



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE BIOANÁLISIS**

**DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MICROBIÓLOGA**

**ACCIÓN MICROBICIDA DEL AGUA DE PLATA EN MUESTRAS
DE AGUA DE RIEGO DEL RÍO PACHANLICA - PROVINCIA DE
TUNGURAHUA**

MARÍA BELÉN PUENTE BALDA

DIRECTORA: MGTR. ELENA ISABEL GRANDA MORENO

QUITO, 2015

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, MARÍA BELÉN PUENTE BALDA, C.I. 1725591125, autora del trabajo de graduación intitulado: ACCIÓN MICROBICIDA DEL AGUA DE PLATA EN MUESTRAS DE AGUA DE RIEGO DEL RÍO PACHANLICA - PROVINCIA DE TUNGURAHUA previa a la obtención del grado académico de MICROBIÓLOGA en la Escuela de Bioanálisis:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.



María Belén Puente Balda,
C.I. 1725591125

DEDICATORIA

A Dios, Jesús y a la Virgen María quienes me han acompañado, cuidado y guiado siempre.

A mis padres por su amor, por su confianza en mí y su apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por entregarme su amor infinito y por nunca dejarme sola.

A mis padres por siempre estar a mi lado, por brindarme toda su comprensión, por saberme enseñar con mucho amor y paciencia y por motivarme a cumplir con mis sueños.

A mi familia por su cariño y por estar conmigo en todo momento.

A mis amig@s por quererme por lo que soy y por su apoyo.

A mi directora de disertación Mgtr. Elena Granda por guiarme durante toda mi carrera universitaria y por ser una persona en la que puedo confiar incondicionalmente.

A la Mtr. Rosita Bayas por colaborarme con la culminación de este trabajo.

Al Ing. Asael Sánchez por aportar de manera muy valiosa a este trabajo de investigación.

Al Geógrafo Juan Carlos Mena por brindarme su ayuda con la investigación y en la elaboración del mapa del área de estudio.

A la Pontificia Universidad Católica por permitirme terminar mi formación universitaria en esta prestigiosa institución. En especial, a todos mis profesor@s por contribuir con mi formación académica y personal.

A la Secretaría Nacional del Agua Centro Zonal Ambato por proporcionarme la información pertinente para la realización de este estudio.

A la empresa Argentum por la donación del agua de plata. En especial, al Coronel Luis Pazmiño y al Ing. Osvaldo Carbonari por la elaboración de la misma.

TABLA DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
2. MARCO TEÓRICO – CONCEPTUAL.....	6
2.1. Microorganismos indicadores.....	6
2.1.1. Generalidades.....	6
2.1.2. Principales indicadores.....	7
2.1.2.1. Mesófilos aerobios.....	7
2.1.2.2. <i>Enterobacteriaceae</i>	7
2.1.2.3. Coliformes.....	8
2.2. Placas Petrifilm.....	8
2.2.1. Generalidades.....	8
2.2.2. Placas Petrifilm para el recuento de mesófilos aerobios.....	9
2.2.3. Placas Petrifilm para recuento de <i>Enterobacteriaceae</i>	9
2.2.4. Placas Petrifilm para recuento de <i>Escherichia coli</i> y coliformes totales.....	10
2.3. Parámetros de los indicadores en agua de riego.....	11
2.4. El riego.....	13
2.4.1. Generalidades.....	13
2.4.2. Enfoque global del riego.....	14
2.4.3. El riego en Ecuador.....	15
2.4.4. Generalidades de la provincia de Tungurahua.....	16
2.4.5. El riego en Tungurahua.....	17
2.5. La plata.....	18
2.5.1. Generalidades.....	18
2.5.2. Formas de la plata.....	19
2.5.3. Mecanismos de acción de la plata.....	19
2.5.4. Plata para el tratamiento de agua.....	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
3.1. Materiales y equipos.....	26
3.2. Métodos.....	28
3.2.1. Área de estudio.....	28
3.2.2. Recolección de muestras.....	39

3.2.3. Control de calidad.....	41
3.2.3.1. Control de calidad de los equipos y de la esterilización del material.....	41
3.2.3.2. Control de calidad del agua de plata, medios y desinfectante.....	42
3.2.4. Procedimiento pre – ensayo.....	42
3.2.5. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua de riego.....	43
3.2.5.1. Preparación de las diluciones.....	43
3.2.5.2. Siembra de la muestra y sus diluciones.....	43
3.2.6. Análisis de la acción microbica del agua de plata.....	44
3.2.6.1. Aplicación del agua de plata a las muestras de agua de riego.....	44
3.2.6.2. Siembra de la muestra y sus diluciones con agua de plata.....	44
3.2.7. Procedimiento post – ensayo.....	45
3.3. Análisis estadístico.....	45
4. RESULTADOS.....	47
4.1. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua pura sin tratamiento.....	47
4.1.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	49
4.1.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	52
4.2. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	54
4.2.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	56
4.2.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	59
4.3. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	61
4.3.1. Bacterias indicadoras en las muestras de aguas diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	63
4.3.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	66
4.4. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	68
4.4.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	70
4.4.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	74
4.5. Análisis de la acción microbica del agua de plata en muestras de agua.....	77
4.5.1. Análisis de la acción microbica del agua de plata frente a mesófilos aerobios en muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).....	77
4.5.1.1. Resumen estadístico para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata.....	82
4.5.1.2. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata.....	83
4.5.2. Análisis de la acción microbica del agua de plata frente a coliformes totales en muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).....	87
4.5.2.1. Análisis de varianza para coliformes totales en las muestras de agua y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata.....	87
4.5.3. Análisis de la acción microbica del agua de plata frente a <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).....	89
4.5.3.1. Análisis de varianza para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata.....	89
4.5.4. Análisis de la acción microbica del agua de plata frente a enterobacterias en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).....	89

4.5.4.1. Análisis de varianza para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}).....	90
5. DISCUSIÓN.....	92
6. CONCLUSIONES.....	98
7. RECOMENDACIONES.....	99
8. REFERENCIAS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contajes de bacterias indicadoras en muestras de agua pura sin tratamiento.....	47
Tabla 2. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	49
Tabla 3. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	53
Tabla 4. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	53
Tabla 5. Frecuencias para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	53
Tabla 6. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	54
Tabla 7. Contajes de bacterias indicadoras en muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	54
Tabla 8. Resumen estadístico para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	56
Tabla 9. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	60
Tabla 10. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	60
Tabla 11. Frecuencias para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	60
Tabla 12. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	61
Tabla 13. Contajes de bacterias indicadoras de las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	61
Tabla 14. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	63
Tabla 15. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	67
Tabla 16. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	67
Tabla 17. Frecuencias para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	67
Tabla 18. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	68
Tabla 19. Contajes de bacterias indicadoras de las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	68
Tabla 20. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	71
Tabla 21. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	75
Tabla 22. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	75
Tabla 23. Frecuencias para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	75
Tabla 24. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	76

Tabla 25. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata.....	78
Tabla 26. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata.....	79
Tabla 27. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata.....	80
Tabla 28. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata.....	81
Tabla 29. Resumen estadístico para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata.....	82
Tabla 30. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata.....	83
Tabla 31. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata.....	83
Tabla 32. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata.....	84
Tabla 33. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata.....	84
Tabla 34. Análisis de varianza para coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata.....	88
Tabla 35. Análisis de varianza para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales Albornoz Naranjo, Pachanlica y Cisneros Alta del cantón Pelileo.....	29
Figura 2. Mapa del punto de colección de la acequia o canal San José del cantón Pelileo.....	30
Figura 3. Mapa del punto de colección de la acequia o canal San Miguel del cantón Pelileo.....	31
Figura 4. Mapa del punto de colección de las acequias o canales Sevilla Chica y Los Cruces del cantón Pelileo.....	32
Figura 5. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales Mondongo y Albornoz Baja del cantón Pelileo.....	33
Figura 6. Mapa del punto de colección de la acequia o canal Mocha Quero Ladrillos del cantón Pelileo.....	34
Figura 7. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales La Torre y Las Brevas del cantón Pelileo.....	35
Figura 8. Mapa del punto de colección de la acequia o canal El Porvenir o García Moreno del cantón Pelileo.....	36
Figura 9. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales La Victoria y Troya Huasinga o Troya Guasinga del cantón Ambato.....	37
Figura 10. Mapa del punto de colección de la acequia o canal Mocha Huachi del cantón Cevallos.....	38
Figura 11. Enjuague de la botella con la misma agua de la acequia o canal.....	39
Figura 12. Toma de muestra.....	40
Figura 13. Rotulación de la muestra.....	40
Figura 14. Transporte de las muestras con pilas refrigerantes.....	41
Figura 15. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	50
Figura 16. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	50
Figura 17. Gráfico de dispersión para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	51
Figura 18. Gráfico de caja y bigotes para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	51
Figura 19. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua pura sin tratamiento.....	52
Figura 20. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	57
Figura 21. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	57
Figura 22. Gráfico de dispersión para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	58
Figura 23. Gráfico de caja y bigotes para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	58
Figura 24. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento.....	59
Figura 25. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	64
Figura 26. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	64

Figura 27. Gráfico de dispersión para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	65
Figura 28. Gráfico de caja y bigotes para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	65
Figura 29. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento.....	66
Figura 30. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	71
Figura 31. Gráfico de caja y bigotes para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	72
Figura 32. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	72
Figura 33. Gráfico de caja y bigote para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	73
Figura 34. Gráfico de dispersión para <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	73
Figura 35. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento.....	74
Figura 36. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata.....	85
Figura 37. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata.....	86
Figura 38. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata.....	86
Figura 39. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata.....	87
Figura 40. Gráfico de interacciones para coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata.....	88
Figura 41. Gráfico de interacciones para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata.....	91

