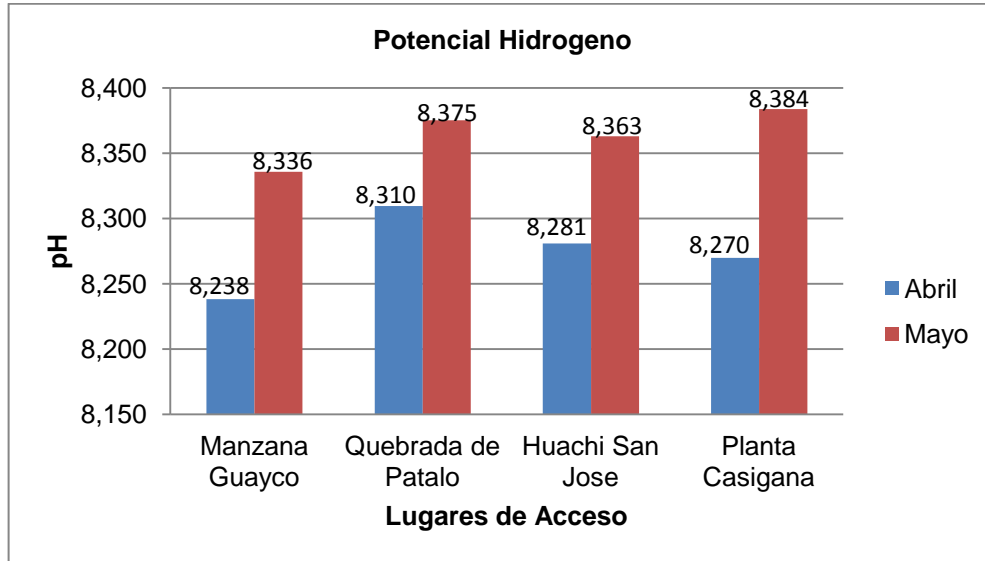
Anexo C

GRÁFICOS

Potencial de Hidrogeno (pH) In situ

Época Lluviosa

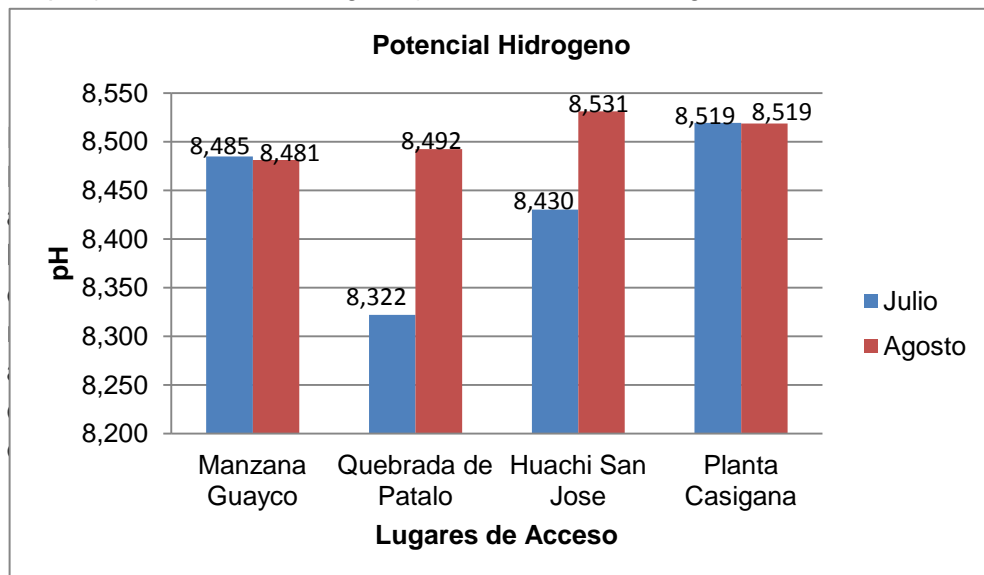
Gráfico C-1. Datos pH in situ de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-2. Datos pH in situ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

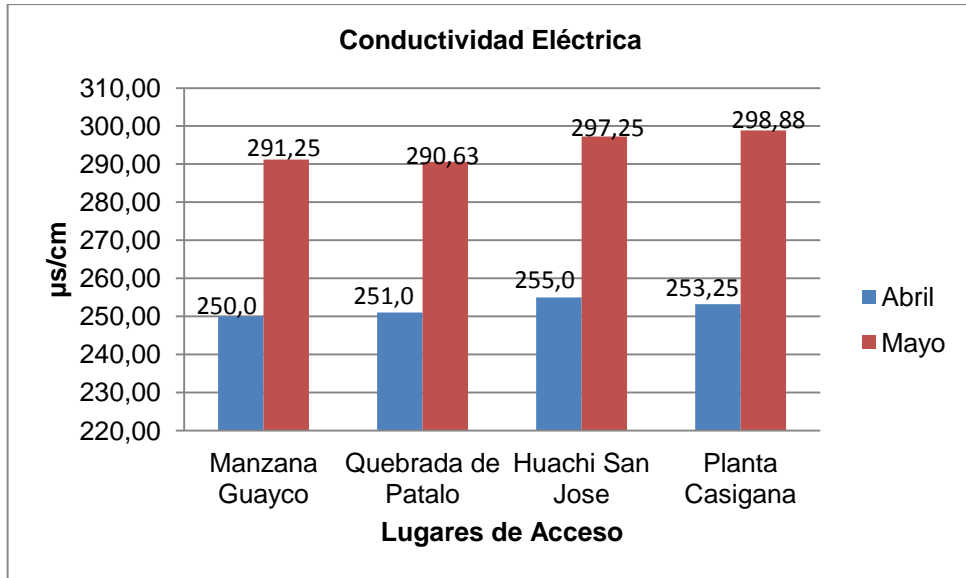


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013

Conductividad Eléctrica In situ

Época Lluviosa

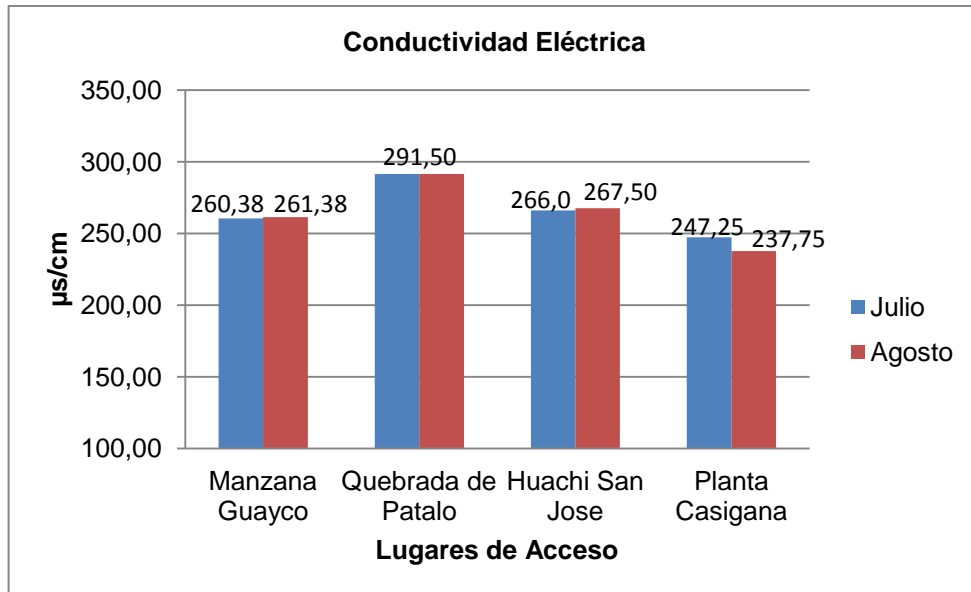
Gráfico C-3. Datos conductividad in situ de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-4. Datos conductividad in situ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

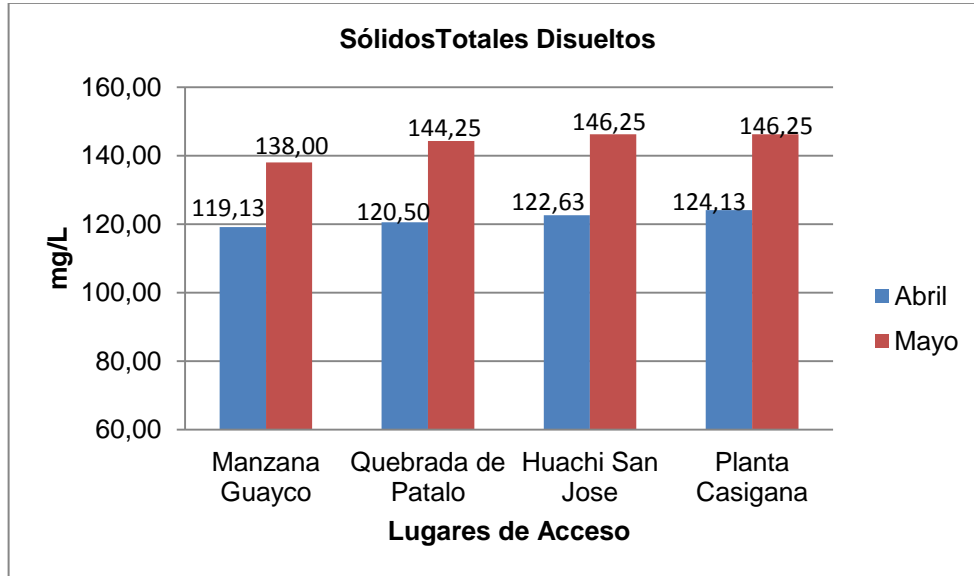


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Sólidos Totales Disueltos In situ

Época Lluviosa

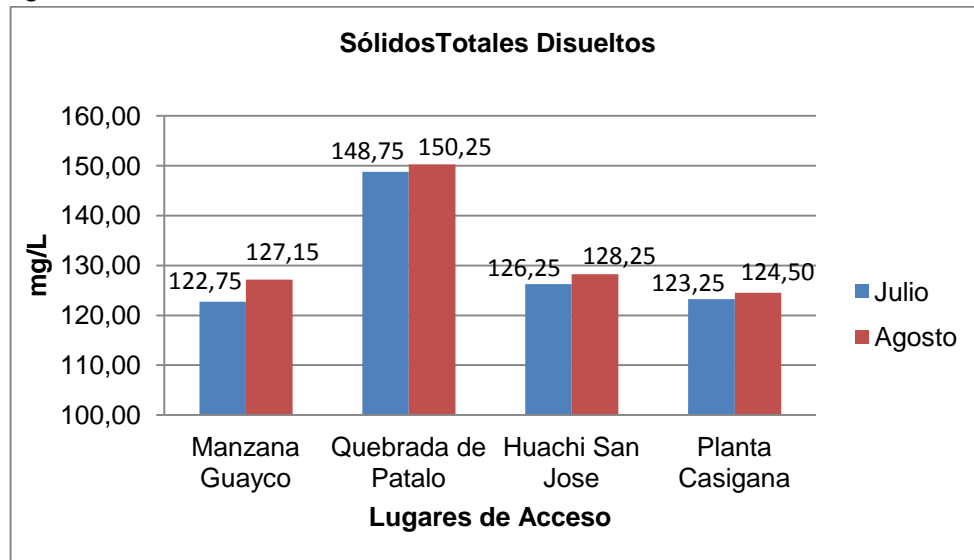
Gráfico C-5. Datos solidos totales disueltos in situ de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-6. Datos solidos totales disueltos in situ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

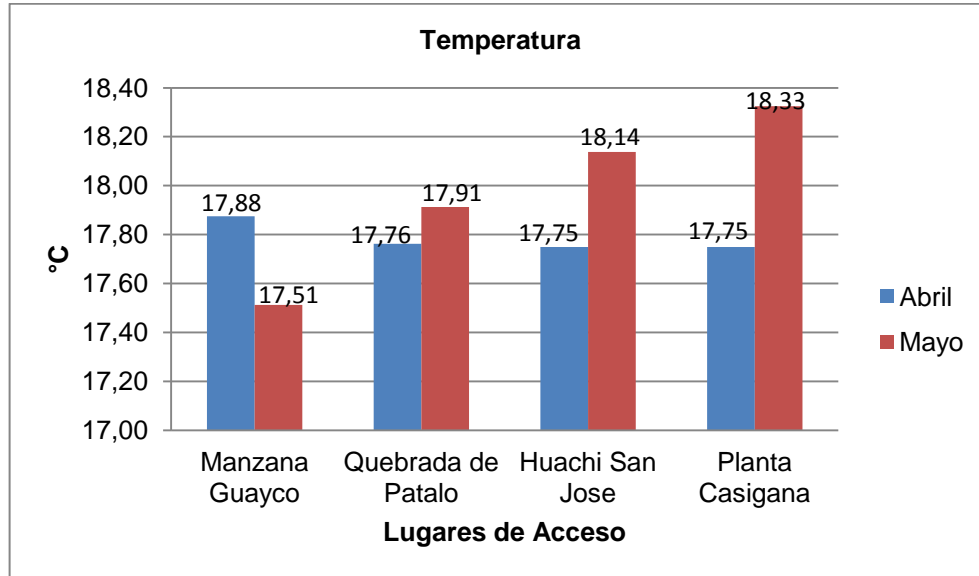


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Temperatura In situ

Época Lluviosa

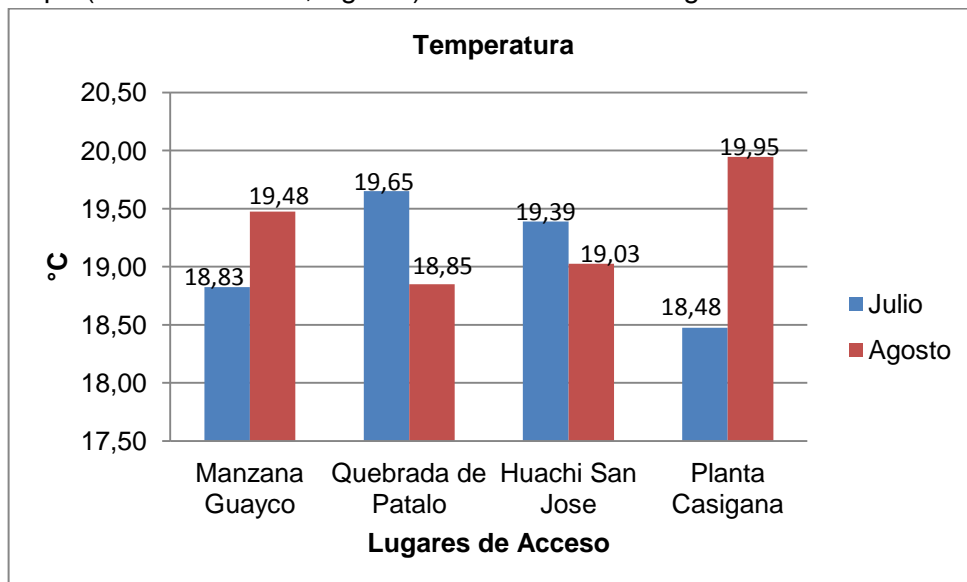
Gráfico C-7. Datos temperatura in situ de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-8. Datos temperatura in situ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

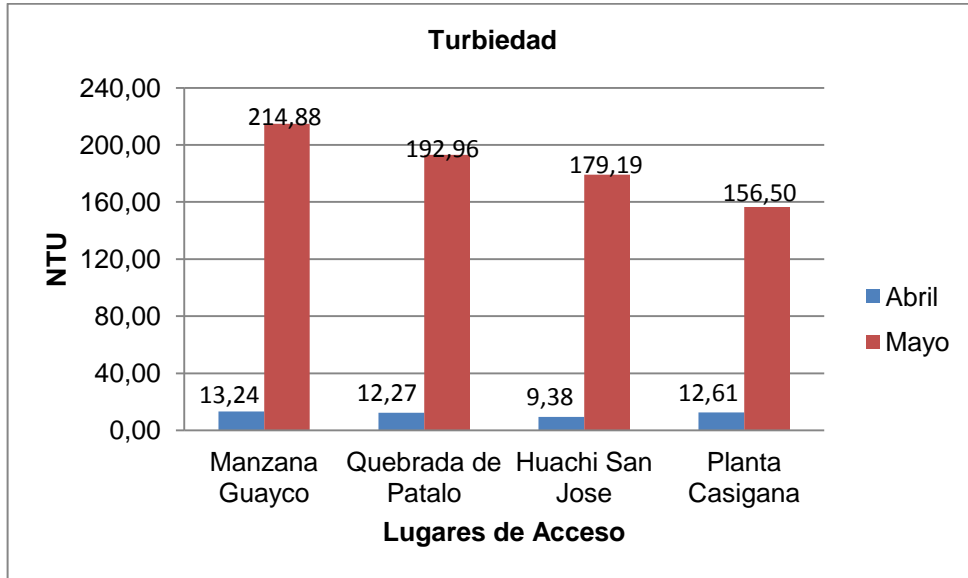


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Turbiedad In situ

Época Lluviosa

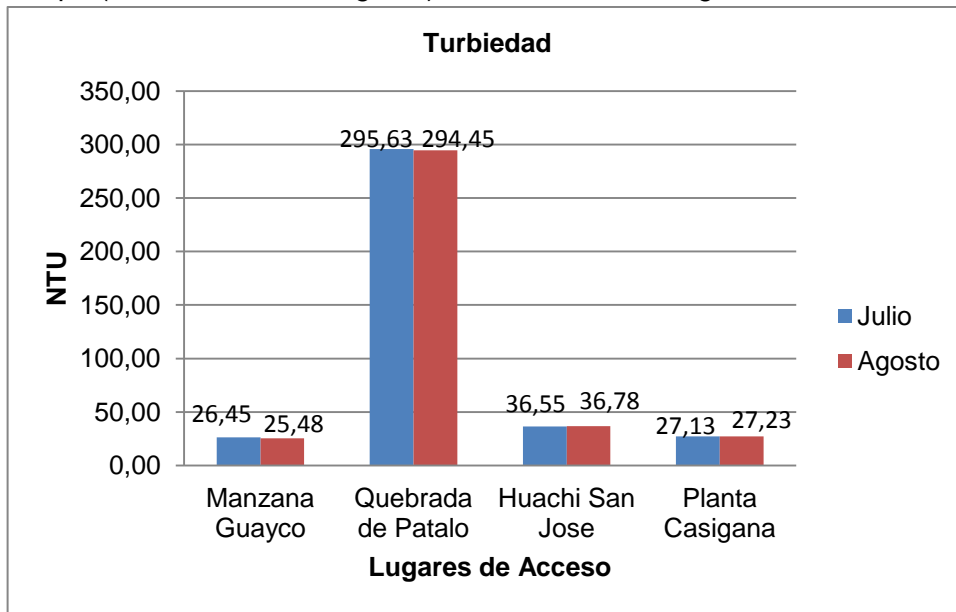
Gráfico C-9. Datos turbiedad in situ de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-10. Datos turbiedad in situ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