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Equipos para la elaboración de agua de plata (Foto: cortesía del Ing. Osvaldo Carbonari y del Coronel Luis Pazmiño - Argentum).....	114
Anexo 2. Documento emitido por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) – Centro Zonal Ambato.....	115
Anexo 3. Características físicas de las muestras.....	117
Anexo 4. Formulario de control de temperatura de la refrigeradora y de la incubadora.....	118
Anexo 5. Preparación de medios.....	120
a. Preparación del agar soya tripticasa (TSA).....	120
b. Preparación de agua peptonada 0,1%.....	120
Anexo 6. Control de calidad del agua de plata, medios y desinfectante.....	121
a. Siembra de controles del agua de plata.....	121
b. Resultados de controles del agua de plata.....	121
c. Resultado del control del desinfectante.....	121
d. Resultado del control del medio TSA.....	121
e. Siembra de controles del agua peptonada 0,1% en placas Petrifilm.....	122
f. Resultados de los controles de agua peptonada 0,1% en placas Petrifilm.....	122
Anexo 7. Documento de certificación de las concentraciones de agua de plata de 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm (Cortesía de Ing. Osvaldo Carbonari - Argentum).....	123
Anexo 8. Resultados de los controles de calidad realizados durante el estudio.....	125
Anexo 9. Colocación de EPIs.....	126
Anexo 10. Códigos para rotulación de las placas Petrifilm.....	127
Anexo 11. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua de riego.....	128
a. Rotulación de material.....	128
b. Homogenización de la muestra.....	128
c. Inoculación de placas Petrifilm.....	128
d. Incubación.....	128
e. Placas Petrifilm después del tiempo de incubación.....	128
Anexo 12. Análisis de la acción microbiciida del agua de plata.....	129
a. Mezcla del agua de plata por inversión.....	129
b. Colocación de 50 mL del agua de plata.....	129
c. Colocación de 50 mL de la muestra de agua pura.....	129
d. Colocación de 5 mL del agua de plata.....	129
e. Colocación de 5 mL de la muestra de agua diluida.....	129
f. Inoculación de placas Petrifilm.....	129
g. Incubación.....	130
h. Placas Petrifilm después del tiempo de incubación.....	130
Anexo 13. Formulario para entrega de material para lavado y secado.....	131
Anexo 14. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).....	132
Anexo 15. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).....	133
Anexo 16. Contajes de mesófilos aerobios en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).....	134
Anexo 17. Contajes de mesófilos aerobios en muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).....	135
Anexo 18. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de	

plata (reporte microbiológico).....	136
Anexo 19. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en número enteros).....	137
Anexo 20. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).....	138
Anexo 21. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en número enteros).....	139
Anexo 22. Contajes de coliformes totales en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).....	140
Anexo 23. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).....	141
Anexo 24. Contajes de coliformes totales en la muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).....	142
Anexo 25. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).....	143
Anexo 26. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).....	144
Anexo 27. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en números enteros).....	145
Anexo 28. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).....	146
Anexo 29. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en números enteros).....	147
Anexo 30. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).....	148
Anexo 31. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).....	149
Anexo 32. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).....	150
Anexo 33. Contajes de <i>Escherichia coli</i> en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).....	151
Anexo 34. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).....	152
Anexo 35. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en números enteros).....	153
Anexo 36. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).....	154
Anexo 37. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en números enteros).....	155
Anexo 38. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).....	156
Anexo 39. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).....	157
Anexo 40. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).....	158
Anexo 41. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).....	159

RESUMEN

El riego es indispensable en la agricultura, pues a nivel mundial una cuantiosa cantidad de alimentos provienen de la agricultura de regadío. En el Ecuador, la mayor parte del agua proviene de recursos hídricos superficiales como son los ríos y más de la mitad del agua disponible se utiliza en el riego de cultivos. La problemática recae en que varios recursos hídricos a nivel nacional y en especial en la provincia de Tungurahua tienen altos niveles de contaminación; por lo que, el agua utilizada para el riego no es la adecuada y esto está directamente relacionado con la calidad de productos que se obtiene. Adicionalmente, muchos de los productos de cultivados en Tungurahua son distribuidos para todo el país. Para tener una visión general de la contaminación que puede tener el agua de riego se evaluó la cantidad de microorganismos indicadores, los estándares de calidad se basan en estos grupos de microorganismos. Varios productos son utilizados para la desinfección del agua, siendo uno de estos la plata; la cual se ha empleado con este propósito desde la antigüedad. En el presente estudio se evaluó la capacidad del agua de plata a tres diferentes concentraciones de 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm y con tres tiempo de contacto (15, 30 y 60 minutos) para inhibir las bacterias indicadoras (mesófilos aerobios, coliformes totales / *Escherichia coli* y enterobacterias) presentes en muestras de agua de riego de 16 acequias del río Pachanlica de la provincia de Tungurahua. El estudio permitió conocer que la concentración de 10 ppm a 15 minutos de tiempo de contacto fue la mejor para inhibir crecimiento del grupo de mesófilos aerobios, mientras que para coliformes totales, *E. coli* y enterobacterias la mejor concentración fue la de 4 ppm a los 15 minutos de tiempo de contacto. En conclusión, el presente estudio evidenció que la plata tiene una potente actividad microbicida.

ABSTRACT

Irrigation is essential in agriculture, because in the world a considerable amount of food comes from irrigated agriculture. In Ecuador, a huge part of water comes from surface water resources such as rivers; more than the fifty percent of available water has been applying in crops irrigation. The problem is that several surface water resources in the country, especially in Tungurahua have high levels of pollution; so irrigation water is not the best for this purpose and this is directly related with the quality of products. Additionally, a lot of products that grow in the province are distributed to all the country. To get an overview of irrigation water pollution, the indicator microorganisms were evaluated. The quality standards are based on these groups of microorganisms. Multiple products are used for water disinfection, the silver is one of them; which has been using for this purpose since ancient times. This research evaluated the ability of silver water at three different concentrations of 4 ppm, 10 ppm and 15 ppm and three contact times (15, 30 and 60 minutes) to inhibit indicator bacterias (aerobic mesophilic bacteria, total coliforms / *Escherichia coli* and *Enterobacteriaceae*) in irrigation water samples from sixteen ditches of Pachanlica river in the province of Tungurahua. This investigation allowed to know that a concentration of 10 ppm at 15 minutes of contact time was the best for growth inhibition of aerobic mesophilic bacteria. On the other hand, for total coliforms / *Escherichia coli* and *Enterobacteriaceae* the best concentration was 4 ppm at 15 minutes of contact time. In conclusion, this study demonstrated that silver has a powerful microbicidal activity.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Ecuador está dotado de cuantiosos recursos hídricos. El país tiene 40.000 m³ de agua por año y por persona, gracias a que posee un caudal medio de 432 Km³/año (Hidalgo et al., 2009). En Ecuador existen 79 cuencas hidrográficas, 137 subcuencas y alrededor de 890 microcuencas (Secretaría Nacional del Agua [SENAGUA], Secretaría General de la Comunidad Andina y Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [UICN], 2009). Además, se debe mencionar los 31 sistemas hidrográficos en los cuales se encuentra dividido el país, 24 de estos forman parte de la vertiente del Pacífico. Estos sistemas comprenden una superficie de 124.644 Km², abarcando así un 49% del área total del país. Por otro lado, los 7 sistemas hidrográficos faltantes forman parte de la vertiente del Amazonas, comprenden una superficie de 131.726 Km²; abarcando así un 51% del área total del país (Ministerio del Ambiente y Consejo Nacional de Recursos Hídricos, 2002).

Los recursos hídricos superficiales son de gran importancia porque de ellos se obtiene la mayor parte del agua del país (Isch, 2011). Desafortunadamente, estos recursos se han visto contaminados por las industrias, desechos urbanos, hidrocarburos, agricultura y minería (Hidalgo et al., 2009). Por tanto, las aguas de los sistemas de riego presentan contaminación y en vista de que estas son empleadas para el riego de múltiples cultivos figuran como un peligro en lo que a salud respecta (Cabrera, Garcés y Paredes, s.f.).

La mayoría de los recursos hídricos de la provincia de Tungurahua presentan gran cantidad de contaminantes derivados de domicilios, industrias, camales, mataderos, rellenos sanitarios, botaderos de basura, entre otros. Esta agua en mal estado no recibe tratamiento previo al proceso de irrigación, provocando daños en la salud de todos los involucrados. Dentro de los cuales se incluye las personas que se benefician de los proyectos de riego y las que consumen los productos cosechados (Ríos, 2011).

Al igual que otros ríos de la provincia, el agua del río Pachanlica está en mal

estado sanitario (Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, Consejo Nacional de Recursos Hídricos [CNRH], Proyecto de Manejo de Cuencas Hidrográficas [PROMACH], Instituto de Ecología de las Comunidades Andinas [IEDECA], Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas [CESA], 2004). Este río recepta exuberantes cargas contaminantes y solo una pequeña parte de las aguas residuales reciben tratamiento (3,4%); sin embargo, esto no aporta significativamente a reducir la contaminación. Por lo que, la calidad de su agua es una de las peores (Ríos, 2011).

Se han probado varios métodos de desinfección de agua, uno de ellos es la utilización de plata (Solsona & Méndez, 2002). Varios estudios se han llevado a cabo para evidenciar la acción nociva de la plata frente a los microorganismos (Li et al., 2010; Kim, Lee, Ryu, Choi y Lee, 2011). Muchos de ellos se han realizado con agua proveniente de diferentes fuentes, dentro de las cuales se incluyen las aguas superficiales; como es el caso de los estudios realizados por Vidal (2010) y Varkey (2010). Así por ejemplo, el efecto bactericida de la plata se evidenció en una muestra de agua de baja calidad microbiológica recolectada de un río, en donde los resultados mostraron que se disminuyó el número de coliformes totales y *Escherichia coli* (Varkey, 2010).

A partir de lo señalado anteriormente se formula la siguiente pregunta: ¿Cuál es la concentración y el tiempo de contacto adecuado del agua de plata para disminuir o eliminar la carga microbiana presente en muestras de agua del riego del río Pachanlica en la provincia de Tungurahua?

1.2. Justificación

El riego tiene como función la incorporación de agua en el suelo con el fin de mantener la humedad del mismo, de tal forma que se dé un apropiado desarrollo de las plantas (Scherer, Franzen y Cihacek, 2013). Por lo que este juega un papel esencial dentro de la agricultura. Además, el riego es un promotor del progreso social, potenciador de la soberanía alimentaria y de la exportación (Foro de los Recursos Hídricos, 2013). La irrigación de cultivos se lleva a cabo alrededor de todo el planeta y una porción significativa de los productos de origen agrícola se derivan del riego (*World Water Assessment Programme [WWAP]*, 2009).

En Ecuador la agricultura es una de las actividades base de la economía (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2008), por lo que la mayor cantidad de agua se destina para riego (Hidalgo et al., 2009). Los productos agrícolas obtenidos van a ser el resultado de la cantidad y de la calidad de agua aplicada a los cultivos (Ríos, 2011). En particular se ha puesto mucho interés en la calidad del agua, pues los productos pueden verse contaminados por el agua que se incorpora a los cultivos (Pachepsky, Shelton, McLain, Patel y Mandrell, 2011), especialmente si estos no se someten a un proceso de cocción (Mateo-Sagasta et al., 2013).

Se ha visto que microorganismos dañinos para la salud pueden estar presentes en el agua de riego (Pachepsky et al., 2011). Por lo que, la calidad de la misma es fundamental, esta tiene que estar en buen estado de tal manera que los productos cosechados estén en condiciones apropiadas (Guzmán y Narváez, 2010). Una alternativa de desinfección es la plata.

La plata tiene múltiples aplicaciones, siendo una de ellas la desinfección del agua (Katrivanos, 2014). La plata iónica y coloidal pueden matar o impedir el crecimiento de un amplio rango de microorganismos (Jo, Kim y Jung, 2009). No se necesita de grandes cantidades de plata para que esta cumpla con su actividad antimicrobiana (Bisen, Debnath y Prasad, 2012). Además, no se ha visto que las concentraciones usadas en agua sean perjudiciales (Solsona y Méndez, 2002) y en dosis adecuadas no representan un peligro para la salud de los seres humanos (*World Health Organization [WHO]*, 2003; Organización Mundial de la Salud [OMS] 2006).

Tratar aguas con plata es relativamente sencillo, por lo que se puede emplear en zonas rurales (Solsona y Méndez, 2002). Para lo cual se ha propuesto el uso de filtros de cerámica con plata coloidal con el fin de mejorar la calidad del agua (*Centers for Disease Control and Prevention* [CDC], s.f). Así en Colombia, se probó si los microorganismos presentes en las aguas de un río podían ser eliminados utilizando plata coloidal a varias concentraciones (7,88 ppm, 21 ppm, 36 ppm y 56 ppm) como parte integral de un filtro. Los resultados fueron óptimos, pues todas las concentraciones experimentadas lograron minimizar la población de coliformes en un rango entre 99% y 100% (Vidal, 2010). En África también se evaluó la efectividad de diferentes filtros para tratar agua de diversas fuentes, el filtro de plata mostró mayor disminución de coliformes fecales y *Escherichia coli* y se obtuvo una agua menos turbia. Evidenciando así la actividad desinfectante de la plata (Mwabi, Mamba y Momba, 2012). Por todo lo mencionado anteriormente, ciertas formas químicas de la plata se pueden emplear para el tratamiento de agua.

En este estudio se trabajó con las aguas de los canales y acequias del río Pachanlica, debido a que seis cantones (Quero, Tisaleo, Pelileo, Mocha, Ambato, Cevallos) de los nueve que constituyen la provincia de Tungurahua son influenciados por esta unidad hidrográfica (Ríos, 2011). Varios de los canales y acequias de uso agrícola en la provincia tienen relación con este río (SENAGUA, 2013). Una porción considerable de la población de Tungurahua se dedica a la agricultura (Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua [PACT], 2011). Los productos cultivados son numerosos, variados (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Conductividad, 2011) y gran parte de estos son distribuidos en el país (Hernández, 2008).

1.3. Hipótesis

El presente estudio pretende probar que la inhibición del crecimiento bacteriano en muestras de agua de riego del río Pachanlica varía en función del tiempo de contacto y de la concentración del agua de plata.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de agua de plata que permita inhibir el crecimiento microbiano en muestras de aguas de canales o acequias del río Pachanlica en la provincia de Tungurahua.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el recuento total de mesófilos aerobios presentes en las aguas de riego antes y después de la aplicación del agua de plata.
- Determinar el recuento total de coliformes totales presentes en las aguas de riego antes y después de la aplicación del agua de plata.
- Determinar el recuento total de *Escherichia coli* presentes en las aguas de riego antes y después de la aplicación del agua de plata.
- Determinar el recuento total de enterobacterias presentes en las aguas de riego antes y después de la aplicación del agua de plata.
- Establecer mediante parámetros estadísticos las concentraciones y tiempos óptimos de acción del agua de plata sobre la matriz de agua de canales o acequias del río Pachanlica.

2. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

2.1. Microorganismos indicadores

2.1.1. Generalidades

Los microorganismos forman parte de nuestro entorno, varios de ellos pueden ser patógenos y encontrarse en diferentes fuentes de agua. El consumo de agua en mal estado sanitario es causa de enfermedad (Lin, 2002). Por ejemplo, en lo que respecta al área agrícola, para tener menor probabilidad de que las frutas y verduras se contaminen con patógenos se puede poner en práctica ciertas tácticas. Sin embargo, para que esto sea posible es prioridad realizar un análisis de las características microbiológicas del agua (Pachepsky et al., 2011). En un análisis de agua no se tiende a determinar que microorganismos patógenos y en que cantidad se encuentran en la misma, en vista de la ausencia de una técnica que permita analizar todos los patógenos a la vez (Lin, 2002). Además, estos microorganismos se encuentran en pocas cantidades en el agua. Las técnicas utilizadas para realizar los procesos antes mencionados son engorrosas, requieren de mucho tiempo, su costo es elevado, son dificultosas, su sensibilidad es insuficiente, entre otros aspectos. Estas son algunas de las razones por las cuales se emplean microorganismos indicadores (Lin, 2002).

Se conoce como microorganismos indicadores a aquellos organismos que sirven para determinar la calidad o estado sanitario de muestras de ambiente, agua y comida (Eden y Arbor, 2014). Estos hacen factible el estimar fallas en la calidad microbiológica (Monaghan y Hutchison, 2010). Los indicadores presentan varias características; sin embargo, no existe un indicador que cumpla con todos los requerimientos a la vez (Lin, 2002). Algunas de las características que presentan son que pueden ser detectados en diferentes clases de agua (Prescott, Harley y Klein, 2004), se encuentran en la muestra en una cantidad conveniente para contar (Monaghan y Hutchison, 2010), que su detección debe ser en lo posible sencilla y realizarse en poco tiempo (*Ministry of Health*, 2013) y que no representen un riesgo potencial para la salud (*United States Environmental Protection Agency [EPA]*, 2012a).

Es de gran importancia mencionar que los microorganismos indicadores han permitido establecer la normativa del estado microbiológico del agua (Pachepsky et al., 2011). Los datos en lo que concierne a la trayectoria que pueden seguir los microorganismos indicadores son significativos para conocer aspectos de carácter microbiológico en la calidad de agua (Pachepsky et al., 2011). Las cifras de indicadores encontradas no se relacionan necesariamente con el número de patógenos presentes (Monaghan y Hutchison, 2010). Sin embargo, hacen posible conocer si la muestra puede tener patógenos (Pachepsky et al., 2011).

2.1.2. Principales indicadores

Coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* son indicadores que sirven para evaluar la calidad microbiológica del agua de riego, puesto que están vinculados con contaminación fecal (Jones y Shortt, 2010; Amundson et al., 2012). Estos forman parte de la familia *Enterobacteriaceae*, la cual se constituye también como grupo indicador. Existen otros indicadores que son aplicados en el monitoreo del agua de riego como es el caso del grupo de mesófilos aerobios (Monaghan y Hutchison, 2010).

2.1.2.1. Mesófilos aerobios

Las bacterias incluidas en este grupo consumen fuentes orgánicas de carbono. Los mesófilos aerobios comprenden a bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas (Verhille, 2013). Crecen en un rango de temperatura entre 22°C y 37°C (Payment, Waite y Dufour, 2003). El grupo indicador mesófilos aerobios hace factible conocer que tan óptimo ha sido un tratamiento para agua, a su vez muestra la eliminación de patógenos de forma indirecta (Ministry of Health, 2013).

2.1.2.2. *Enterobacteriaceae*

Las enterobacterias son bacterias Gram negativas, de forma bacilar, anaerobios facultativos, pueden tener flagelos peritricos o no tener movimiento y requieren de nutrientes básicos (Prescott et al., 2004). Esta familia comprende bacterias del sistema gastrointestinal de seres vivos de sangre caliente (Csuros y Csuros, 1999). La fermentación de lactosa con producción de gas distingue dos grupos importantes de

Enterobacteriaceae; el grupo que si cumple con esta fermentación es llamado coliformes (Csuros y Csuros, 1999) y el grupo que no cumple con esta fermentación se conoce como no coliformes (Hach Company, 2000).

2.1.2.3. Coliformes

Los coliformes son bacterias Gram negativas, de forma bacilar, no forman esporas, de respiración aerobia o anaerobia facultativa (Madigan, Martinko y Parker, 2004). Estas bacterias tienen la capacidad de fermentar lactosa generando gas luego de 24 - 48h de incubación a 35°C - 37°C (Csuros y Csuros, 1999; Madigan et al., 2004). La mayoría de las veces estos microorganismos indicadores pertenecen al intestino de personas y animales (Madigan et al., 2004); sin embargo, hay coliformes que forman parte del medio ambiente (Prescott et al., 2004; Monaghan y Hutchison, 2010). Dentro del grupo de coliformes totales está el grupo de coliformes fecales y dentro de este último la bacteria *Escherichia coli* (Csuros y Csuros, 1999).

Al evaluar la calidad microbiana de una muestra de agua, habitualmente se analiza el grupo indicador de coliformes totales y luego de confirmar que están en la muestra se continúa evaluando a coliformes fecales o a *Escherichia coli* (Washington State Department of Health, s.f.). Usualmente, *E. coli* es el indicador escogido para saber si se ha dado un evento reciente de contaminación con heces en el agua; sin embargo, también se puede utilizar a los coliformes fecales para obtener esta información (WHO, 2008).

2.2. Placas Petrifilm

2.2.1. Generalidades

Las placas para recuento Petrifilm de 3M permiten conocer el número de microorganismos en una matriz. Algunos de los beneficios que brindan son que vienen preparadas para ser utilizadas, no son difíciles de usar, permiten hacer los ensayos en poco tiempo y de forma confiable, se evita la elaboración de medios de cultivo, no necesitan de una área grande para almacenar ni para incubar, dimensiones adecuadas, los recuentos estimados son bastante precisos gracias a la cuadrícula y las colonias se distinguen de mejor manera por los indicadores (3M, 2010).

A continuación se menciona algunos de los tipos de placas Petrifilm: para recuento de aerobios, recuento de *E. coli* y coliformes, recuento de coliformes, recuento selectivo de *E. coli*, recuento rápido de coliformes, recuento de *Enterobacteriaceae*, recuento de *Staphylococcus aureus*, recuento de *Listeria* ambiental y recuento de mohos y levaduras (3M, 2010).

2.2.2. Placas Petrifilm para el recuento de mesófilos aerobios

Las placas para el recuento de mesófilos aerobios se caracterizan por estar compuestas de dos películas: una superior y una inferior. La película superior está formada por una película plástica, adhesivo, indicador y gel soluble en agua fría. La película inferior está formada por los nutrientes del agar *Standard Method*, gel soluble en agua fría, adhesivo, película plástica y una cuadrícula. Estas placas se distinguen por la presencia del indicador cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolio (TTC) que es el responsable de dar una coloración roja a las colonias (3M, 2004; 3M, s.f.a).

2.2.3. Placas Petrifilm para recuento de *Enterobacteriaceae*

Las placas para el recuento de *Enterobacteriaceae* se caracterizan por estar compuestas de dos películas: una superior y una inferior. La película superior esta formada por una película plástica, adhesivo, indicador y gel soluble en agua fría. La película inferior está formada por una almohadilla de espuma, nutrientes del medio *Violet Red Bile Glucose* (VRBG) modificado, indicador de pH, película plástica y cuadrícula. Las colonias toman coloración roja por el indicador tetrazolio. El gas generado por las bacterias queda atrapado en la película superior. El indicador de pH, permite visualizar una coloración amarilla alrededor de la colonia roja producto de la generación de ácido de las bacterias (3M, s.f.b; 3M, s.f.c).