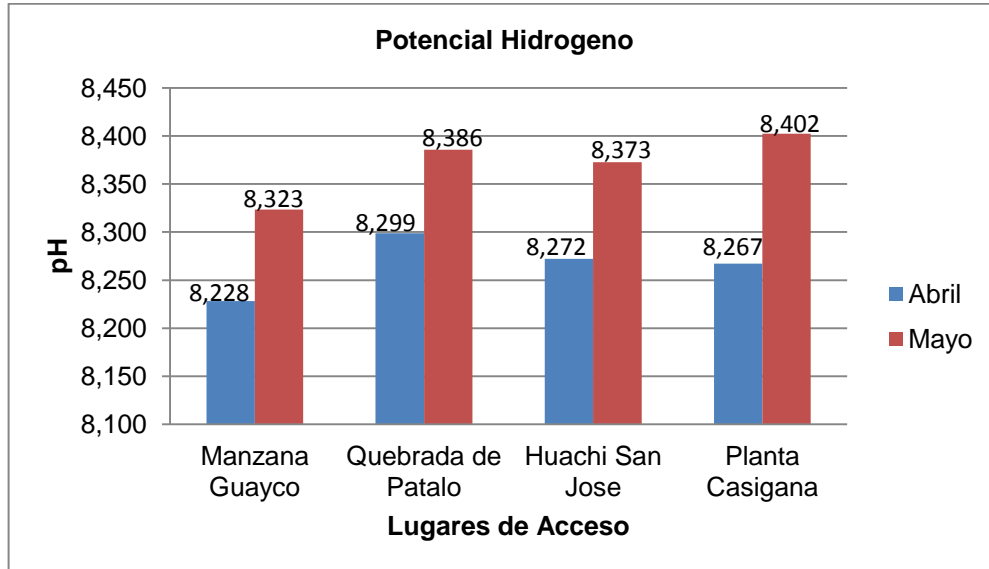


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Potencial de Hidrogeno (pH) Laboratorio

Época Lluviosa

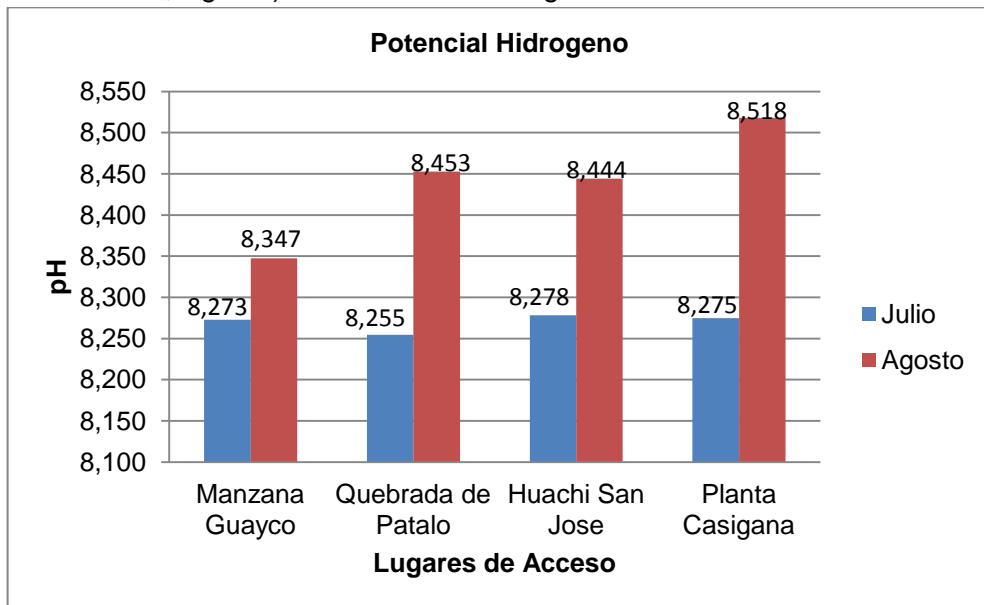
Gráfico C-11. Datos de pH de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-12. Datos de pH de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

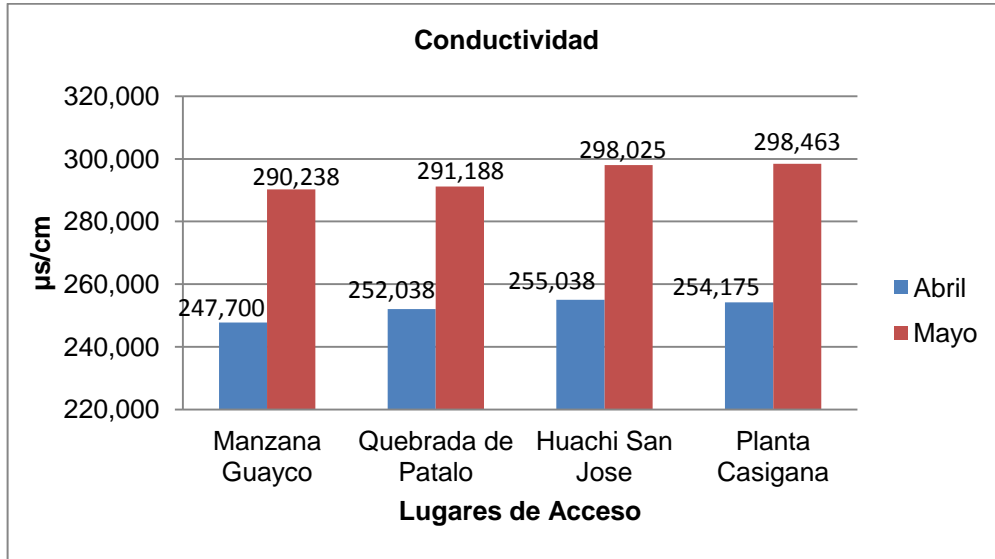


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Conductividad

Época Lluviosa

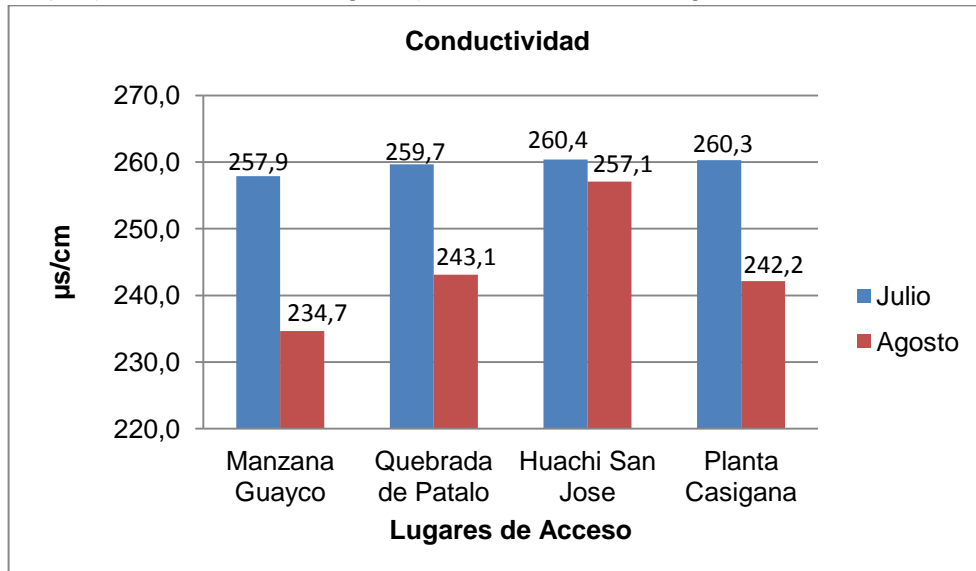
Gráfico C-13. Datos de conductividad de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-14. Datos de conductividad de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

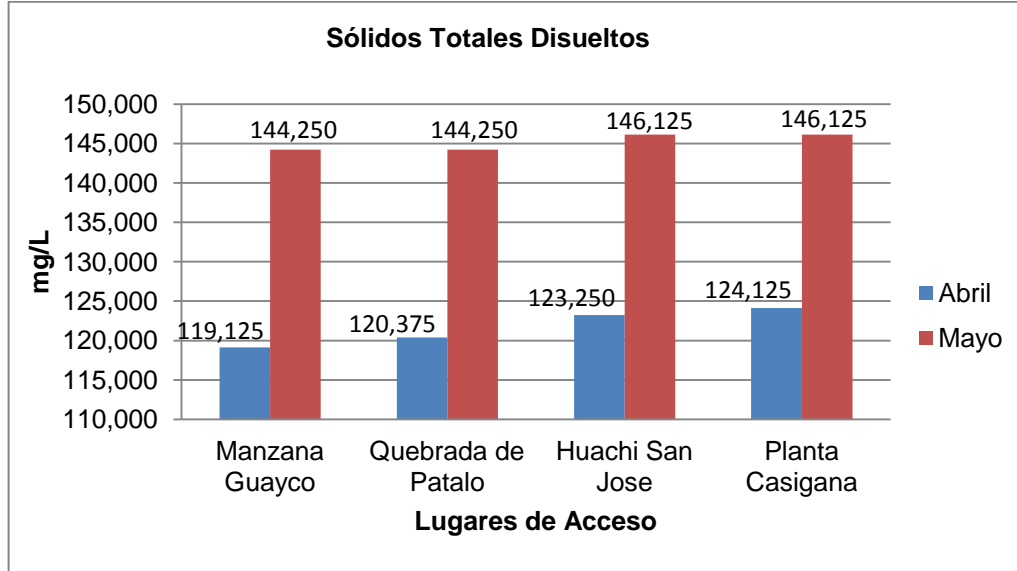


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Sólidos Totales Disueltos

Época Lluviosa

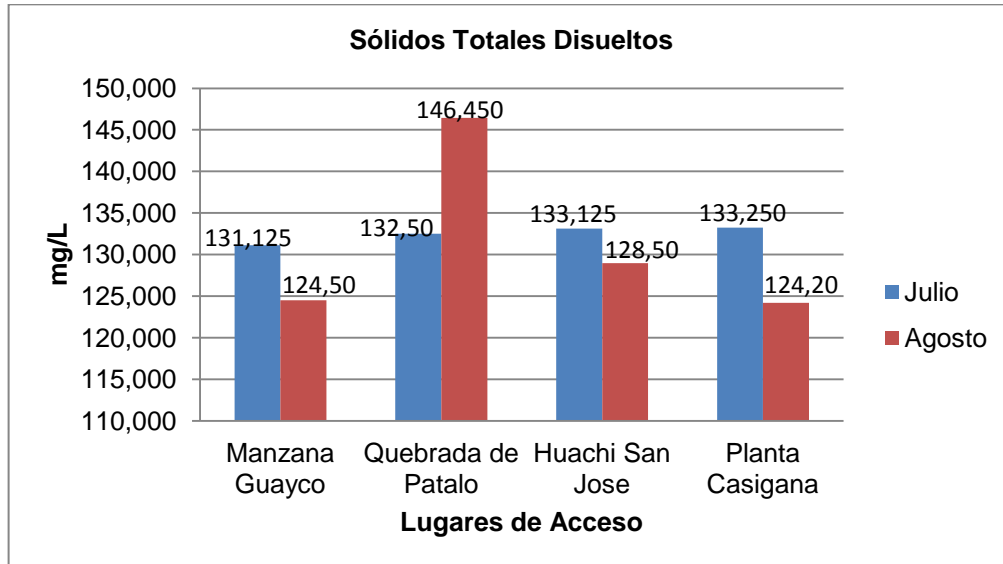
Gráfico C-15. Datos de solidos totales disueltos de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-16. Datos de solidos totales disueltos de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

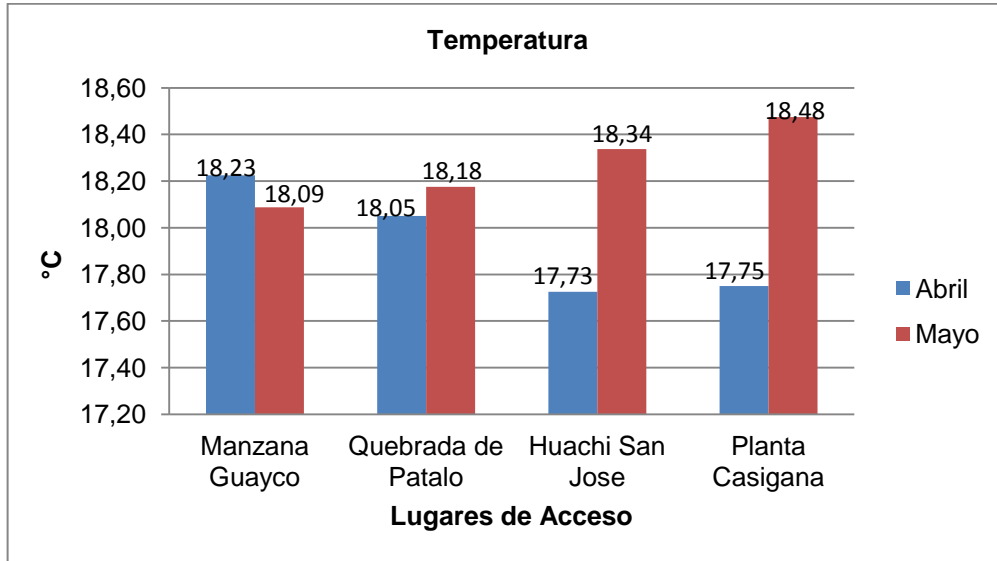


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Temperatura

Época Lluviosa

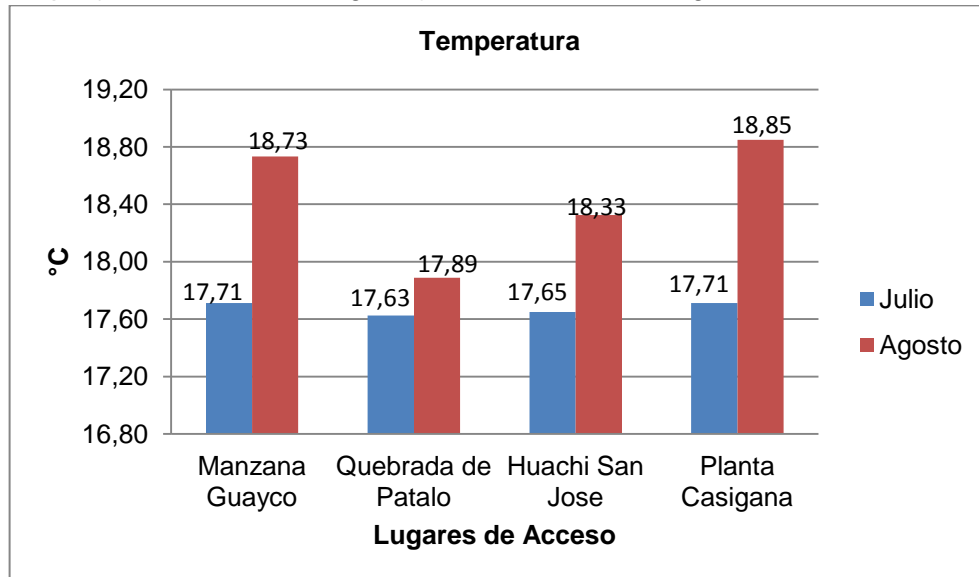
Gráfico C-17. Datos de temperatura de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-18. Datos de temperatura de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