Los resultados en estas placas pueden presentar varios patrones para las bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*. Los diferentes patrones que se puede encontrar son colonias rojas y con gas, colonias rojas y con una zona amarilla (ácido) y colonias rojas, con gas y con una zona amarilla (ácido) (3M, s.f.b; 3M, s.f.c).

2.2.4. Placas Petrifilm para recuento de *Escherichia coli* y coliformes totales

Las placas para el recuento de *Escherichia coli* y coliformes totales se caracterizan por estar compuestas de dos películas: una superior y una inferior. La película superior está formada por una película plástica, adhesivo, indicador y gel soluble en agua fría. Mientras que, la película inferior está formada por una almohadilla de espuma, nutrientes del medio Bilis Rojo Violeta (VRB), indicador 5-bromo-4-cloro-3-indolil-beta-D-glucurónido (BCIG), película plástica y cuadrícula. El indicador tetrazolio hace que todas las colonias de coliformes tomen una coloración rojiza. La mayoría de *E. coli* producen beta-glucuronidasa, esta enzima hace reacción con el indicador BCIG generando colonias de color azul a rojo-azul. La producción de gas generada por el proceso de fermentación de la lactosa llevado a cabo por los coliformes y *E. coli* se evidencia porque la película superior lo atrapa. Alrededor del 95% de *E. coli* generan gas (3M, 2003; 3M, 2005; 3M, s.f.d).

Para los contajes de coliformes se considera colonias de color rojo y azul con gas rodeando la colonia. Mientras que, para los contajes de *Escherichia coli* se considera solo las colonias azules rodeadas de gas (3M, 2003; 3M, 2005; 3M, s.f.d).

Debido a las características que presentan las placas Petrifilm 3M, estas se han usado en diferentes estudios. En Maryland–Estados Unidos, las placas Petrifilm 3M para recuentos de *Enterobacteriaceae*, coliformes totales y *E. coli* fueron utilizadas en un estudio para el contaje de indicadores en fuentes de aguas que son empleadas con fines agrícolas para cultivo de tomate (Pahl, Telias, Newell, Ottesen y Walsh, 2012).

En otro estudio en el estado de Pensilvania – Estados Unidos, se ha empleado las placas Petrifilm 3M de recuento para mesófilos aerobios, *Enterobacteriaceae*, coliformes totales y *E. coli* con el objetivo de conocer la cantidad de microorganismos indicadores presentes en muestras de agua de riego y de esa forma conocer el estado sanitario del agua (Draper, 2012).

De igual manera en Estados Unidos se realizó una investigación para probar que tan efectivas son las técnicas *Coliscan Easygel* y las placas Petrifilm 3M para estimar el número de *E. coli* (indicador) en aguas superficiales y ver si son comparables con las

técnicas de filtración de membrana validadas por EPA (*US Environmental Protection Agency*). El análisis estadístico evidenció que los contajes hechos con las placas Petrifilm estuvieron más relacionados con las técnicas validadas en comparación con los resultados que se obtuvo de *Coliscan Easygel* (Stepenuck, Wolfson, Liukkonen, Iles, y Grant, 2010).

2.3. Parámetros de los indicadores en agua de riego

La calidad del agua de consumo y de otros tipos de agua se controla más frecuentemente que el agua para riego proveniente de fuentes superficiales (Pachepsky et al., 2011).

Los parámetros establecidos sobre la calidad microbiológica de agua de riego están dirigidos casi en su totalidad a aguas residuales que han sido tratadas y que pueden emplearse para esta actividad (Gerba, 2009). Esto es porque se ha puesto especial interés en reciclar las aguas residuales, utilizando las mismas en actividades agrícolas como el riego. Sin embargo, existen normas que establecen que este tipo de agua debe recibir tratamiento antes de ser aplicada en los cultivos. Por lo que debe cumplir con los siguientes parámetros microbiológicos ≤ 1.000 coliformes fecales/100 mL (media geométrica) y ≤ 1 huevo de nemátodo intestinal/1 L (media aritmética) (Mara y Cairncross, 1989; Pescod, 1992; Hespanhol, 1997; WHO, 2006). Adicionalmente, EPA (2012a) establece como parámetro que no debe haber coliformes fecales detectables /100 mL de agua.

A nivel internacional los parámetros de calidad varían. Así por ejemplo, la Ley de Modernización de la Inocuidad de los Alimentos (FSMA) de la FDA (*Food and Drug Administration*) especifica que el límite permisible para el agua de riego es de 126 unidades formadoras de colonias (UFC) de *Escherichia coli* /100 mL de agua (media geométrica de las muestras) (FDA, 2014a; FDA, s.f.). Para el caso de que sea una sola muestra se admite 235 UFC de *E. coli* /100 mL de agua (FDA, 2013). El estado de Vermont (USA) establece los siguientes criterios microbiológicos para el agua de riego 200 UFC de coliformes totales/100 mL (Vermont, 2009) y 77 UFC de *E. coli*/ 100 mL (Vermont, 2011). Los límites canadienses para el agua de riego son 100 UFC por 100 mL para coliformes fecales (*E. coli*) y 1.000 UFC por 100 mL para coliformes totales

(*Canadian Council of Ministers of the Environment* [CCME], 1987).

A nivel de Latinoamérica los parámetros de calidad también son variados. Los estándares microbiológicos para el agua de riego especificados en la normativa colombiana y peruana son los siguientes NMP 5.000/100 mL para coliformes totales y NMP 1.000/100 mL para coliformes fecales (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 1984; Ministerio del Ambiente de Perú [MINAM], 2003). En la norma mexicana solo se menciona el parámetro de coliformes fecales NMP 1.000/100 mL (Comisión Nacional del Agua, 2009).

La Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes establece sus criterios con respecto a la calidad de agua de acuerdo a la actividad en la que se ocupa la misma. Estos criterios se refieren a una cantidad expresada en números o a ciertas características sugeridas para conservar una correcta utilización del agua. Los criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego abarcan todas las aguas que se aprovechan en las labores relacionadas con la agricultura incluyendo el riego. En general, los criterios de calidad de esta norma con respecto al agua de riego se enfocan principalmente en características químicas. En lo que concierne a parámetros microbiológicos, solo se habla de coliformes fecales (NMP 1.000/100 mL) y huevos de parásitos (ausencia) (Ministerio del Ambiente [MAE], 2014).

Dentro de los criterios se menciona que no se permite la irrigación de cultivos con aguas servidas. No obstante, se aprueba la utilización de este tipo de agua siempre y cuando hayan recibido algún tratamiento y se rijan a los parámetros fijados en la norma para el agua de riego, dentro de los cuales se incluyen los límites microbiológicos indicados en el párrafo anterior (MAE, 2014).

En lo que concierne a la descarga de efluentes se desaprueba la eliminación de contaminantes en estado líquido o sólido en canales de riego y recursos de agua. Además, se debe tomar en cuenta de que en caso de que las descargas no se encuentren dentro de los parámetros fijados para las mismas es necesario que reciban tratamiento. También se aclara que no se aprueba el diluir descargas contaminantes con otras fuentes de agua (MAE, 2014).

En la Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes no se reporta información de la cantidad de mesófilos aerobios aceptable en agua de riego. A pesar de esto, la norma INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización) 1 205 manifiesta que estimar en placa la cantidad de bacterias heterotrofas aerobias y anaerobias facultativas es útil para valorar la calidad del agua (INEN, 1985). En la norma NTE INEN 1 108:2006 para agua potable se pone en conocimiento que el límite de este indicador en agua potable que sirva como insumo para productos alimenticios para el ser humano no debe sobrepasarse de 100 UFC/mL (INEN, 2006).

2.4. El riego

2.4.1. Generalidades

El agua es el líquido vital indispensable para que haya vida en la Tierra. A razón de su existencia los individuos pueden llevar a cabo las acciones que hacen posible alcanzar condiciones de vida aceptables (Isch, 2011).

En lo que respecta a la agricultura, aproximadamente el 70% del agua del planeta se emplea en la misma (Winpenny, Heinz y Koo-Oshima, 2013; *Food and Agriculture Organization of the United Nations* [FAO], 2014b). Las aguas de riego suelen proceder de arroyos, lagos, ríos, canales, acequias, entre otros; los cuales son considerados como aguas superficiales (FDA y *United States Department of Agriculture* [USDA], 1998; Jones y Shortt, 2010). Adicionalmente, las aguas subterráneas también se utilizan en esta actividad (Jones y Shortt, 2010). Es relevante mencionar que independientemente de las fuentes señaladas, gran parte del agua necesaria para la agricultura proviene de la lluvia (WWAP, 2009).

El riego tiene como finalidad satisfacer los requerimientos de agua de los cultivos y de ese modo suplementar el agua que adquieren de precipitaciones naturales (*World Wildlife Fund* [WWF], 2009). Algunos de los beneficios que trae consigo el riego son que permite generar una producción agrícola a gran escala en lugares donde esto no era factible, ayuda a que los cultivos produzcan más y es una vía por la cual se puede administrar fertilizantes. Además, es esencial cuando hay sequía (EPA, 2012b).

2.4.2. Enfoque global del riego

El incremento poblacional sin duda requiere cada vez de más productos de origen agrícola, lo que se liga directamente con el agua utilizada en esta actividad. El riego se realiza a nivel mundial y el 40% de los alimentos cultivados son obtenidos gracias a este (WWAP, 2009). En los países en desarrollo se concentra parte importante de la agricultura obtenida por riego (Alexandratos y Bruinsma, 2012).

Factores de diferentes orígenes influyen en la calidad microbiológica del agua que se incorpora en los cultivos. Algunos de estos son materia fecal tanto de animales salvajes como domésticos, variados materiales provenientes de actividades agrícolas, desechos humanos y aguas residuales. Desafortunadamente, la información de la deficiente calidad microbiológica de las fuentes de las que proviene el agua para riego se suele notificar luego de que se ha presentado una epidemia (Pachepsky et al., 2011).

La escasa disponibilidad de recursos hídricos ha impulsado la utilización de aguas residuales para la irrigación sin importar si el agua ha pasado por un tratamiento previo o no (Winpenny et al., 2013). El aprovechar aguas residuales en la agricultura brinda varias ventajas como que sirven como fuente de agua, aportan con los requerimientos nutricionales del cultivo y aseguran la obtención de productos necesarios para la alimentación. A pesar de los beneficios mencionados, si estas aguas no reciben tratamiento o este no es el más adecuado, o las aguas son diluidas; lo más probable es que se ocasionen efectos perjudiciales en los cultivos, suelos, ambiente y salud (Mateo-Sagasta et al., 2013). Esto es porque microorganismos patógenos pueden ser transportados en el agua, algunos de ellos son: *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Cryptosporidium parvum* (Jones y Shortt, 2010), parásitos como *Giardia* y virus como el de la hepatitis A y *Norovirus*; solo por traer a colación unos cuantos (Washington State Department of Health, 2013). Cuando se emplea aguas de riego en malas condiciones, los alimentos de origen agrícola que se cultivan más cerca del suelo y que no son cocidos son los que están más propensos a representar un riesgo elevado para la salud (Mateo-Sagasta et al., 2013).