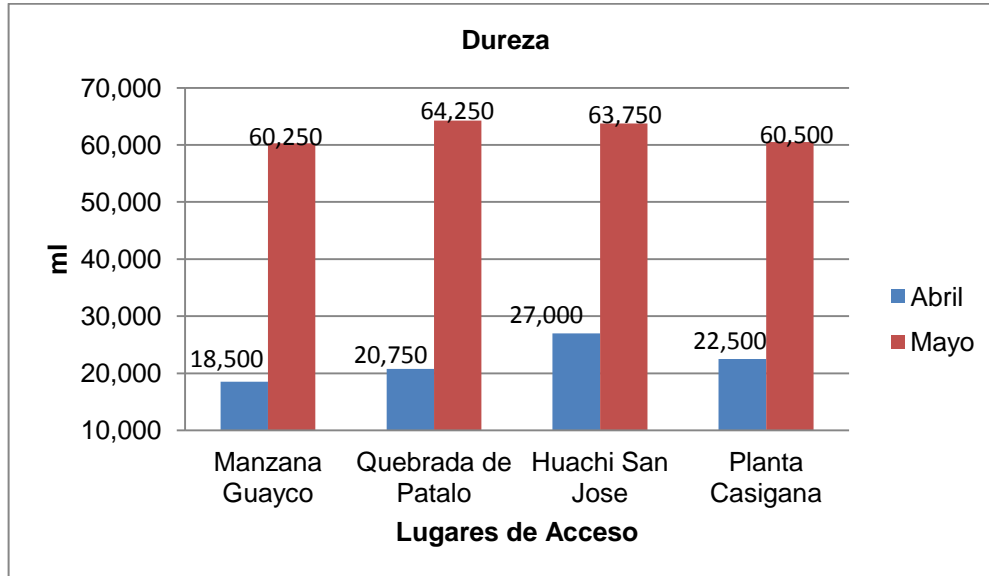


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Dureza

Época Lluviosa

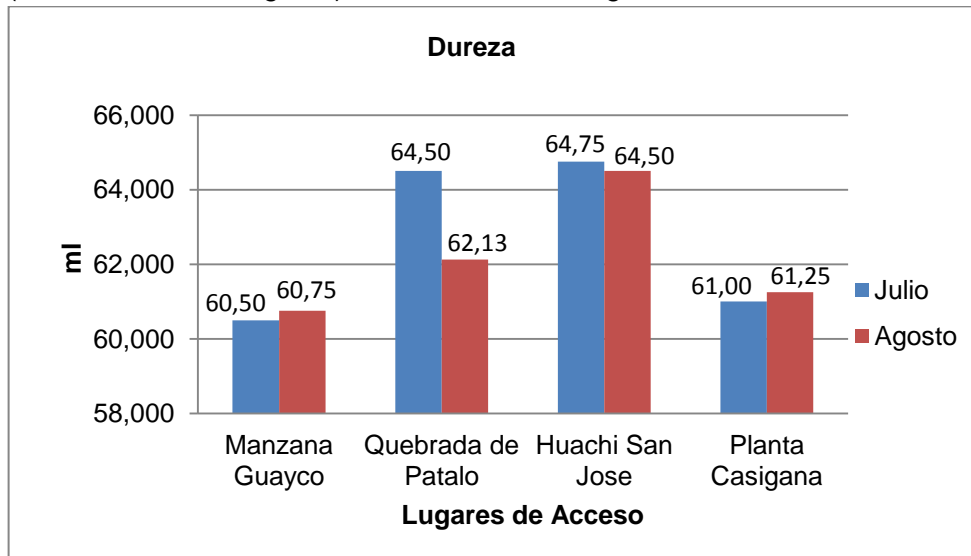
Gráfico C-19. Datos de dureza de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-20. Datos de dureza de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

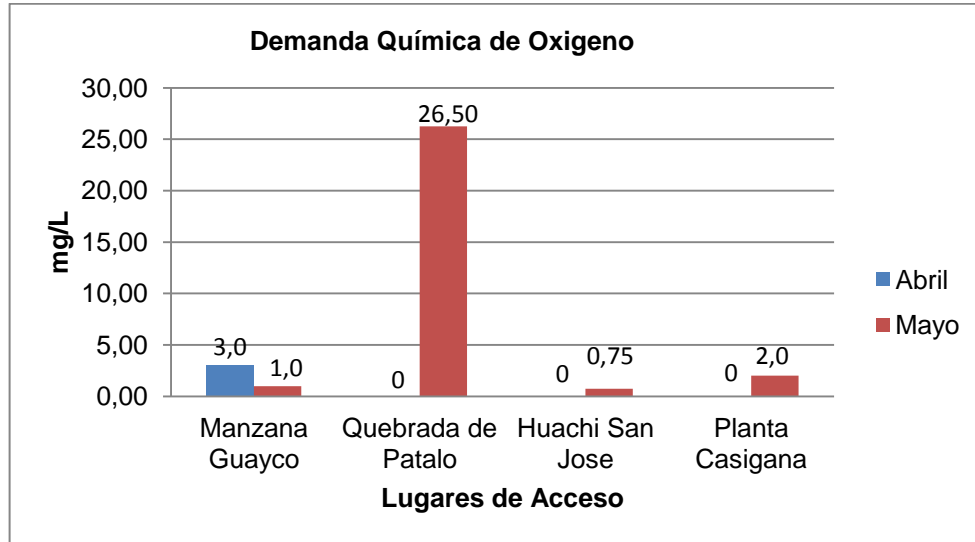


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Época Lluviosa

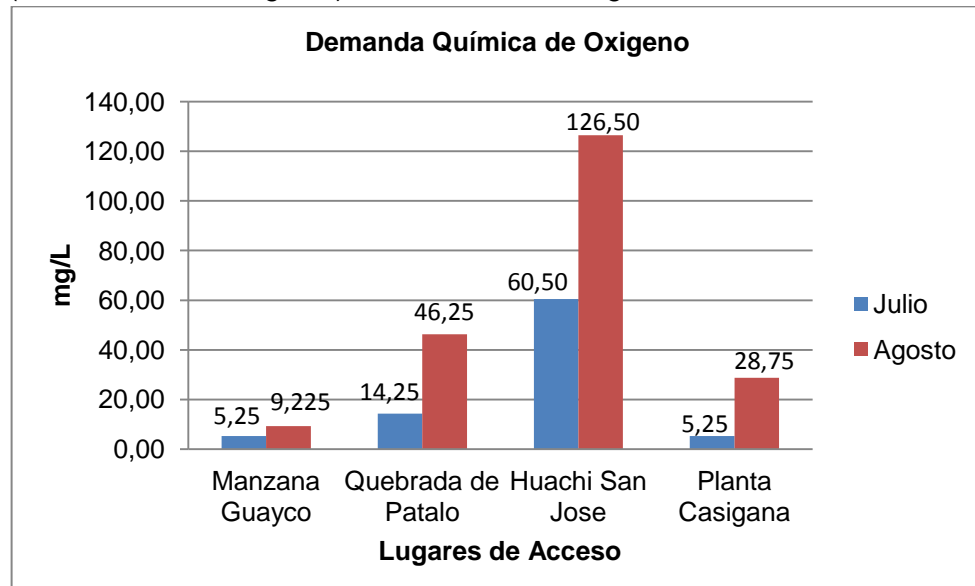
Gráfico C-21. Datos de DQO de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-22. Datos de DQO de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

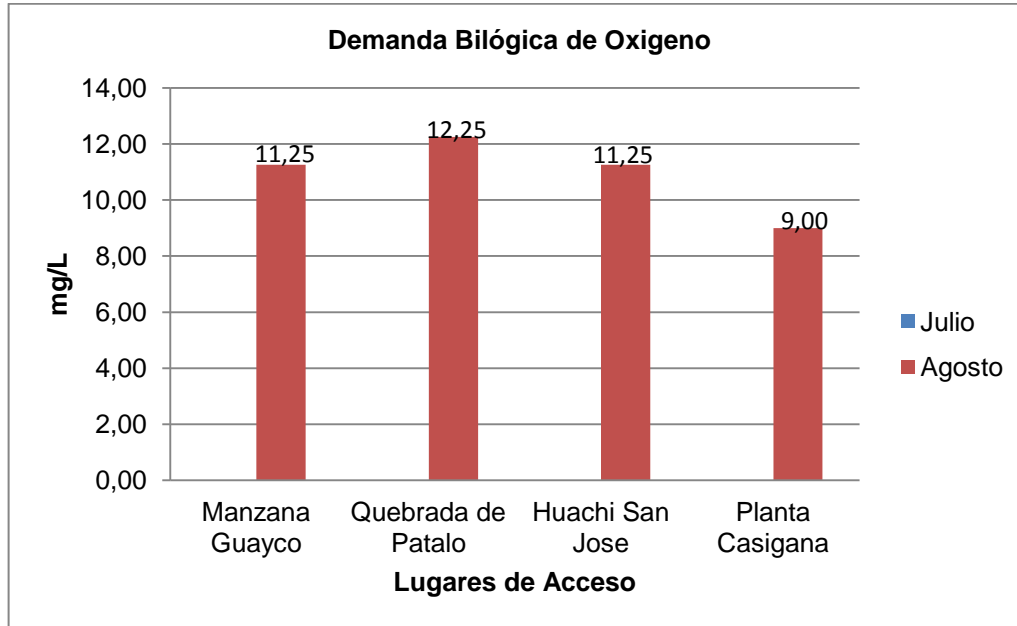


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Demanda Bilógica de Oxígeno (DBO₅)

Época Seca

Gráfico C-23. Datos de DBO₅ de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

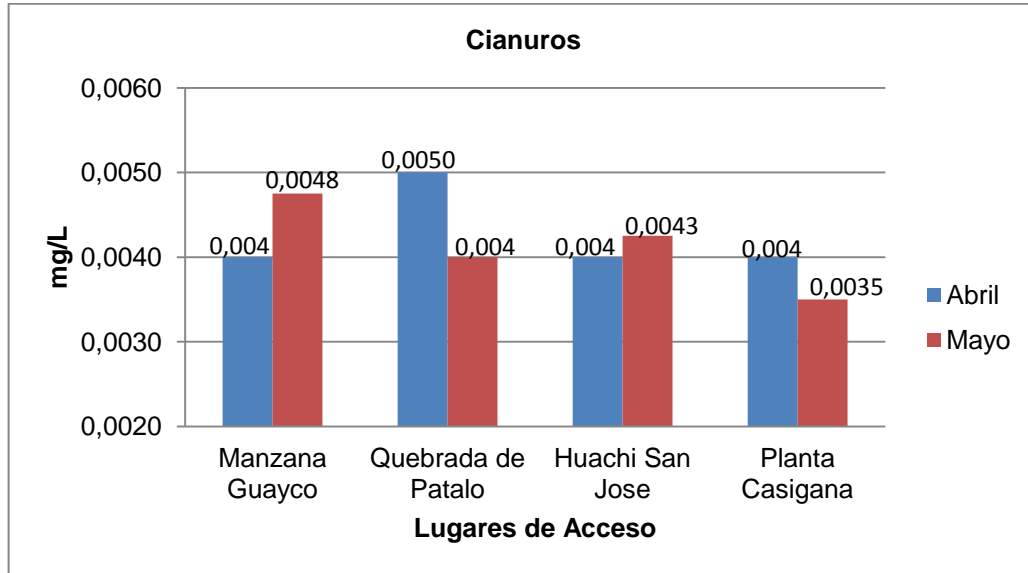


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Cianuros

Época Lluviosa

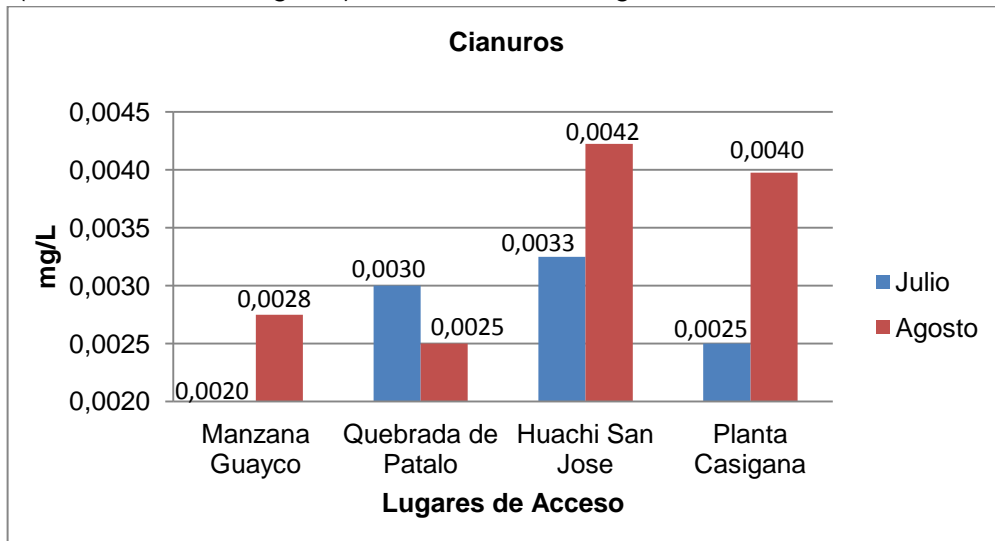
Gráfico C-24. Datos de cianuros de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-25. Datos de Cianuros de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

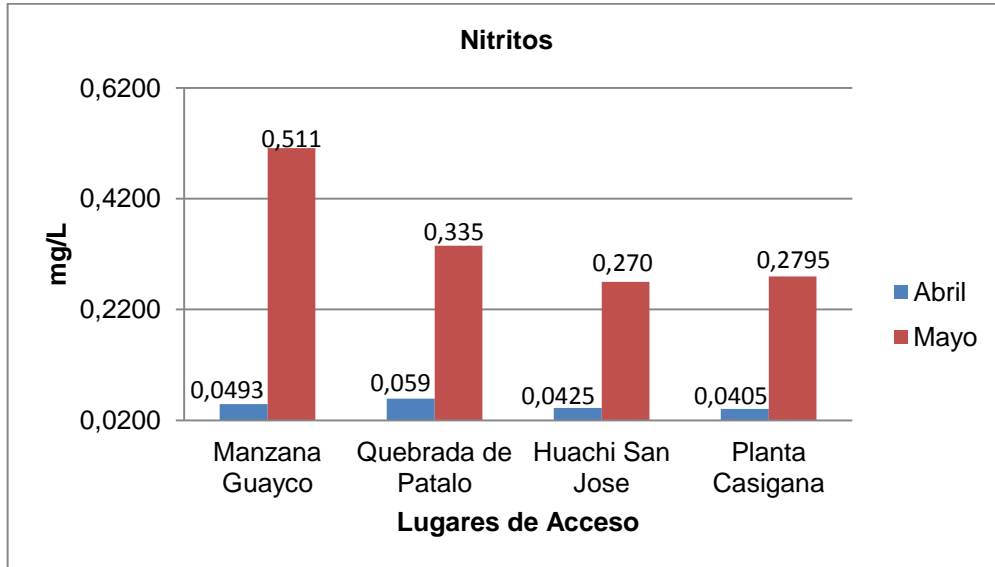


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Nitritos

Época Lluviosa

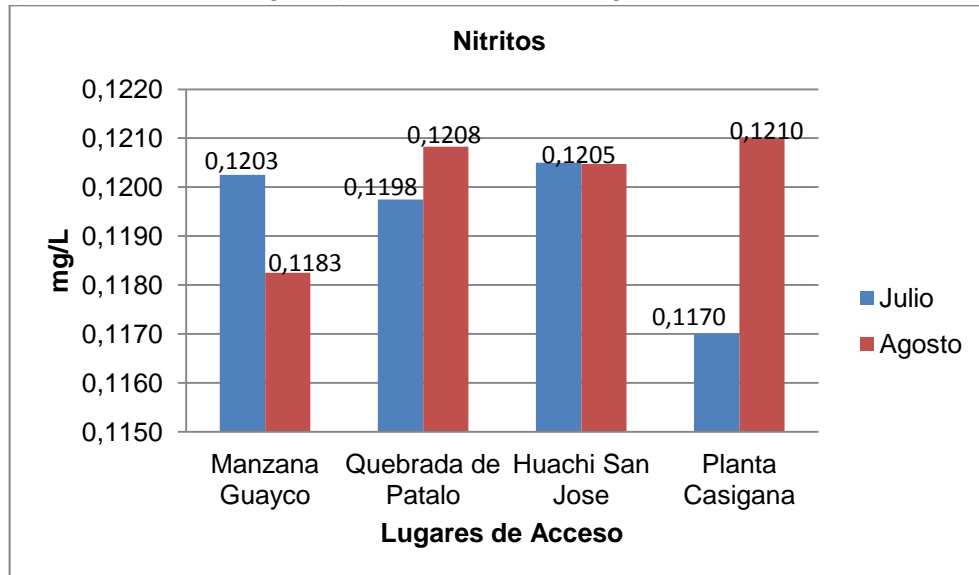
Gráfico C-26. Datos de nitritos de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-27. Datos de nitritos de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