Los principales problemas vinculados con los recursos hídricos en América Latina y el Caribe son la reducción de la cantidad y la calidad del agua. El primer punto

del que se habla se da fundamentalmente por el gasto excesivo del agua. En tanto que la calidad del agua se ve afectada porque las aguas residuales no siempre son tratadas, hay contaminantes provenientes de diversos orígenes, se usa desmesuradamente productos químicos y fertilizantes en la agricultura (FAO, 2014a). La irrigación con aguas residuales no tratadas es una práctica habitual en los países latinos. Así como se acostumbra a usar aguas superficiales cuya calidad se ha visto deteriorada (Moscoso y Egocheaga, 2004; Proceso Regional de las Américas [PRA], 2012), puesto que reciben descargas de sistemas de drenaje provenientes de industrias y casas, esto se conoce como diluir (Moscoso y Egocheaga, 2004).

2.4.3. El riego en Ecuador

El agua, clima y suelo son medios que el país tiene a favor (Foro de los Recursos Hídricos, 2011). Por lo general, de las aguas superficiales es de donde proviene el agua usada en el Ecuador (Isch, 2011). Aproximadamente, el 80% del agua se dispone para la irrigación de cultivos (Guzmán y Narváez, 2010); sin embargo, de todos los cultivos existentes en el país, apenas el 16% está bajo riego. A pesar de esto, de la agricultura de regadío provienen los productos esenciales y de mayor consumo del país; además, de los productos de exportación (Foro de Recursos Hídricos, 2012).

En el Ecuador, la agricultura ocupa 7,38 millones de hectáreas (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2012) y juega un papel substancial en la economía y la sociedad (INEC, 2008). El riego se posiciona como un instrumento a través del cual se hace posible engrandecer el nivel de producción agropecuaria, asegurar la soberanía alimentaria, tener cultivos más productivos, crear empleo, entre algunos de sus puntos a favor. Todo esto ayuda a que los habitantes del país tengan una mejor vida (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP], 2013). Sin embargo, hay varios problemas concatenados en el sector agrícola. Los tipos de riego que hoy en día se aplican en el país no son lo suficientemente adecuados, se emplea demasiada agua en los cultivos, a la vez la calidad del agua es mala. Tanto el tipo de riego como el agua contaminada afectan de manera negativa la calidad del suelo y por lo tanto de los alimentos dando como consecuencia daños en la salud (Foro de los Recursos Hídricos, 2011).

Uno de los principales problemas del sector agrícola es que muchas de las áreas de cultivo que se encuentran rodeando las ciudades no tienen acceso al riego. Esto ha provocado que se utilice aguas residuales en esta actividad sin tomar en cuenta el peligro que esto representa, ya que varios de estos productos se comercializan en los mercados y no existe ningún tipo de control (Cabrera, Garcés y Paredes, s.f.). Por otro lado, las aguas servidas no son tratadas, lo que ha ocasionado el desgaste de la calidad de los recursos hídricos del país como los ríos que constituyen una de las fuentes de riego. Lamentablemente esta situación no ha evolucionado, al contrario sigue empeorando. La agricultura con su empleo exagerado de químicos, así como las industrias, las aguas desecho de la zona urbana (Foro de Recursos Hídricos, 2012), la minería y la actividad petrolera (Isch, 2011) son los que contribuyen a la contaminación de las fuentes de agua (Foro de Recursos Hídricos, 2012).

2.4.4. Generalidades de la provincia de Tungurahua

Tungurahua tiene una población de 504.583 habitantes y su densidad poblacional es de 156,60 habitantes/km² (Instituto Geográfico Militar [IGM], 2012). La provincia está ubicada en el Callejón Interandino e integra parte de la Hoya Oriental del Patate (Quinde y Aguilar, 2007). Su posición geográfica es desde el punto 78° 7' 5'' al Este, hasta 78° 54' 53'' de longitud Occidental del meridiano de Greenwich y desde el punto 0° 57' 16'' a 1° 34' 22'' de latitud Sur. Su superficie es de 3.367 km² (Castañeda y Ortiz, 2001). Cuenta con una altitud máxima de 5.389 msnm y una altitud mínima de 1.180 msnm. El clima de la provincia es mesotérmico seco, con una temperatura máxima de 20 °C y una temperatura mínima de 0 °C (IGM, 2012).

Las provincias que la limitan son al Norte Cotopaxi y Napo, al Sur Chimborazo y Morona Santiago, al Este Pastaza y al Oeste Bolívar. La provincia está constituida por los cantones nombrados a continuación: Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Patate, Pelileo, Píllaro, Quero y Tisaleo; siendo su ciudad capital Ambato (Castañeda y Ortiz, 2001).

2.4.5. El riego en Tungurahua

Tungurahua tiene una significativa actividad agrícola. Los suelos de la provincia se caracterizan por ser de naturaleza volcánica y por su fertilidad (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2013). Se produce una amplia variedad de cereales, hierbas aromáticas, legumbres, tubérculos, hortalizas, madera, frutas, entre otros (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Conductividad, 2011). Esta labor está enlazada en un alto grado con el riego (Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua, 2013), es así que la provincia posee 62.674 hectáreas regadas. Las principales fuentes son los ríos y quebradas, no obstante el agua también proviene de vertientes, pero en menor grado. Los métodos de riego que se aplican son por gravedad, aspersión y goteo; siendo el primero el más utilizado (Honorable Consejo Provincial de Tungurahua et al., 2004).

Los recursos hídricos de la provincia están deteriorados, pues contaminantes de todo tipo se depositan en estos. Algunas fuentes de contaminación son la erosión de los suelos, las sustancias que se aplican en la agricultura, efluentes de industrias y aguas contaminadas generadas por los habitantes; un aspecto crucial es que estos no son tratados. Todo lo mencionado ha ocasionado que aguas de mala calidad se destinen para diferentes labores como son la ganadería, agricultura e incluso para ser consumidas por seres humanos. Esta situación ha traído consigo dificultades socioeconómicas y medioambientales, las cuales no serán solucionadas a menos que se tome acción en el origen del problema (Honorable Consejo Provincial de Tungurahua et al., 2004).

Tomando en cuenta los más relevantes, Tungurahua esta dotada de 6 canales estatales y alrededor de 260 acequias particulares para satisfacer al sector agrícola. Los ríos fundamentalmente asociados a estos canales y acequias son el río Ambato, el río Pachanlica y el río Cutuchi (SENAGUA, 2013).

La unidad hidrográfica del río Pachanlica es una de las 11 que integran la microcuenca del río Ambato. El principal río de la unidad hidrográfica mencionada es el río Pachanlica que está compuesto por varios afluentes de ríos y quebradas (Ríos, 2011). Entre los que se encuentran el río Mocha, el río Quero, la quebrada Palagua, la quebrada Yanayacu, la quebrada Olalla, entre otras (Dirección de Recursos Hídricos y Gestión

Ambiental, 2013). En el sector inmerso predomina la actividad agrícola. Al igual que en el resto de la provincia, múltiples cultivos se desarrollan en la unidad hidrográfica (Ríos, 2011).

El estado sanitario de sus aguas es deplorable, pues en estas desembocan aguas servidas de los poblados, químicos de la agricultura, contaminantes de mataderos. A esto se debe agregar que las empresas dedicadas a la curtiembre y elaboración de textiles contribuyen con la contaminación del río eliminando químicos y otros desechos propios de estas actividades sin que hayan sido tratadas (Ríos, 2011).

2.5. La plata

2.5.1. Generalidades

La plata es parte de los elementos de transición de la tabla periódica, en la cual está representada por el símbolo Ag, este símbolo se origina de la palabra Argentum (Morones, 2010). Su número atómico es 47, su peso atómico 107,87 y su estado de oxidación es 1 (*Royal Society of Chemistry*, 2014). La plata se caracteriza por ser reflectiva, dúctil, maleable y por su conductividad eléctrica (Katrivanos, 2014). Aunque este metal precioso se encuentra en la corteza terrestre (Morones, 2010), no cumple con ninguna función vital en los seres vivos (*Royal Society of Chemistry*, 2014). No obstante, la plata ha sido aprovechada en la elaboración de medallas, joyas, monedas, baterías, soldaduras y tintas. Además se ha utilizado en el área de la fotografía, en medicina para curación de heridas, en la industria textil para evitar malos olores en la prendas de vestir, para mejorar la calidad del agua, entre muchos otros servicios que brinda este metal (Katrivanos, 2014).

La utilización de la plata no es reciente. Antiguamente, el agua que se consumía era depositada en pocillos de plata. A pesar de que las civilizaciones pasadas no sabían cual era el efecto que se producía para obtener agua limpia, tenían conocimiento de que luego de este proceso el agua ya estaba en buenas condiciones para ser tomada (Solsona y Méndez, 2002). En los años noventa se presentaron una gran cantidad de casos y muertes por cólera en México. En vista de la gravedad de la situación y de que varios de los productos probados no mostraban los resultados esperados, se empezó a utilizar

plata coloidal para tratar el agua. Desde ese entonces su uso se tornó más popular en México y en otros lugares (Coutiño, 2008).

2.5.2. Formas de la plata

La plata puede presentarse en varias formas; siendo, las más representativas la plata coloidal y plata iónica (Rai, Deshmukh, Ingle, y Gade, 2012).

La plata coloidal se refiere a minúsculas partículas de plata (nanopartículas) suspendidas en un medio acuoso (Solsona y Méndez, 2002; Pancorbo, 2009; *The Ceramics Manufacturing Working Group*, 2011). Materiales como los polímeros y cerámicas suelen ser usados como una especie de transportadores de las nanopartículas (Zhang, Wu, y Sen, 2012), de las cuales se desprenden iones de plata (Xiu, Ma, y Álvarez, 2011). Las nanopartículas ejercen una potente actividad antimicrobiana (Rai, Yadav, y Cioffi, 2012).

La plata iónica se refiere a que iones de plata son disueltos en un medio acuoso (Pancorbo, 2009; *The Ceramics Manufacturing Working Group*, 2011). Los iones tienen un potente efecto letal frente a múltiples microorganismos, dentro de los cuales se incluye hongos, bacterias y virus (Wang, An, Luo, Li, y Yan, 2012).

2.5.3. Mecanismos de acción de la plata

Las bondades antimicrobianas de la plata se han aprovechado desde la antigüedad, a pesar de esto sus estrategias de ataque hacia los microorganismos solo se comprenden de forma parcial (Zhang et al., 2012; Xiu et al., 2011). La capacidad de ejercer un efecto antimicrobiano solo con una mínima porción de un químico se conoce como oligodinamia, esta es una propiedad que tienen metales como el cobre y la plata (Bisen et al., 2012).