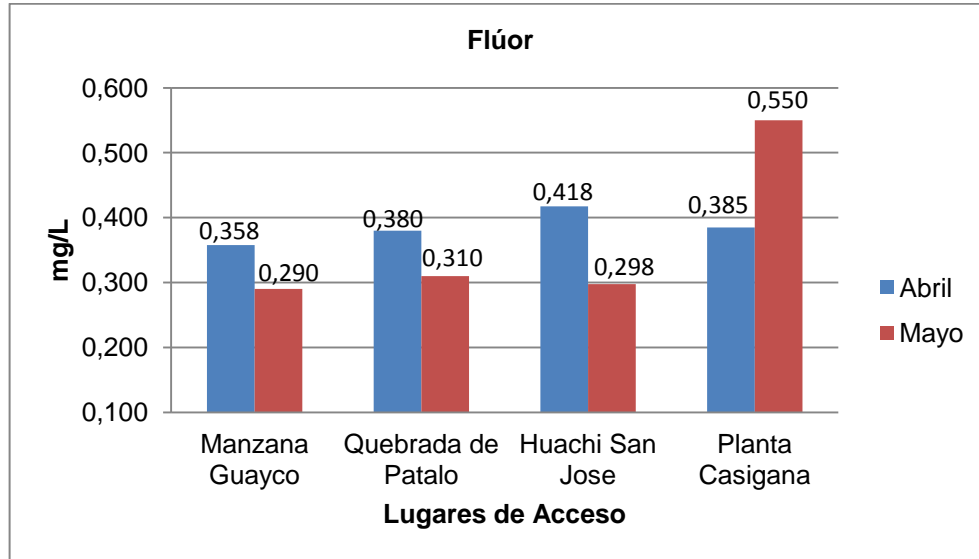


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Flúor

Época Lluviosa

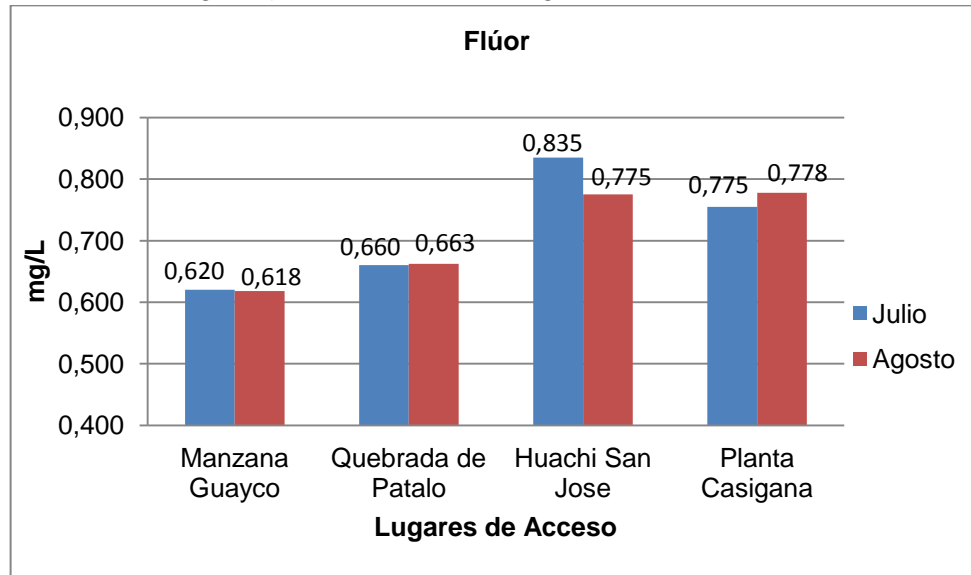
Gráfico C-28. Datos de flúor de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-29. Datos de flúor de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

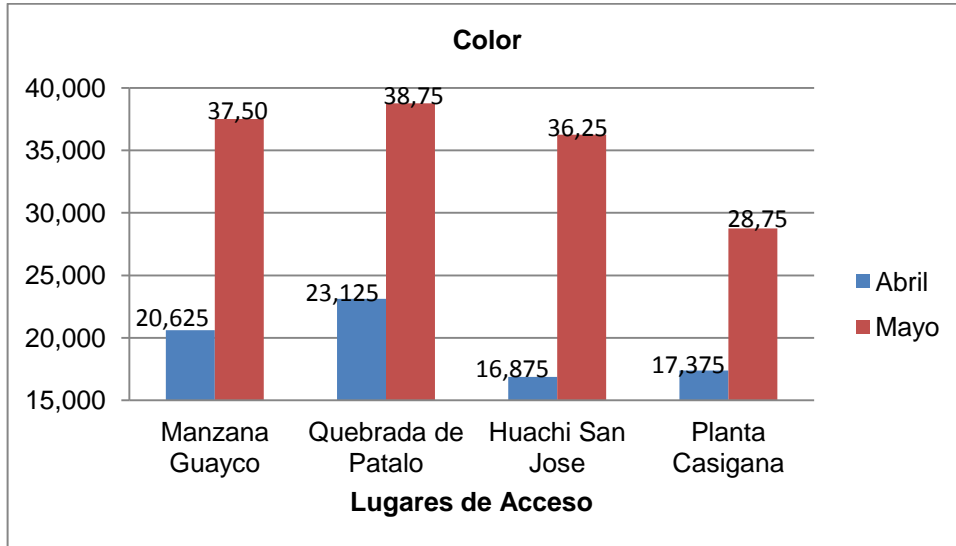


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Color

Época Lluviosa

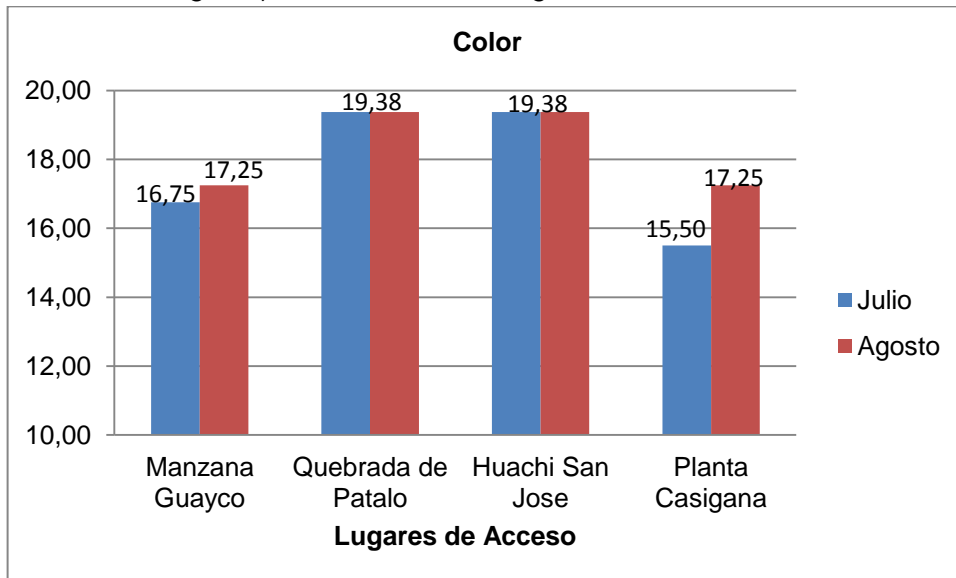
Gráfico C-30. Datos de color de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-31. Datos de color de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

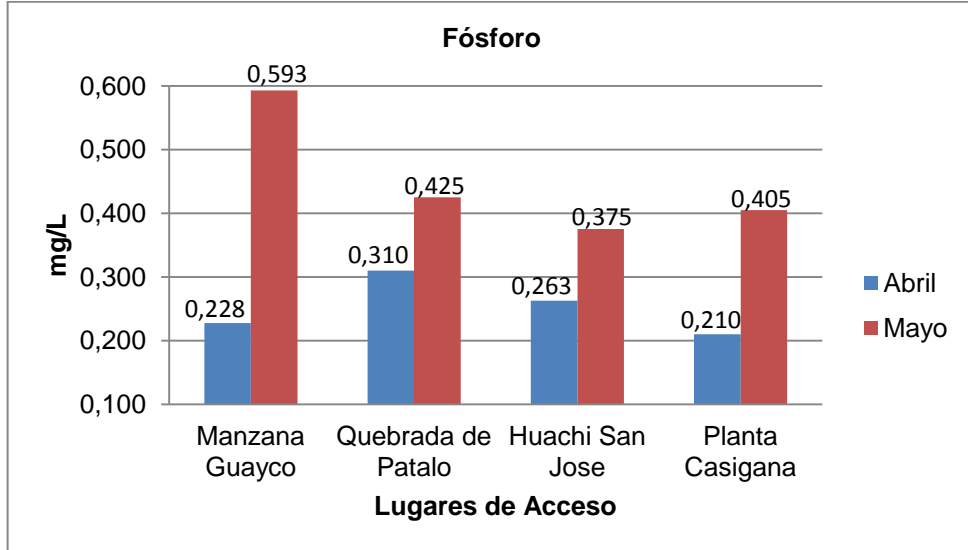


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fósforo

Época Lluviosa

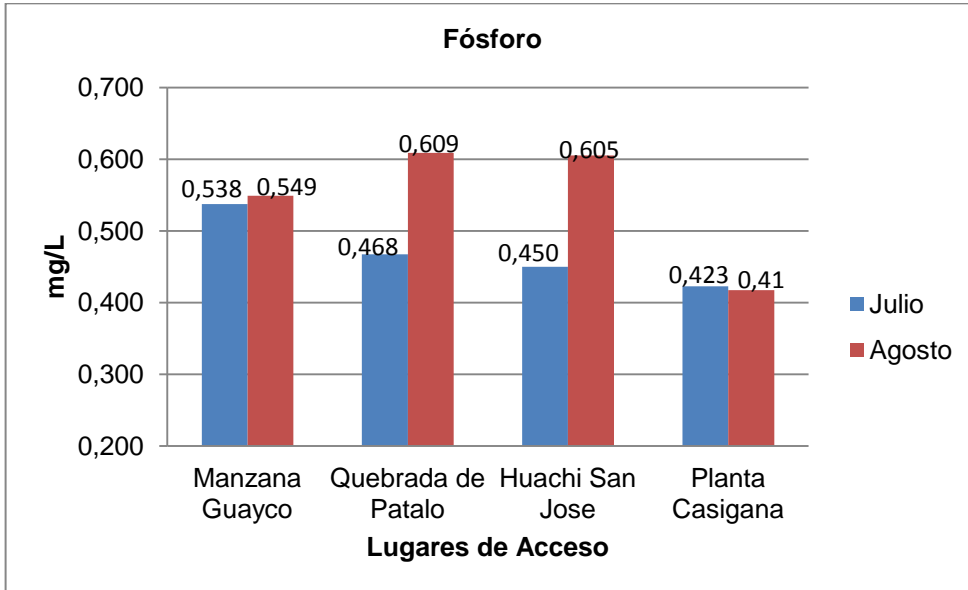
Gráfico C-32. Datos de fosforo de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-33. Datos de fosforo de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

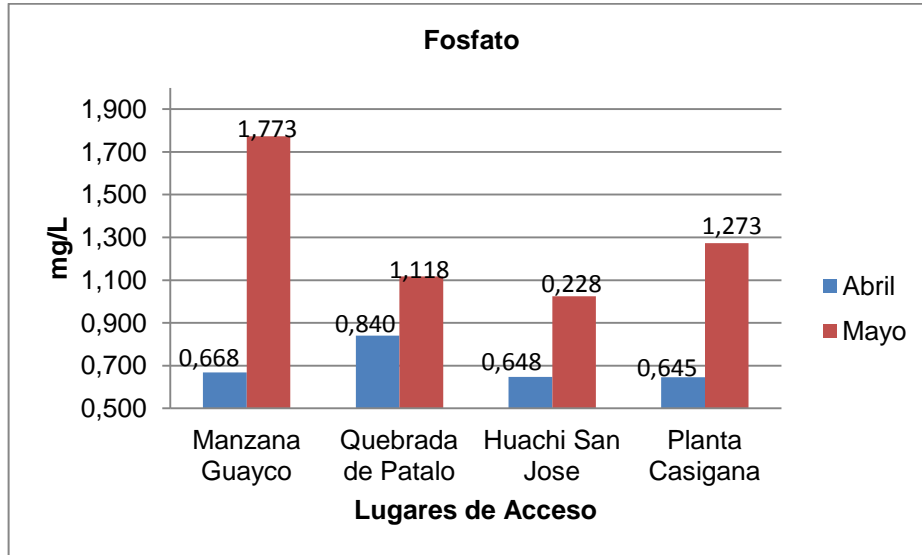


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Fosfato

Época Lluviosa

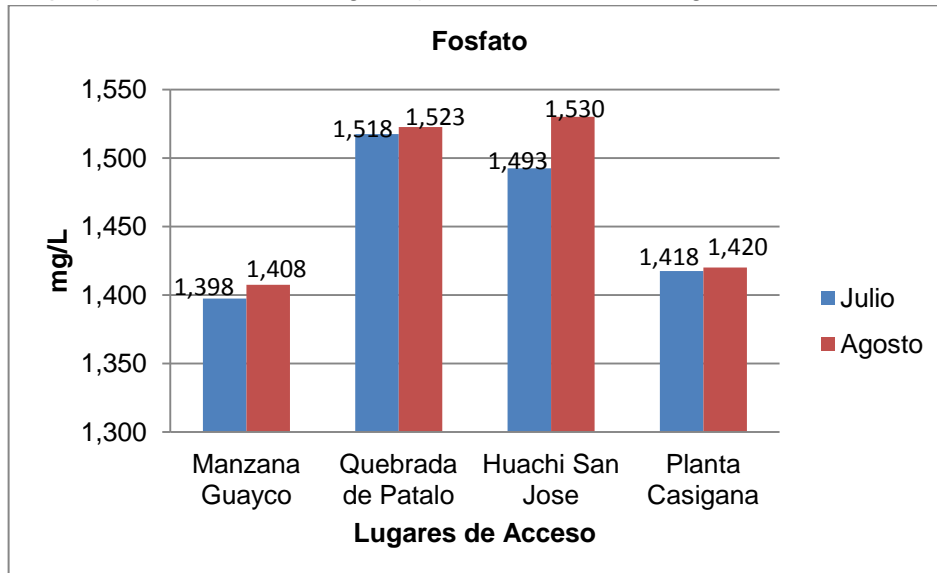
Gráfico C-34. Datos de fosfato de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-35. Datos de fosfato de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

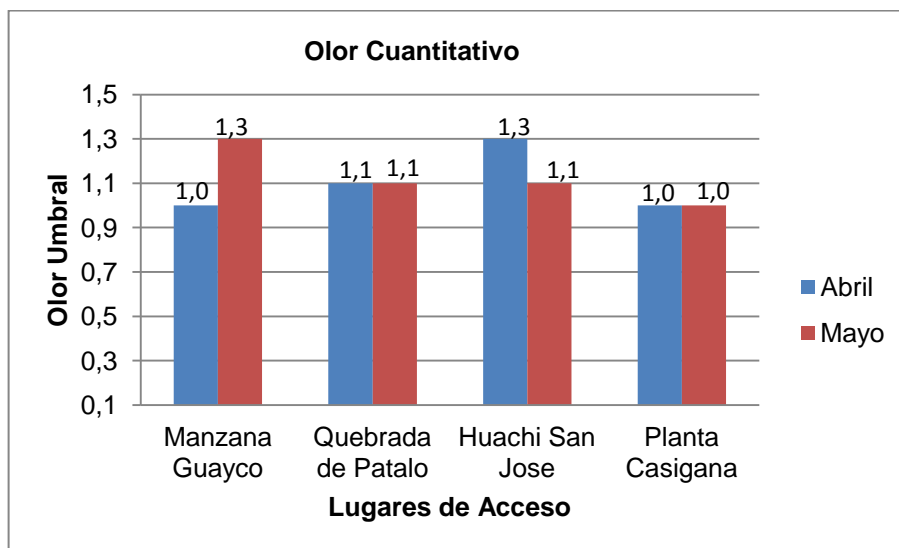


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Olor Cuantitativo

Época Lluviosa

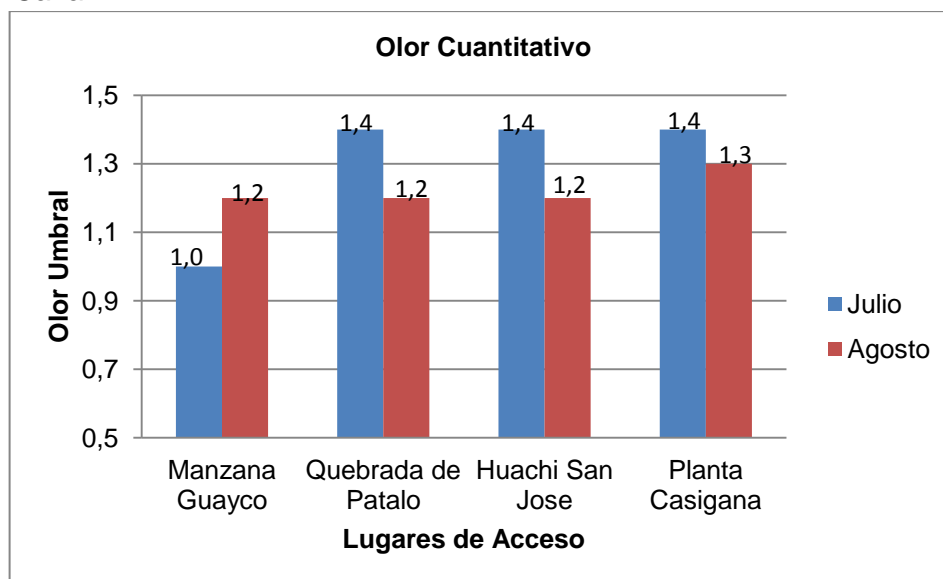
Gráfico C-36. Datos del olor cuantitativo de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-37. Datos del olor cuantitativo de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