Algunas de las perturbaciones producidas por la plata en los microorganismos son provocadas por daños en sus enzimas, membrana y ADN; así como, la producción de especies de oxígeno reactivo (ROS) (Zhang et al., 2012). Se piensa que los daños que producen las nanopartículas en los microorganismos son porque de ellas salen iones de plata; sin embargo, pueden existir otros aspectos que influyan en su actividad

(Mukherji, Ruparelia y Agnihotri, 2012). Se sugiere que la concentración de iones que se desprenden de las nanopartículas de plata puede controlarse mejor variando las características físicas como forma y tamaño de las mismas; así como, la cantidad de oxígeno a la que las expone. Todo esto en conjunto va a intervenir en el efecto dañino que tienen sobre los microorganismos (Xiu, Zhang, Puppala, Colvin y Álvarez, 2012). Además se ha propuesto que las nanopartículas de plata toman contacto con la membrana de la bacteria, ingresan en la misma y los iones de plata se liberan (Morones, Elechiguerra, Camacho y Ramírez, 2005 citado por Rai, Deshmukh et al., 2012).

A nivel mundial, distintos estudios se han realizado comprobando que la plata tiene una fuerte actividad antimicrobiana. Una de las investigaciones se hizo con el propósito de determinar una concentración óptima de nanopartículas que no permita el crecimiento de la bacteria *Escherichia coli* y de estudiar en que estructuras bacterianas actúan las nanopartículas. Los resultados indicaron que 10 µg/mL de nanopartículas es suficiente para que 10⁷ UFC/mL de la bacteria probada no crezca. Por otro lado, el estudio mostró que las nanopartículas pueden lesionar la membrana de la bacteria y afectar la actividad enzimática, ocasionando múltiples alteraciones en sus funciones vitales (Li et al., 2010).

En otro estudio se investigó la acción bactericida de las nanopartículas de plata en *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. El estudio reporta que las nanopartículas generan gran cantidad de especies oxígeno reactivas (ROS) y cambios físicos en las bacterias. La cuantiosa presencia de ROS intensifica el estrés oxidativo de las bacterias, provocando alteraciones en el ADN, membrana celular y proteínas. La membrana se vuelve más permeable, lo que facilita la liberación de proteínas. Las nanopartículas también imposibilitan a la enzima lactato deshidrogenasa de realizar su función en la respiración bacteriana. Por todo lo anterior se concluye que las nanopartículas de plata provocan modificaciones en las estructuras y funciones de las bacterias, demostrando su eficiente acción bactericida (Kim et al., 2011).

Monge (2009), estableció que entre 12,5 µg/mL – 25 µg/mL de partículas de plata fueron suficientes para ejercer efecto bactericida sobre *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Estos valores de concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB) son muy pequeños,

evidenciando que estas partículas son efectivas a bajas concentraciones.

En una investigación se realizaron varias pruebas con el fin de evaluar la capacidad bactericida de las nanopartículas de plata y nanopartículas de cobre en *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis*. La primera prueba que se llevó a cabo fue la de difusión en disco, los discos tenían $100 \pm 15 \mu\text{g}$ de nanopartículas (plata y cobre por separado) y se usó un inóculo bacteriano de $10^4 - 10^5$ UFC/mL. Consiguientemente se realizó la prueba de concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB), en las cuales se empleó suspensiones de nanopartículas de entre 20 y 30 mg/L (plata y cobre por separado) y un inóculo bacteriano entre $10^3 - 10^4$ UFC/mL. Los resultados demostraron que los diámetros de inhibición de las nanopartículas de plata para *E. coli* y *S. aureus* fueron evidentemente de mayor tamaño que los de las nanopartículas de cobre, por el contrario, para *B. subtilis* se mostró un mayor efecto por parte de las nanopartículas de cobre. Con los resultados obtenidos de las pruebas de CMI y CMB, se confirmó que las nanopartículas de plata ejercieron un mayor efecto en *E. coli*, *S. aureus* y que las nanopartículas de cobre tienen mayor efecto en *B. subtilis* (Ruparelia, Chatterjee, Duttagupta y Mukherji, 2008).

En Turquía se realizó un estudio para definir la concentración mínima inhibitoria (CMI) de nanopartículas de plata coloidal, cuyo tamaño oscilaba entre alrededor de 20 y 45 nanómetros y las concentraciones de las partículas utilizadas fueron desde $10 \mu\text{g/mL}$ a $1 \mu\text{g/mL}$. La prueba se hizo con cepas ATCC (*American Type Culture Collection*) de *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. La concentración de los microorganismos para la prueba de CMI fue entre 10^5 y 10^6 UFC/mL. Cada uno de los microorganismos mencionados se probó con cada una de las concentraciones de nanopartículas ($10 \mu\text{g/mL}$ a $1 \mu\text{g/mL}$). La acción inhibitoria de la plata fue efectiva a concentraciones pequeñas como lo indicó la CMI que para todas las cepas varió entre $2 \mu\text{g/mL}$ a $4 \mu\text{g/mL}$ de nanopartículas (Lkhagvajav, Yaşa, Çelik, Koizhaiganova y Sari, 2011).

2.5.4. Plata para el tratamiento de agua

La plata iónica y coloidal poseen la capacidad de eliminar o inhibir el crecimiento de varios microorganismos, esto ha sido aprovechado en varios ámbitos, siendo uno de ellos la purificación del agua (Jo et al., 2009). El CDC (s.f.), recomienda el uso de filtros de cerámica con plata coloidal para la desinfección de agua.

Así en África se hizo una investigación para valorar la efectividad de cinco tipos diferentes de filtros para obtener agua con una calidad microbiológica aceptable. Los filtros probados fueron el filtro estándar de bioarena, de zeolita de bioarena, de cubo, de vela de cerámica y de olla porosa impregnado con plata. Las aguas sometidas al proceso de filtración fueron de tres tipos: aguas superficiales, aguas subterráneas y agua estéril a la que se inoculó con una cepa ATCC de *Escherichia coli*. Luego de ser filtradas con cada uno de los filtros, se evaluó la disminución de la turbidez del agua; así como, la reducción del número de coliformes fecales y *E. coli* (indicadores). En todos los filtros se evidenció que la turbidez y la cantidad de microorganismos indicadores disminuyó. Sin embargo, el filtro con plata (AgNO_3) demostró ser más eficiente que los otros; pues con este, la disminución de turbidez y el número de indicadores fue mayor. El agua filtrada obedece a los parámetros para agua de consumo fijados en la norma africana, el mérito de la desinfección se le da a la plata presente en el filtro (Mwabi et al., 2012).

Vidal (2010) realizó una investigación para establecer que tan efectivo es un filtro compuesto por aserrín, arcilla y plata coloidal para el tratamiento de aguas del río Otún (Cartago Valle - Pereira, Colombia) que presenta niveles variados de contaminación. Para el estudio se tomaron 4 muestras de lugares distintos del río y se usaron 5 tratamientos en los filtros con concentraciones de plata coloidal de 0 ppm, 7,88 ppm, 21 ppm, 36 ppm, y 56 ppm. De cada muestra se analizaron varios aspectos como el pH, turbidez, olor, número de coliformes, entre otros. Por cada uno de los filtros se hizo pasar 3 litros de muestra individualmente. Los resultados mostraron que el número de coliformes se redujo en aproximadamente 92,73% – 99,96% usando el filtro con 0 ppm de plata coloidal. Sin embargo, en los filtros con plata coloidal la cantidad de coliformes fecales y totales se redujo en aproximadamente 99,99% - 100%. Esto evidencia que la plata coloidal es importante para completar el proceso de eliminación de microorganismos, además esta permite conservar los filtros en estado óptimo.

En otro estudio se evaluó la capacidad bactericida que puede tener un producto de cerámica porosa impregnado con nanopartículas de plata para lo cual se realizó tres pruebas. La primera consistió en colocar trozos de la cerámica con y sin nanopartículas de plata (por separado) en tubos estériles que contienen agua destilada con *Escherichia coli*, incubar, luego sembrar una pequeña porción de la disolución por el método de *pour plate* e incubar. La segunda implicó hacer circular agua con *E. coli* por una imitación de filtro con el producto de cerámica con y sin nanopartículas de plata, posteriormente sembrar parte del agua filtrada por el método de *pour plate* e incubar. En la tercera prueba se procedió a sembrar la bacteria en un medio sólido, colocar los trozos de cerámica con y sin las nanopartículas e incubar. Los resultados evidenciaron ausencia de crecimiento del microorganismo al utilizar la cerámica con las nanopartículas de plata. Por lo tanto, este tipo de producto se muestra como una alternativa para la purificación de agua (Lv et al., 2009).

Varkey (2010) llevó a cabo un estudio en el que evaluó la capacidad bactericida de algunos metales y metaloides. Para el estudio se recolectó la muestra de agua de un río contaminado. En 200 mL de la muestra se colocó una placa fina y pequeña de zinc, cobre, plata, aluminio, silicio y estaño por separado; se utilizó tiempos de contacto de 30, 60, 90, 120 y 150 minutos. Para corroborar la acción de los diferentes materiales empleados se determinó la cantidad de coliformes totales y *Escherichia coli* antes y después del tratamiento usando placas Petrifilm 3M. Como resultado, el estudio mostró que el mayor efecto bactericida fue ejercido por el cobre, zinc y plata desde el primer tiempo de exposición en el cual ya se evidenció disminución en el conteo de las bacterias. A los 90 minutos, la plata redujo el número de microorganismos indicadores a más de la mitad (alrededor del 98%) lo que demuestra que este tipo de metal puede mejorar la calidad microbiológica del agua.

En una investigación se probó la capacidad de las nanopartículas de plata contenidas en microesferas de polímero para eliminar bacterias. Las bacterias evaluadas fueron *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. Para el estudio, los autores realizaron varias pruebas. La primera consistió en sembrar las 4 bacterias en agar, colocar las esferas en la superficie, incubar y medir alrededor de estas para estimar que tanto se limitó el crecimiento. La segunda fue poner agua en tubos, colocar un inóculo de cada uno de los microorganismos a probar por

separado, a los tubos agregaron 100 mg, 200 mg y 300 mg de las esferas, muestrearon a diferentes horas y sembraron. La tercera implicó tomar las esferas de una suspensión de 24 horas como las mencionadas en la segunda prueba, enjuagarlas, secarlas y sembrarlas en medio sólido para observar si las bacterias se quedan adheridas. Los resultados de la investigación mostraron considerables halos de inhibición, hubo reducción del número de bacterias con las diferentes cantidades de partículas y tiempos asignados. De todos los ensayos se destacó aquel en el que se colocó 200 mg durante 4 horas. Con respecto a la última prueba, las bacterias no quedaron adheridas a las esferas. De acuerdo a los resultados obtenidos se evidencia que las nanopartículas podrían emplearse en el mejoramiento de la calidad del agua (Gangadharan et al., 2010).

Con lo que respecta a salud, elevadas concentraciones de plata son peligrosas para la misma. No obstante, las cantidades de plata aplicadas en saneamiento de agua no han presentado ningún problema (Solsona y Méndez, 2002). Estudios hechos en animales y en humanos muestran que es mínima la proporción de la plata que el cuerpo puede llegar a adsorber, se estima entre 0 y 10% (WHO, 2003; OMS, 2006). La OMS (2003 y 2006) recomienda 0,1 mg/L como la máxima cantidad de plata permisible en agua de consumo para la desinfección de la misma, esta dosis no se constituye como un peligro de salud. EPA (2009), establece un límite de 0,10 mg/L de plata para agua de consumo humano. La FDA (2014b), también hace referencia al límite de plata 0,1 mg/L en agua potable establecido por EPA. En la Norma Mexicana para agua para uso y consumo humano, se aprueba la utilización de plata coloidal o plata iónica para la desinfección de agua (Secretaría de Salud et al., 2014).

En algunos países se establecen límites de la cantidad de plata permisible en efluentes, fuentes de agua dulce, riego etc. En la Ley Federal de Derechos. Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales, el límite permisible de plata en agua dulce es 0,06 mg/L, para fuentes de agua de uso público urbano es 0,001 mg/L pero no se menciona ningún límite con respecto al agua de riego (Comisión Nacional del Agua, 2009). En la Norma Chilena de calidad del agua para diversos usos, se permite un límite máximo de 0,20 mg/L de plata en el agua usada para irrigación (Instituto Nacional de Normalización [INN], 1987).

La Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes, establece que el límite de plata en las fuentes de las cuales se capta agua de consumo humano y para los domicilios es 0,05 mg/L. También se menciona que el parámetro máximo de plata en efluentes descargados en cuerpos de agua dulce es 0,1 mg/L. No se menciona ningún límite con respecto al agua de riego (MAE, 2014).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es descriptivo transversal el mismo que se lo realizó como parte del proyecto “Determinación de la concentración mínima inhibitoria del agua de plata coloidal frente a microorganismos patógenos y sus posibles beneficios como desinfectante natural”, código J13128, financiado por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

El agua de plata a las diferentes concentraciones requeridas para este estudio fue otorgada por la empresa Argentum. En el Anexo 1 se indica el equipo para la elaboración del agua de plata cortesía del Ing. Osvaldo Carbonari y del Coronel Luis Pazmiño - Argentum.

3.1. Materiales y equipos

Equipos de Protección Individual (EPIs)	
Detalle	Marca
Mono	-
Mandil	-
Guantes	Master
Mascarilla	Genhosfi
Cofia	Genhosfi

Medios de cultivo y placas Petrifilm	
Detalle	Marca
Peptona bacteriológica	Himedia
Medio TSA (Agar Soya Trypticase)	Difco
Placas Petrifilm para mesófilos aerobios	3M
Placas Petrifilm para coliformes totales/ <i>E. coli</i>	3M
Placas Petrifilm para enterobacterias	3M

Equipos	
Detalle	Marca
Incubadora	Memet
Refrigeradora	Ecasa
Balanza	Adam
Autoclave	Sterilmatic (Market Forge)
Mechero	-
Cronómetro	Hanhart

Otros	
Detalle	Marca
Envases plásticos nuevos	-
<i>Cooler</i>	-
Pilas refrigerantes	Rubbermaid
Marcador permanente	Sharpie
Tubera metálica	-
Tubos de vidrio tapa rosca de 15 mL	Pyrex Vista
Frascos de vidrio	-
Frascos de orina	-
Puntas azules para pipeta automática de 100 µL - 1.000 µL	Citotest
Probetas de 100 mL	Pyrex Vista
Pipetor	-
Pipeta automática 100 µL – 1.000 µL	Droptek
Pipetas serológicas de 10 mL	Marienfeld
Pipetas serológicas de 1 mL	Marienfeld
Asas desechables estériles	VIR
Cinta indicadora de esterilización	3M
Perilla de seguridad de 3 vías	Heathrow

3.2. Métodos

3.2.1. Área de estudio

La unidad hidrográfica del río Pachanlica integrada por los cantones Cevallos, Tisaleo, Mocha, Quero, Ambato, Pelileo cuenta con 37.558 ha de superficie. Sus límites son la unidad hidrográfica del río Ambato al Norte y al Oeste, la provincia de Chimborazo al Sur, la microcuenca del río Patate y la microcuenca del río Chambo al Este. La cantidad de agua de riego con la que contribuye esta unidad hidrográfica es 3.313 l/s (3,3 m³) (Dirección de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental, 2013), siendo su principal río el Pachanlica (Ríos, 2011); al cual se encuentran asociados varios canales y acequias de Tungurahua (SENAGUA, 2013).

Para la toma de muestras se seleccionaron 16 acequias o canales del río Pachanlica de los cantones Pelileo, Ambato y Cevallos. A continuación se señalan las acequias o canales muestreados con sus coordenadas correspondientes expresadas en UTM (*Universal Transverse of Mercator*) Datum WGS84 (*World Geodetic System 84*) y su altura expresada en msnm (metros sobre el nivel del mar).

En el cantón Pelileo se muestrearon 13 acequias o canales pertenecientes a las parroquias Chiquicha, Benítez, Pelileo y García Moreno. En la Parroquia Chiquicha se muestreó 5 acequias: Albornoz Naranjo (Norte: 9'861.948 y Este: 772.952) que está a una altura de 2.596 msnm, Pachanlica (Norte: 9'861.464 y Este: 772.876) localizada a una altura de 2.655 msnm, Cisneros Alta o San Cristóbal (Norte: 9'863.557 y Este: 772.090) situada a una altura de 2.334 msnm (Figura 1), San José (Norte: 9'863.135 y Este: 773.092) a una altura de 2.316 msnm (Figura 2) y San Miguel (Norte: 9'863.282 y Este: 773.329) que se encuentra a una altura de 2.363 msnm (Figura 3).

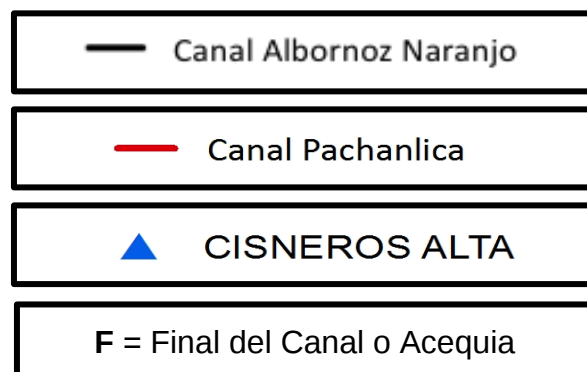
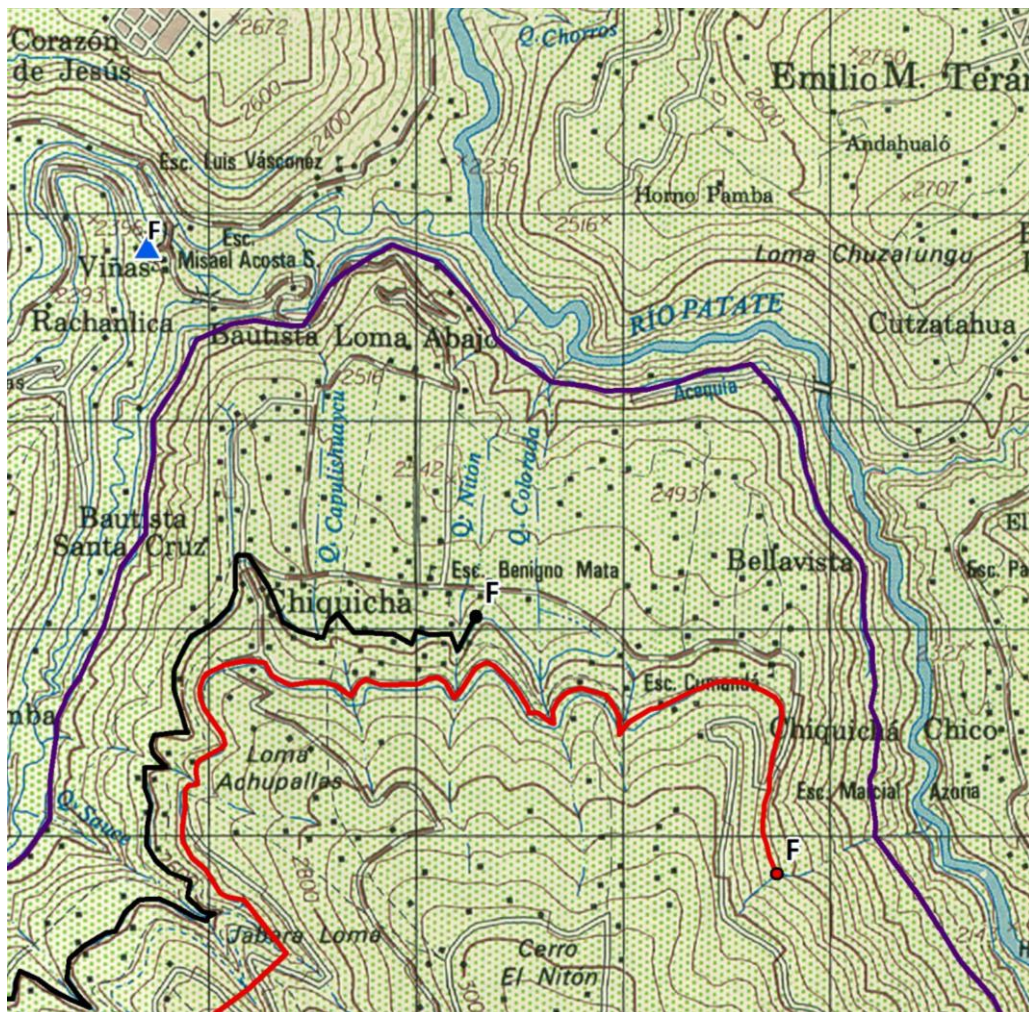


Figura 1. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales Albornoz Naranjo, Pachanlica y Cisneros Alta del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de las acequias en color negro la acequia Albornoz Naranjo y en rojo la acequia Pachanlica. El triángulo de color azul representa a la acequia Cisneros Alta. Los puntos rotulados con la letra F corresponden a los puntos de colección de la muestra de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