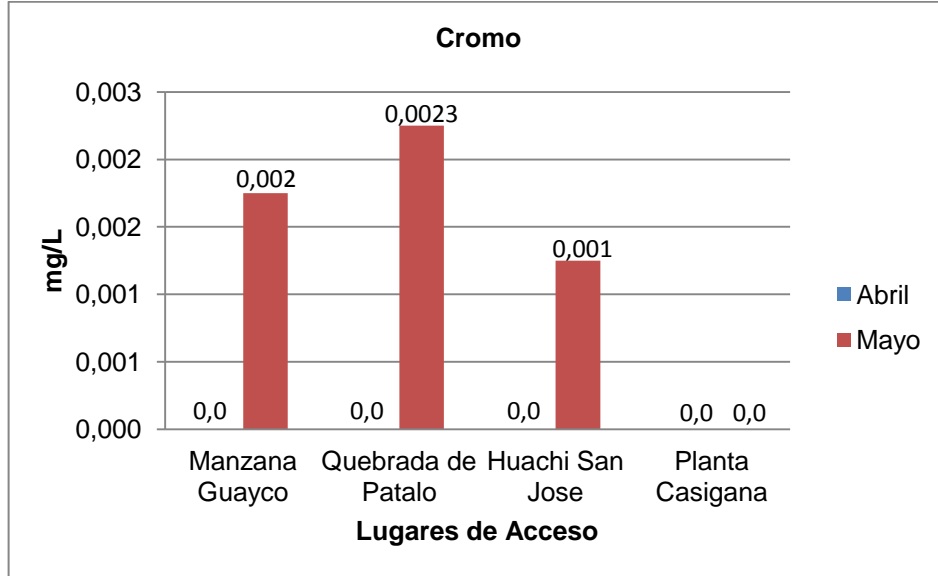


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Cromo

Época Lluviosa

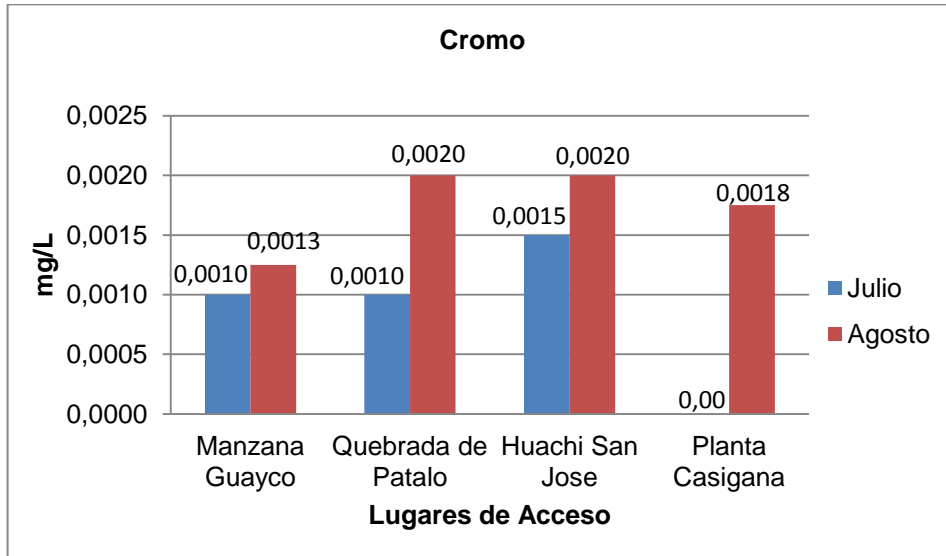
Gráfico C-38. Datos cromo de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Época Seca

Gráfico C-39. Datos cromo de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.

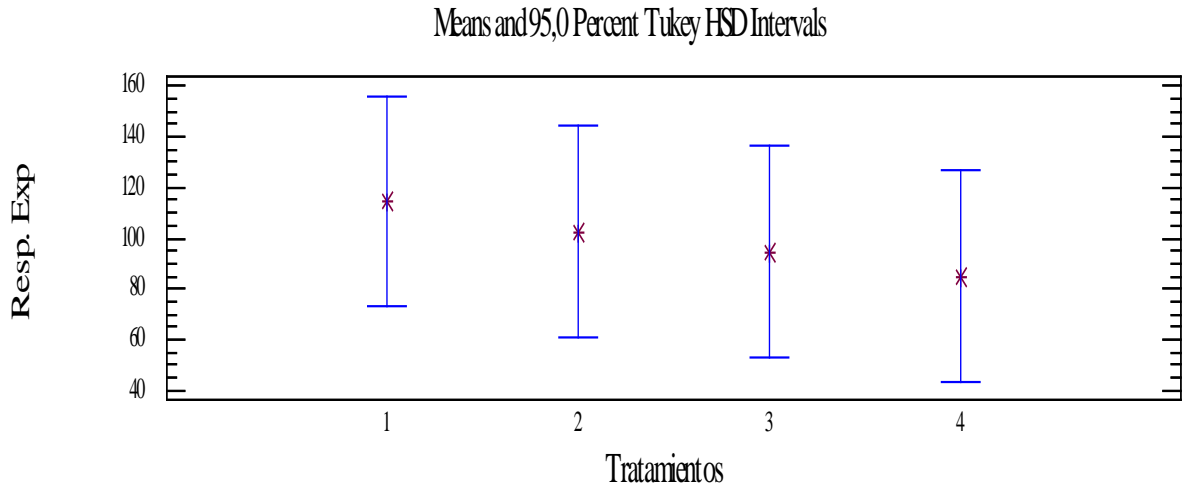


Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Turbiedad

Época Lluviosa

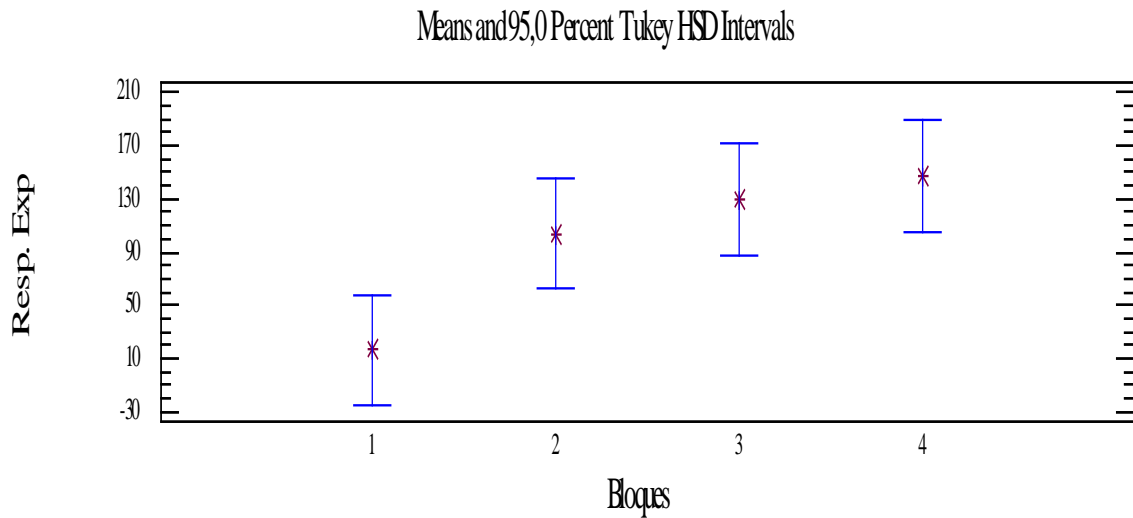
Gráfico C-40. Datos turbiedad para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-41. Datos turbiedad para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



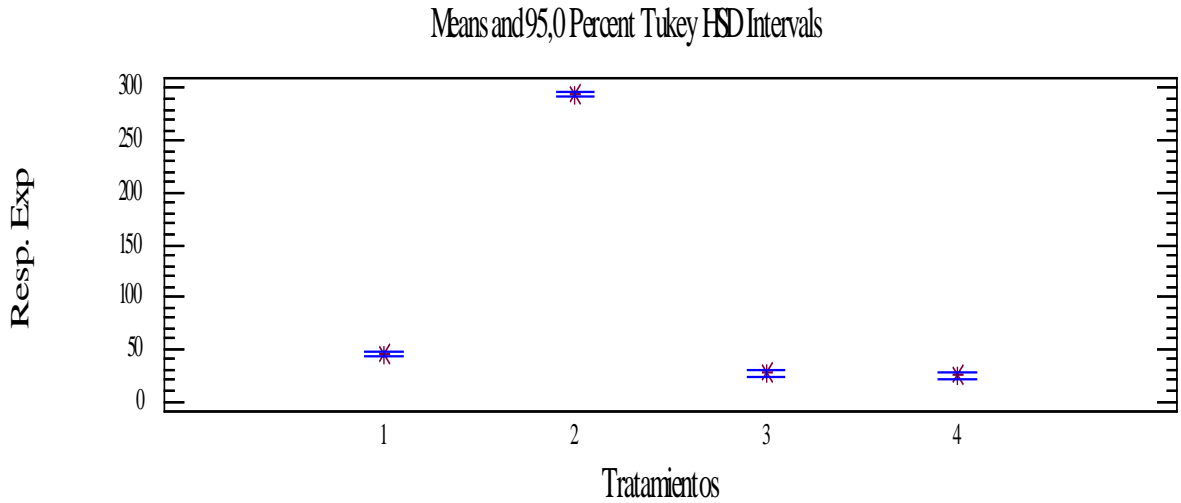
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Turbiedad

Época Seca

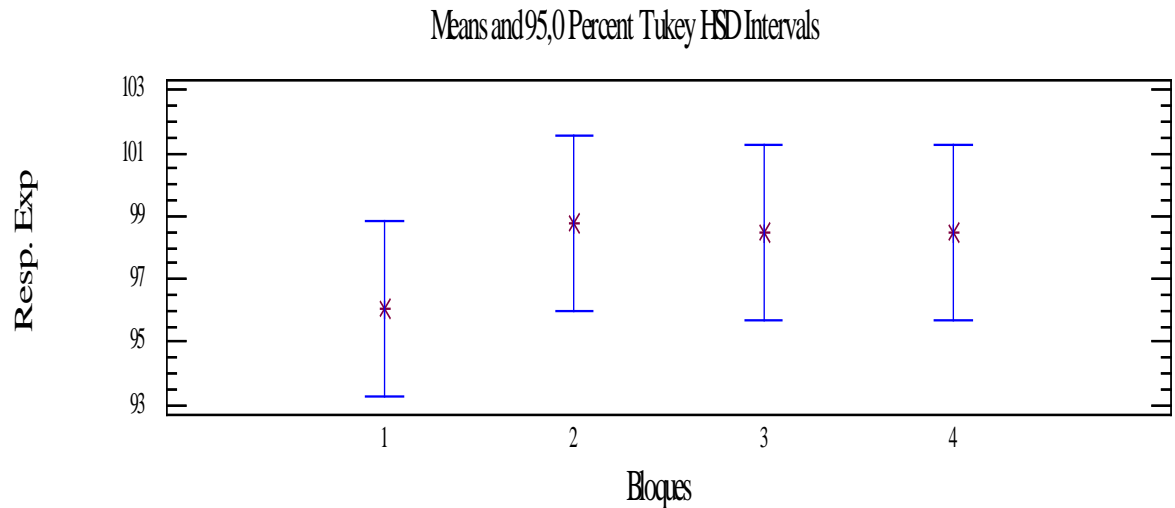
Gráfico C-42. Datos turbiedad para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-43. Datos turbiedad para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



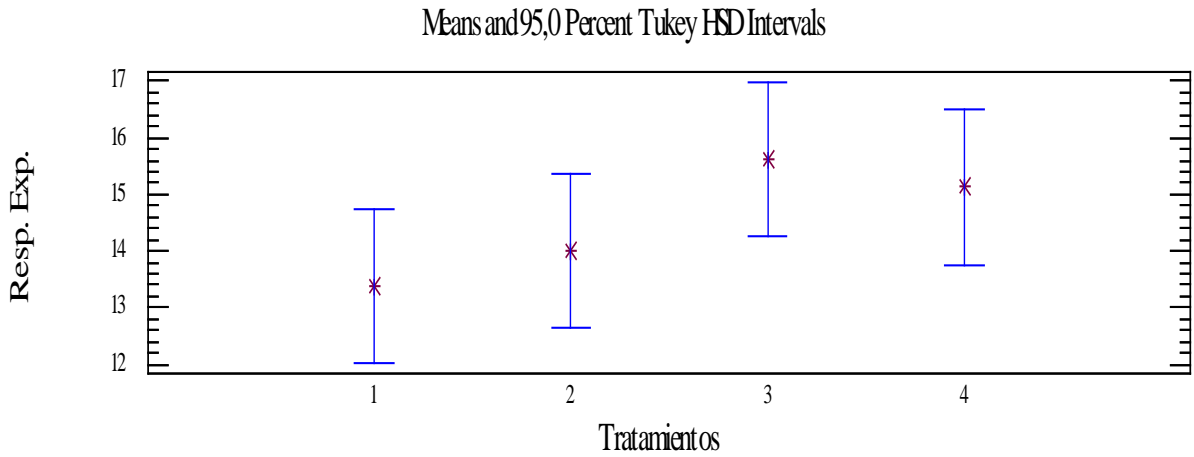
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Sulfatos

Época Lluviosa

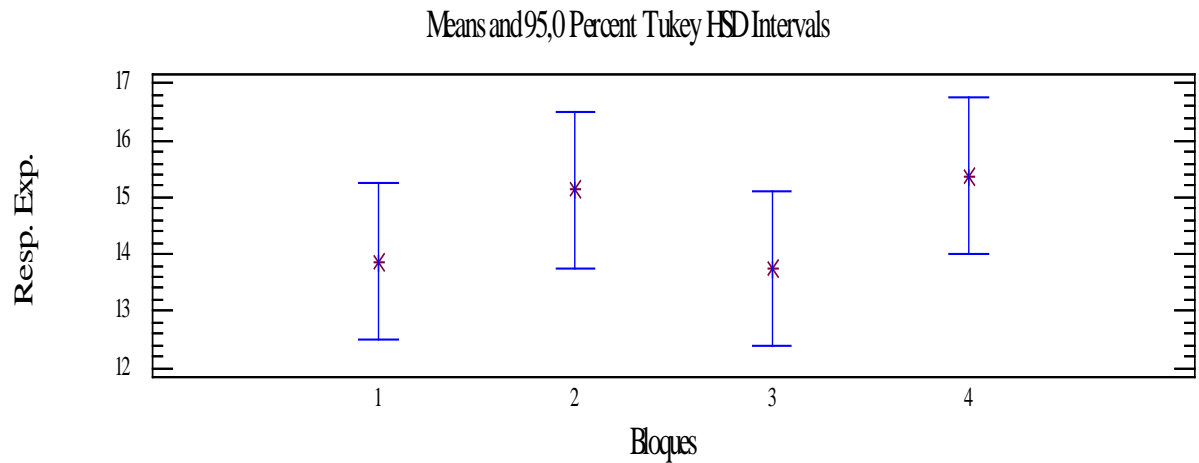
Gráfico C-44. Datos sulfatos para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-45. Datos sulfatos para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



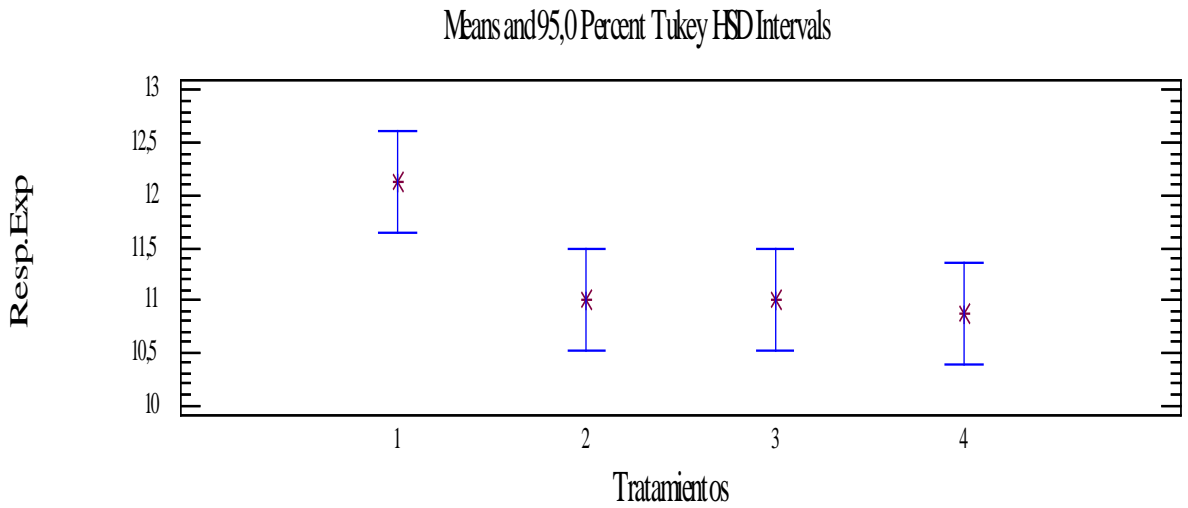
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Sulfatos

Época Seca

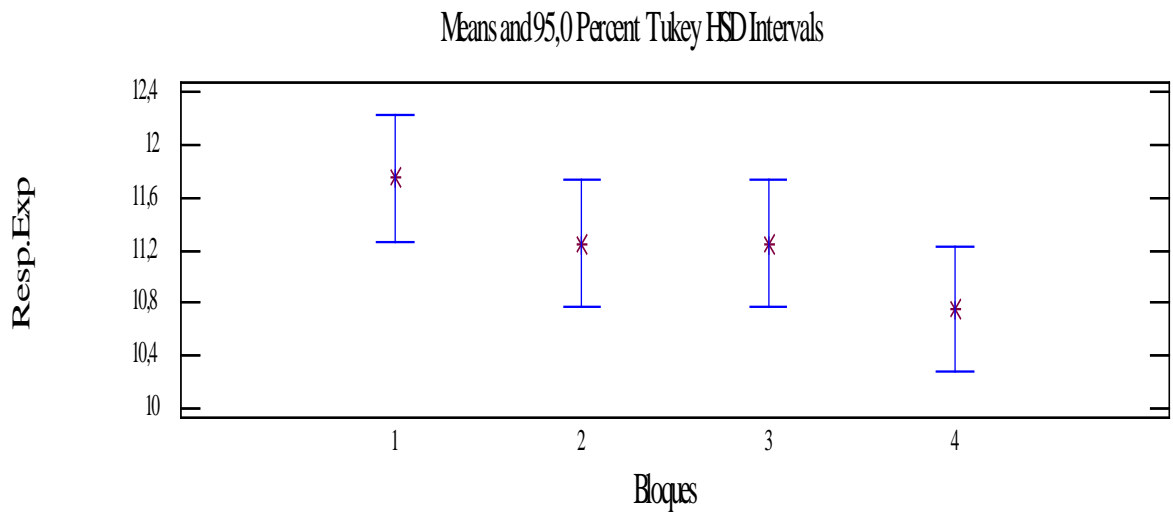
Gráfico C-46. Datos sulfatos para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-47. Datos sulfatos para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



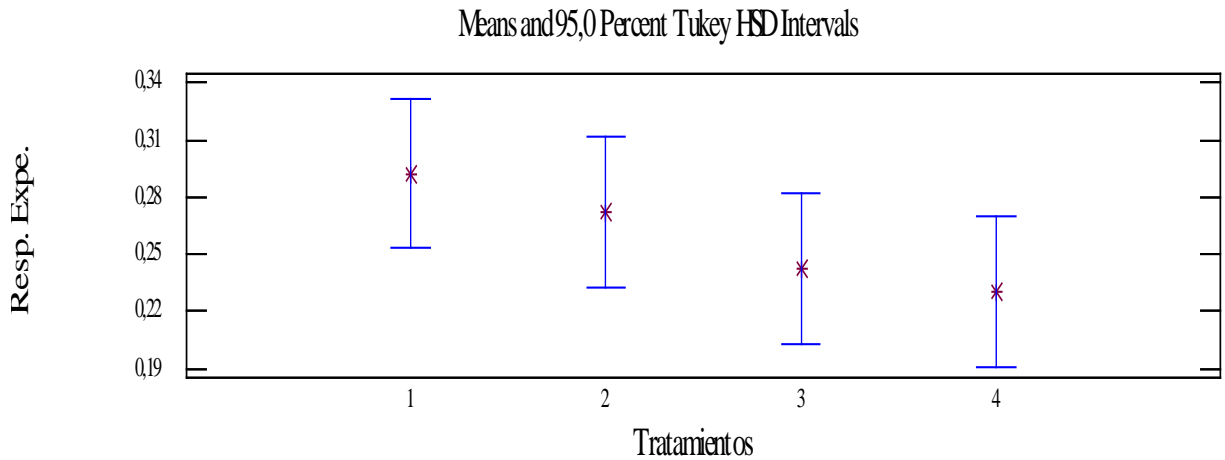
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Amonio

Época Lluviosa

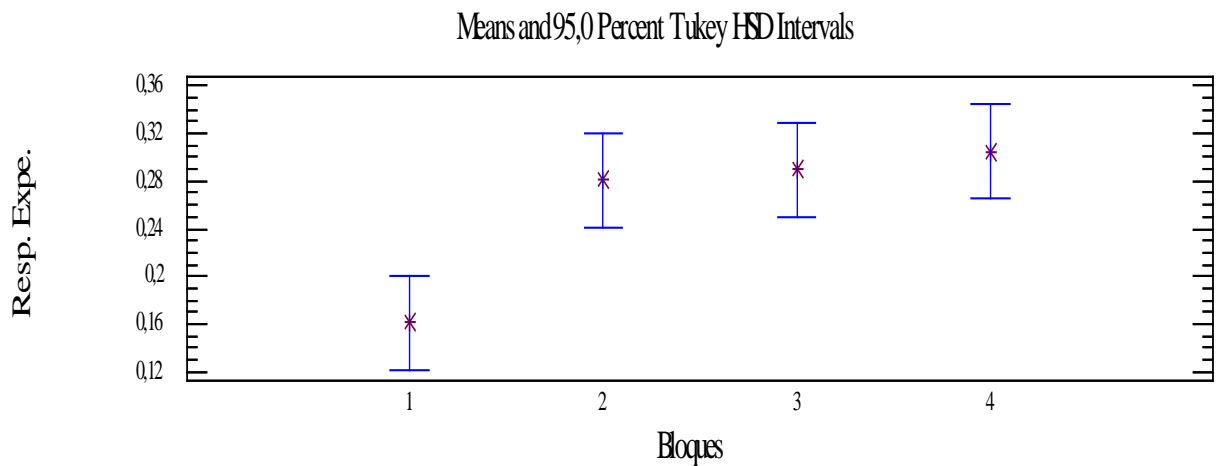
Gráfico C-48. Datos amonio para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-49. Datos amonio para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



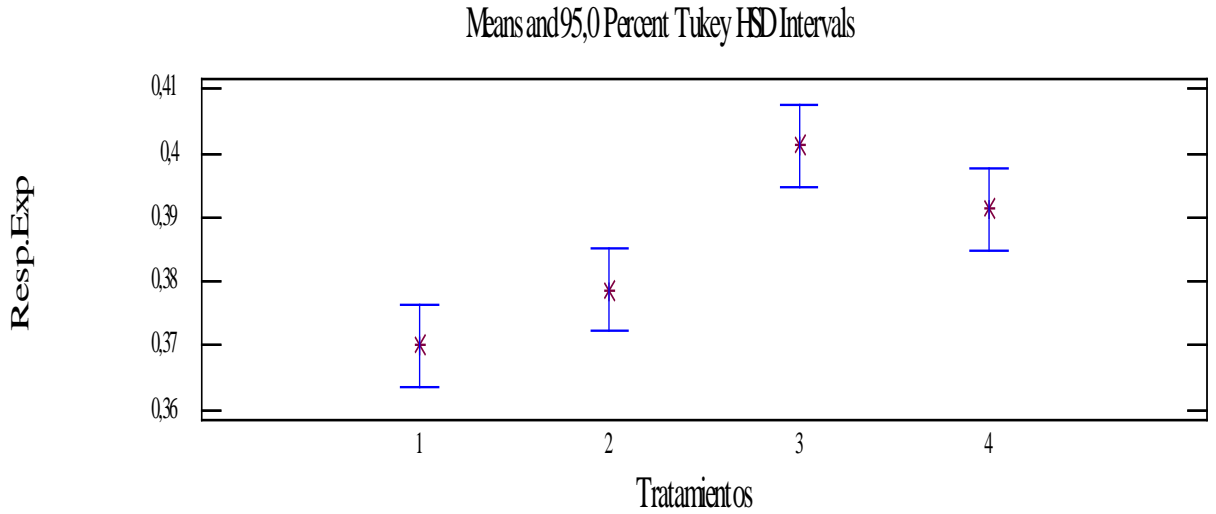
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Amonio

Época Seca

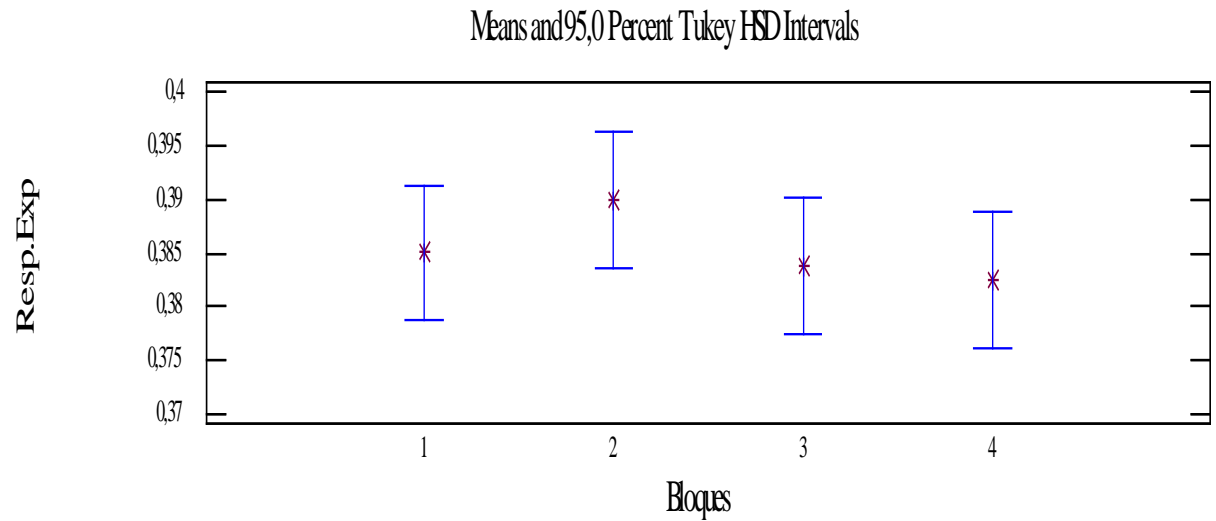
Gráfico C-50. Datos amonio para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-51. Datos amonio para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



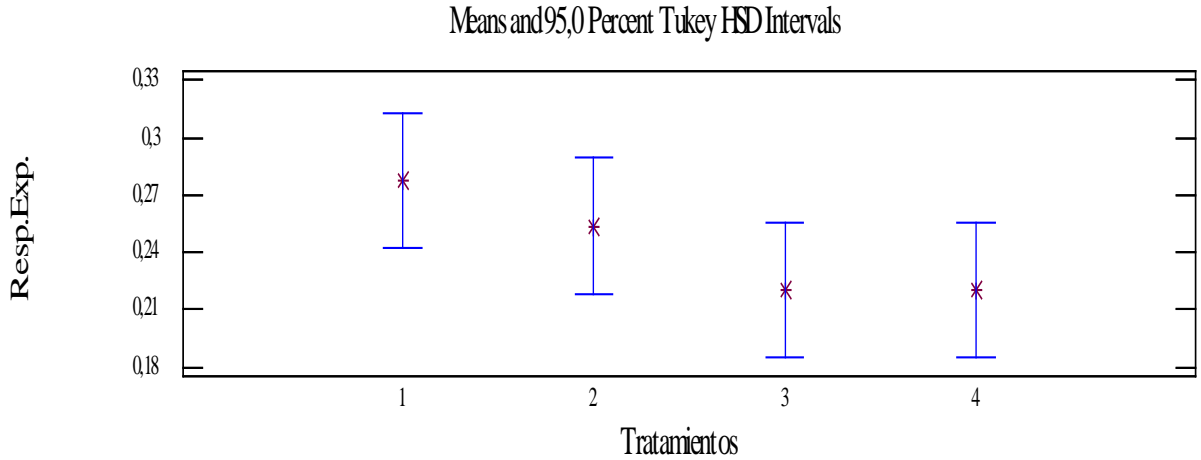
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Amoniaco

Época Lluviosa

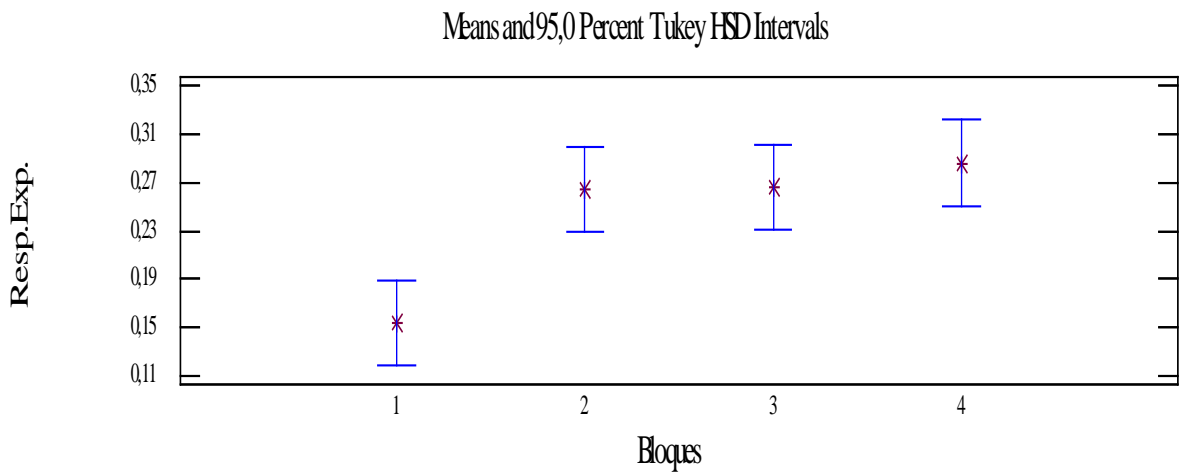
Gráfico C-52. Datos amoniaco para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-53. Datos amoniaco para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Cana



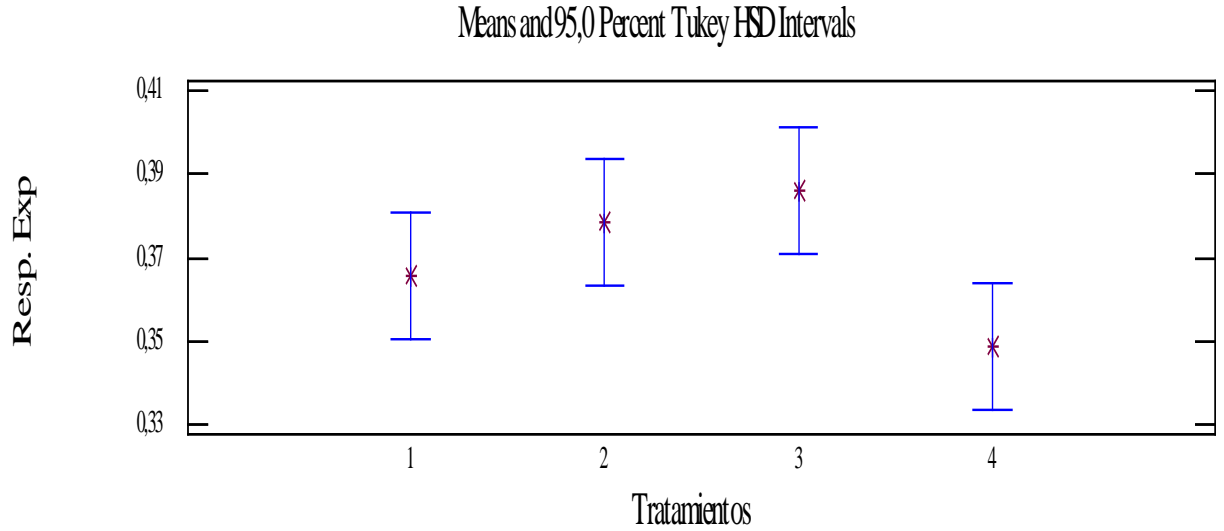
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Amoniaco

Época Seca

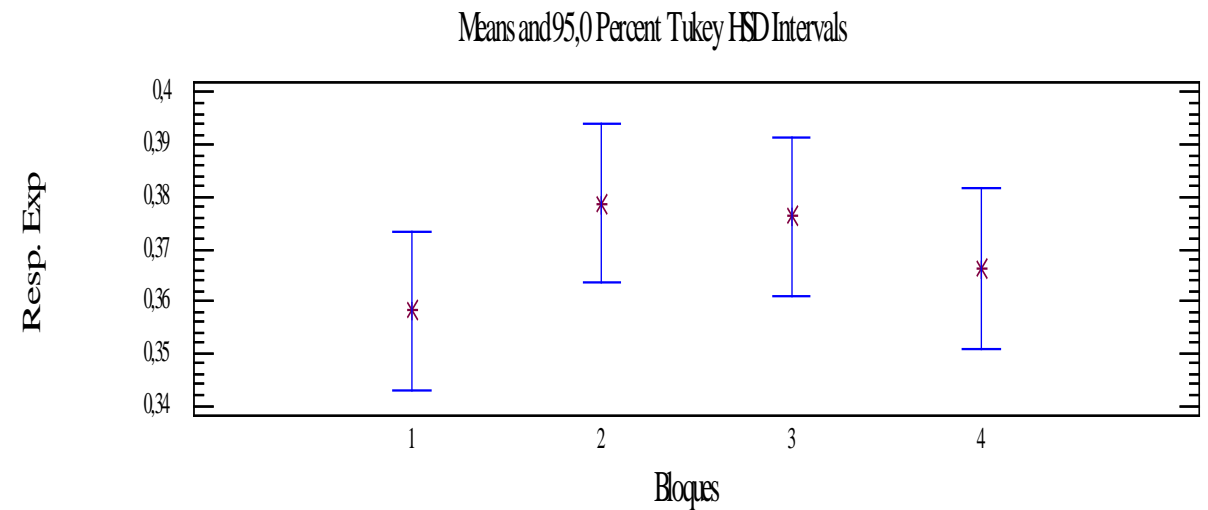
Gráfico C-54. Datos amoniaco para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-55. Datos amoniaco para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



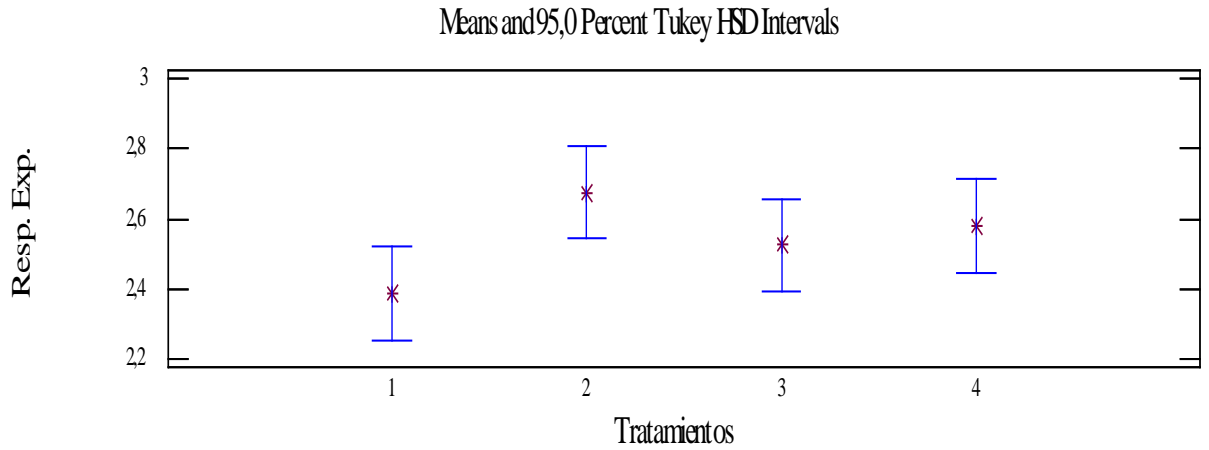
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Nitratos

Época Lluviosa

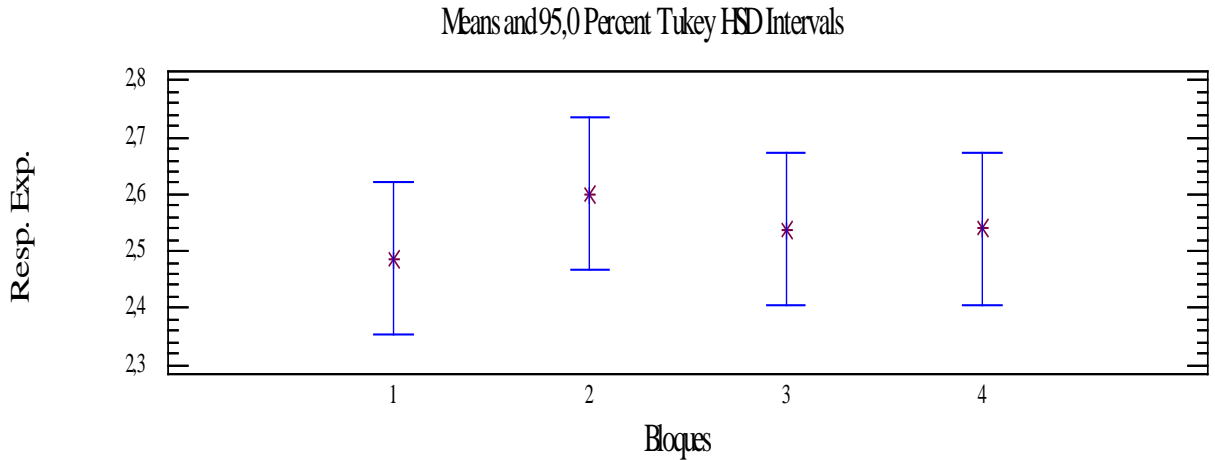
Gráfico C-56. Datos nitratos para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-57. Datos nitratos para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Cana



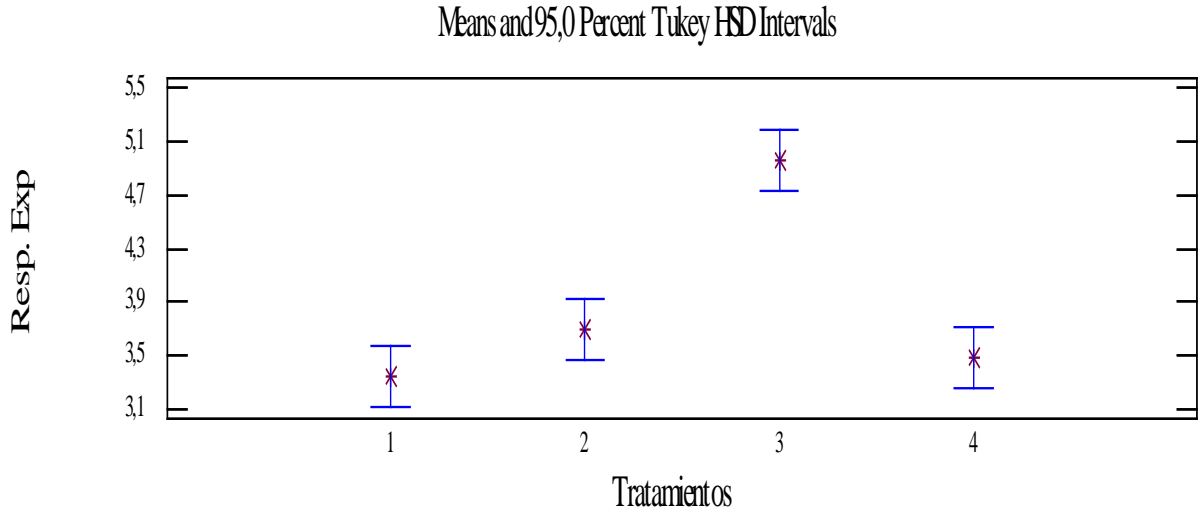
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Nitratos

Época Seca

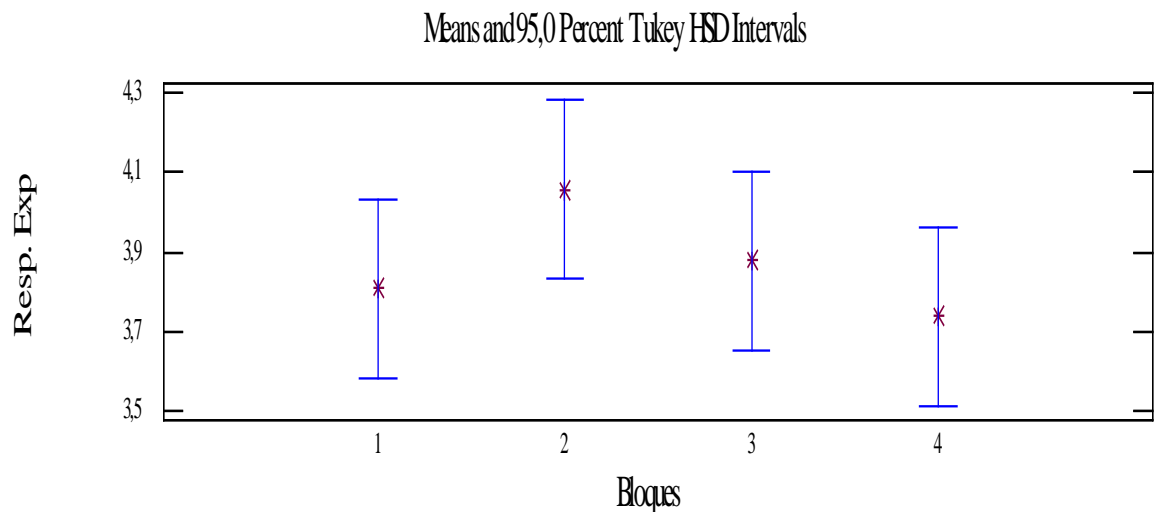
Gráfico C-58. Datos nitratos para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-59. Datos nitratos para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



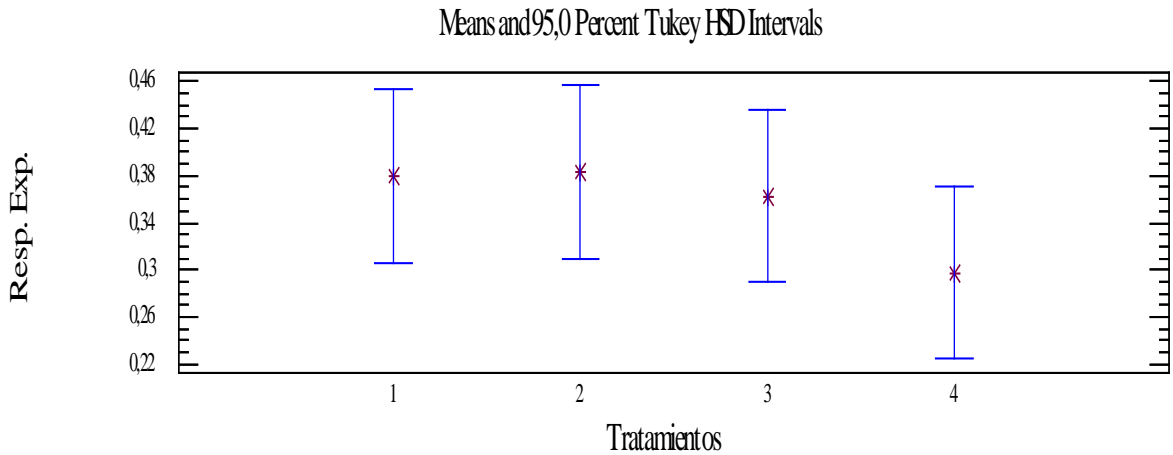
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Hierro

Época Lluviosa

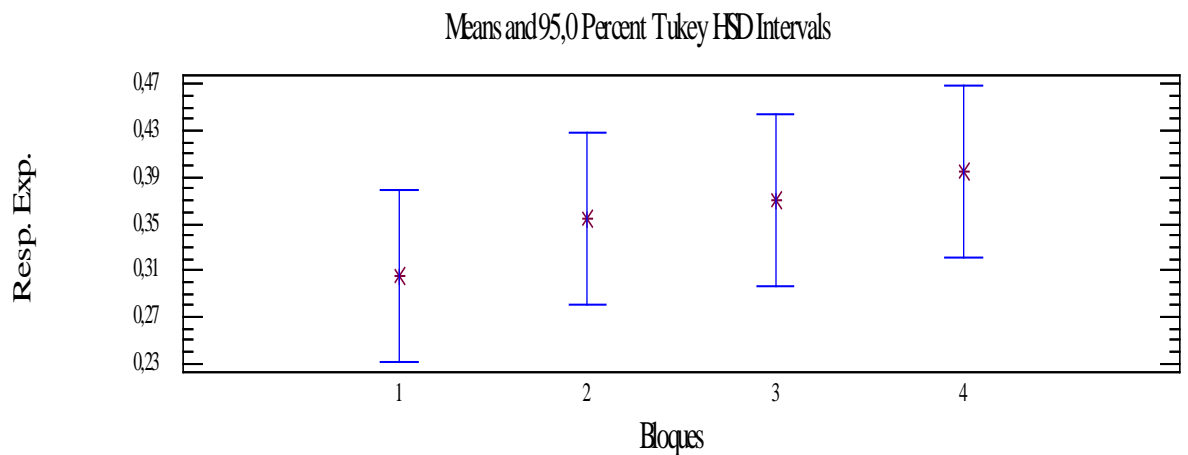
Gráfico C-60. Datos hierro para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-61. Datos hierro para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



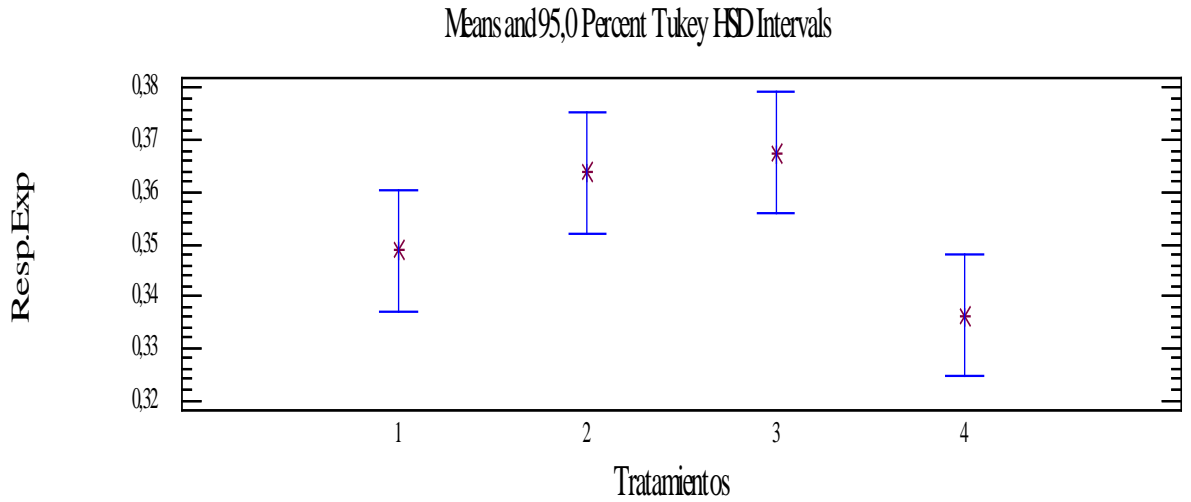
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Hierro

Época Seca

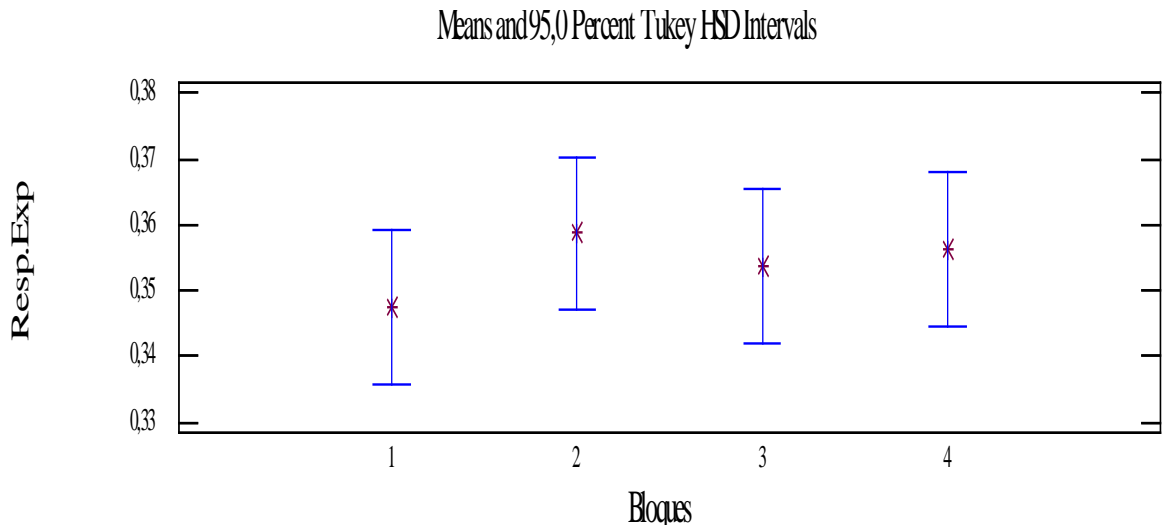
Gráfico C-62. Datos hierro para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-63. Datos hierro para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



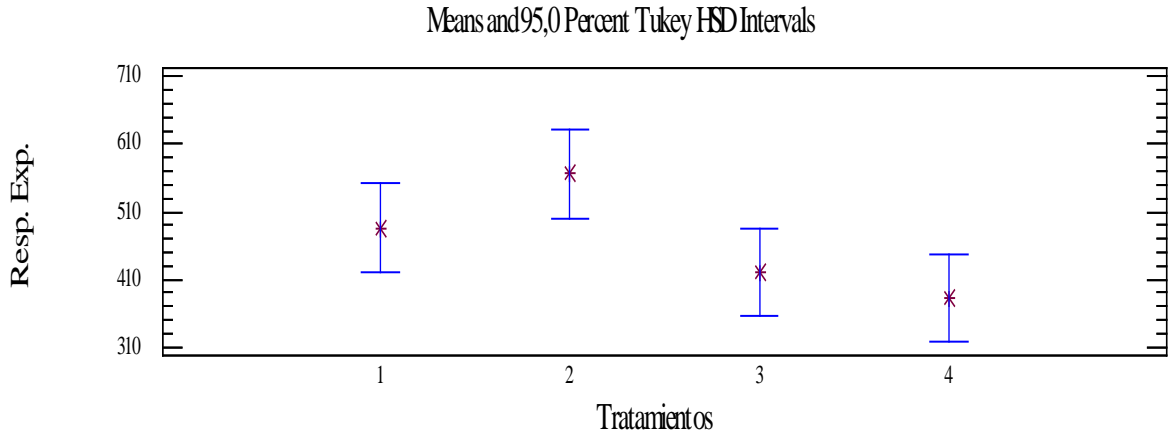
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Totales

Época Lluviosa

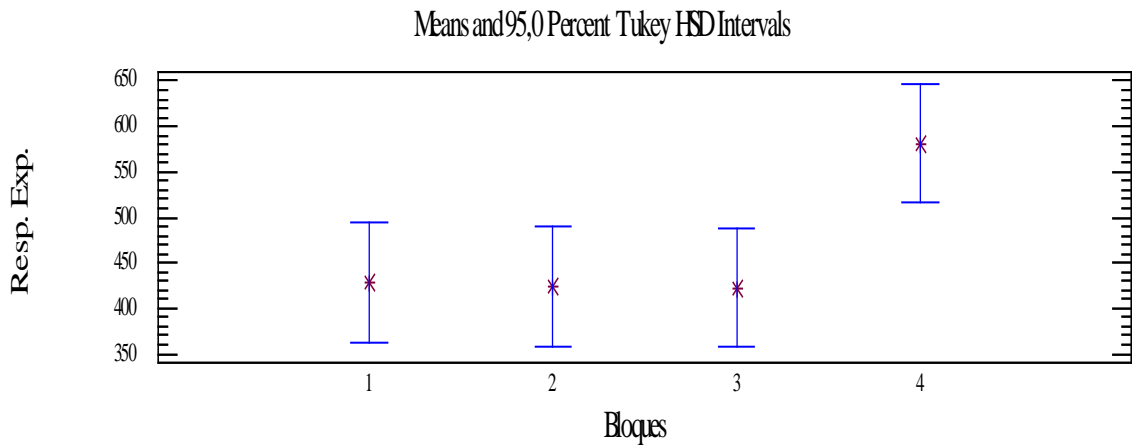
Gráfico C-64. Datos coliformes totales para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-65. Datos coliformes totales para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



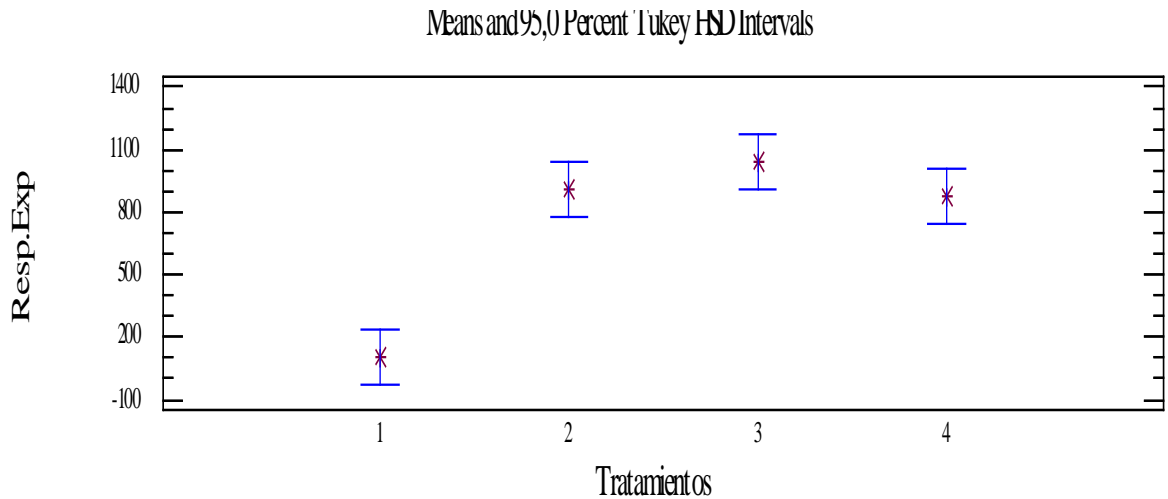
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Totales

Época Seca

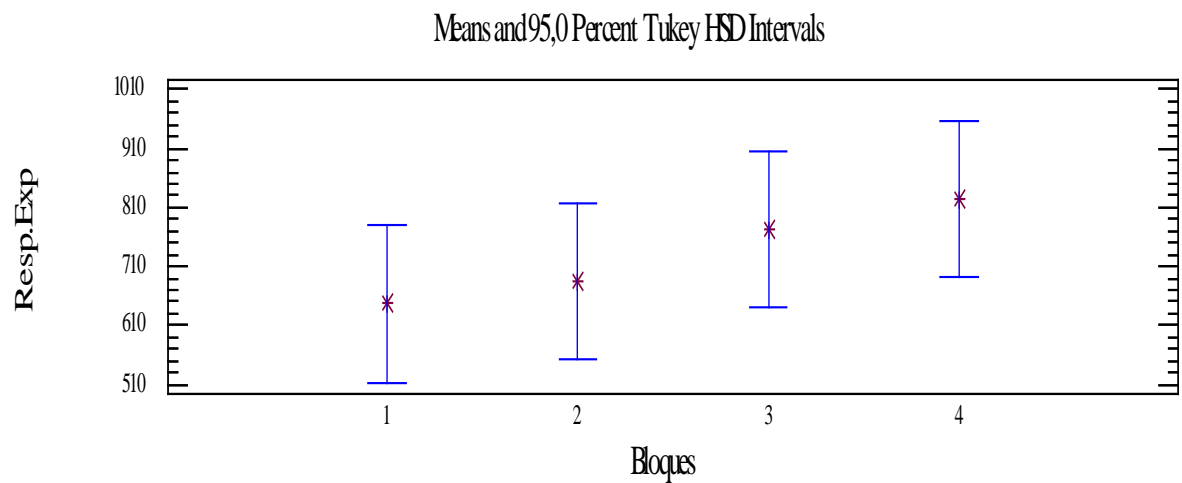
Gráfico C-66. Datos coliformes totales para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-67. Datos coliformes totales para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



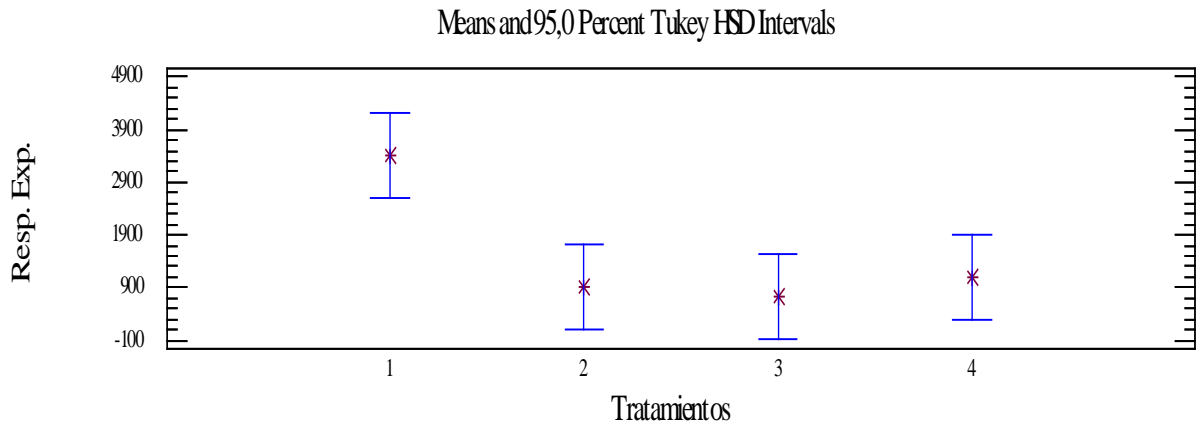
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Fecales

Época Lluviosa

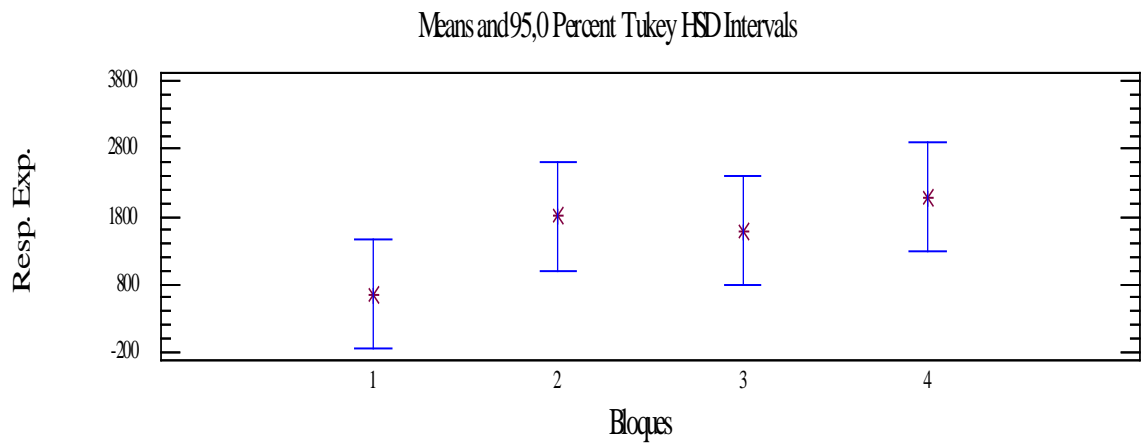
Gráfico C-68. Datos coliformes fecales para cada tratamiento de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-69. Datos coliformes fecales para cada bloque de cada semana, durante la primera etapa (dos meses Abril, Mayo) de evaluación del agua del Canal.



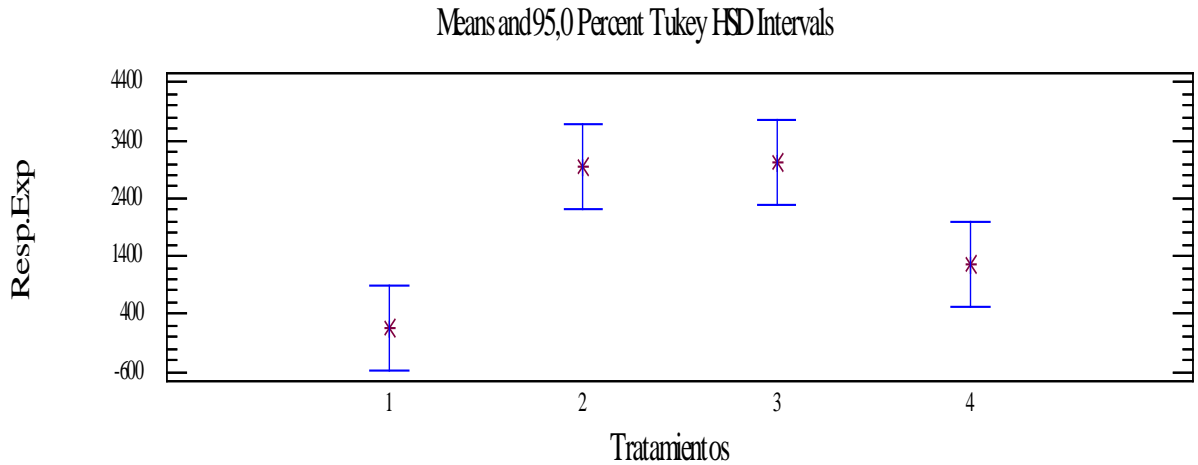
Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Coliformes Fecales

Época Seca

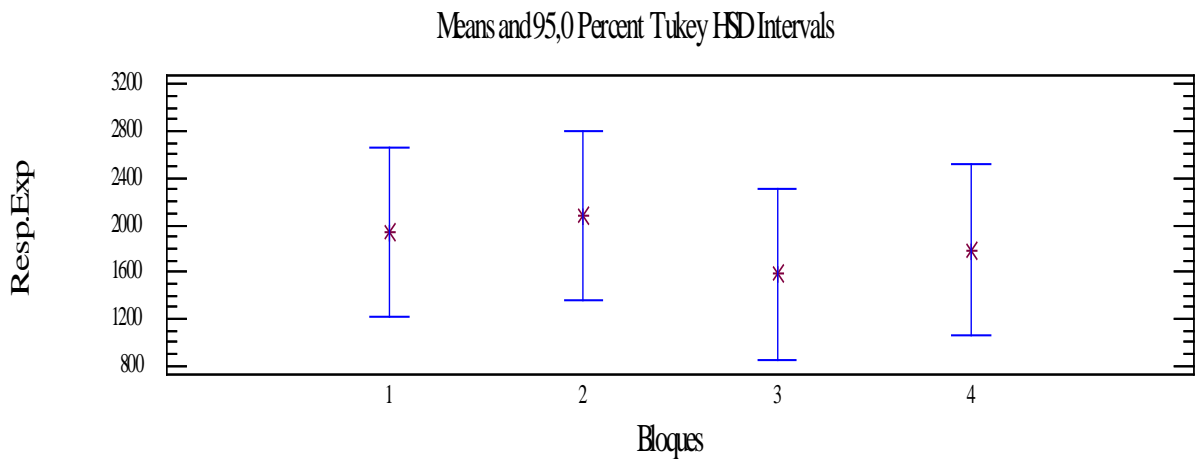
Gráfico C-70. Datos coliformes fecales para cada tratamiento de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Gráfico C-71. Datos coliformes fecales para cada bloque de cada semana, durante la segunda etapa (dos meses Julio, Agosto) de evaluación del agua del Canal.



Fuente: Andrea Tirado, 2013.

Elaborado por: Andrea Tirado, 2013.

Anexo D

IMÁGENES

Imagen D-1. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Captación Manzana Guayco. Sector Quindivana.



Imagen D-2. Ingreso del Agua. Manzana Guayco.



Imagen D-3. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Quebrad de Patalo, Sector Juan Benigno Vela.



Imagen D-4. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Huachi San José, Sector Huachi San José.



Imagen D-5. Huachi San José salida.



Imagen D-6. Recorrido del Canal Ambato-Huachi-Pelileo. Planta Casigana.



Imagen D-7. Muestras de Aguas del Canal.**Imagen D-8.** Medición de parámetro**Imagen D-9.** Análisis de Dureza (antes).**Imagen D-10.** Análisis de Dureza (después)

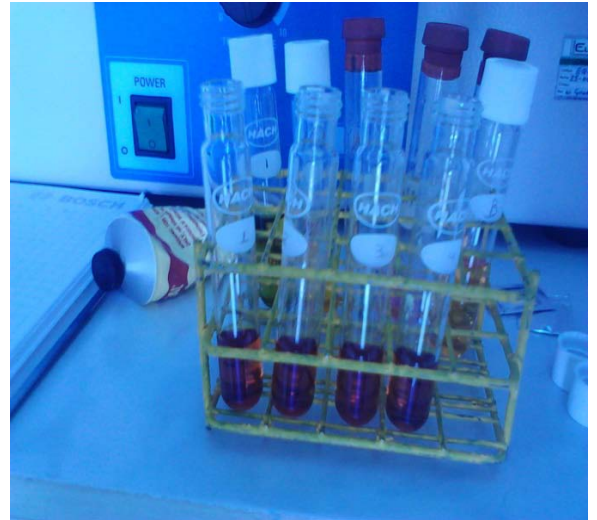
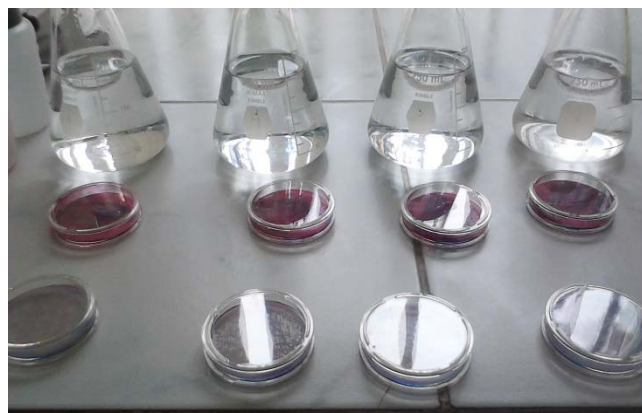
Imagen D-11. Análisis DBO₅**Imagen D-12. Análisis DQO****Imagen D-13. Análisis del Olor****Imagen D-14. Absorción Atómica****Imagen D-15. Coliformes Totales y Fecales**

Imagen D-16. Agua de ingreso al canal. Mes de Mayo.



Imagen D-17. Lavado de chochos, en el sector Huachi San José.



Imagen D-18. Mantenimiento del canal Ambato-Huachi-Pelileo. Captación, Manzana Guayco.