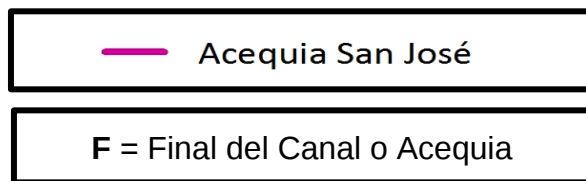
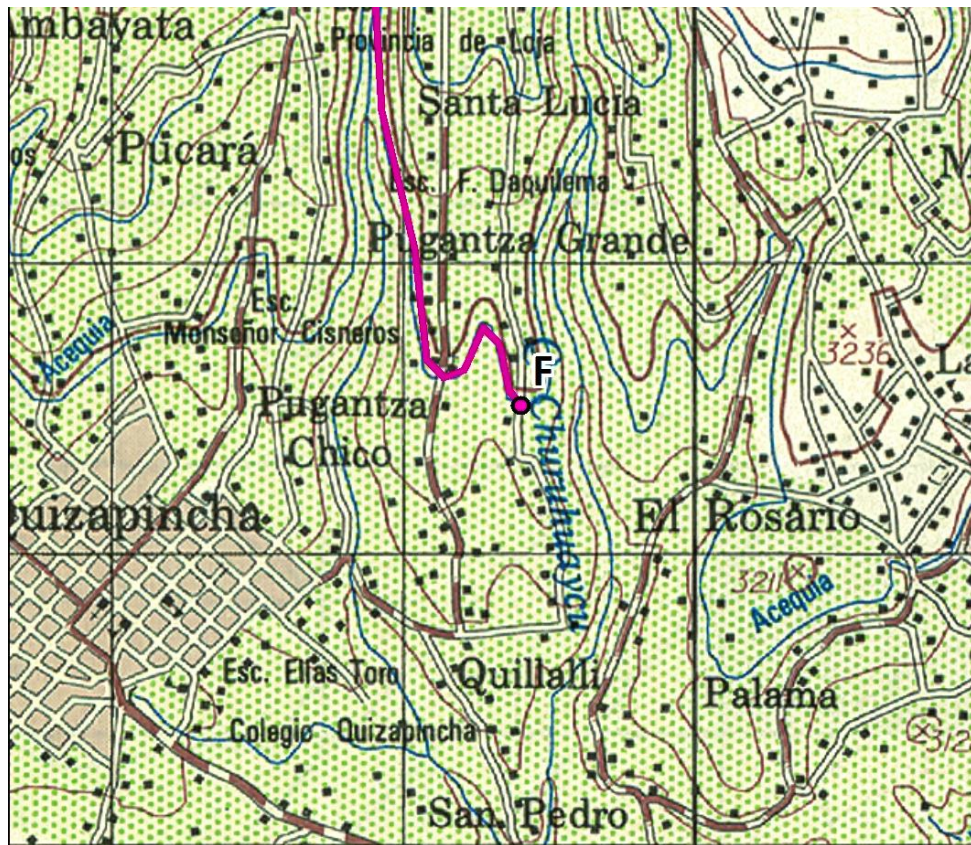
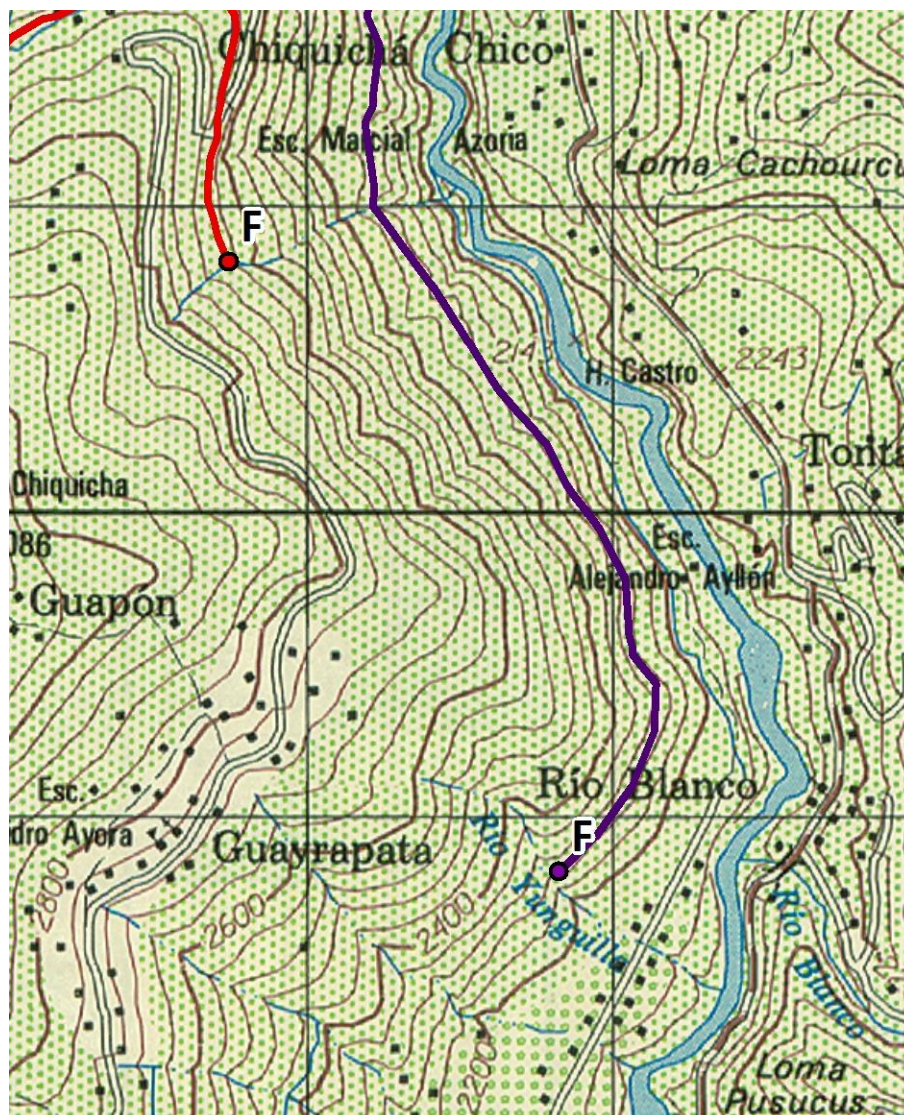


Figura 2. Mapa del punto de colección de la acequia o canal San José del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de la acequia San José en color fucsia y F corresponde al punto de colección de la muestra de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).



— Acequia San Miguel

F = Final del Canal o Acequia

Figura 3. Mapa del punto de colección de la acequia o canal San Miguel del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de la acequia San Miguel en color morado y F corresponde al punto de colección de la muestra de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

En la parroquia Benítez se colectó las muestras de agua de 4 acequias o canales: Sevilla Chica (Norte: 9°53.216 y Este: 767.875) ubicada a una altura 2.701 msnm, Los Cruces (Norte: 9°52.022 y Este: 767.890) a una altura de 2.701 msnm (Figura 4), Mondongo (Norte: 9°52.545 y Este: 768.737) presente a una altura de 2.764 msnm y Albornoza Baja (Norte: 9°52.162 y Este: 768.141) que está a una altura de 2.711 msnm (Figura 5).

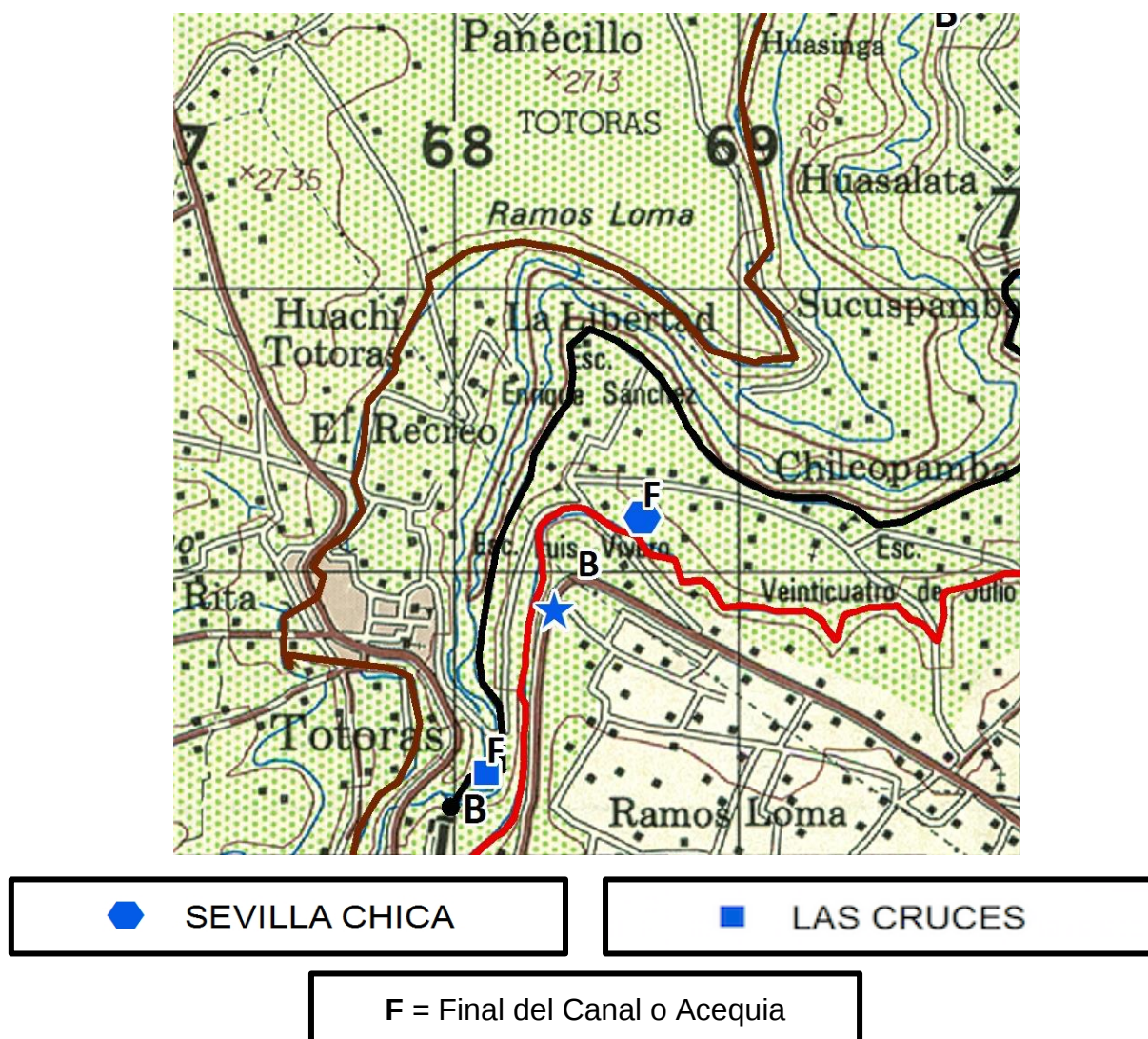


Figura 4. Mapa del punto de colección de las acequias o canales Sevilla Chica y Los Cruces del cantón Pelileo. En el mapa F corresponde al punto de colección de las muestras de agua. Los puntos de colección están representados por símbolos de color azul, el hexágono corresponde a la acequia Sevilla Chica y el cuadrado a la acequia Los Cruces. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

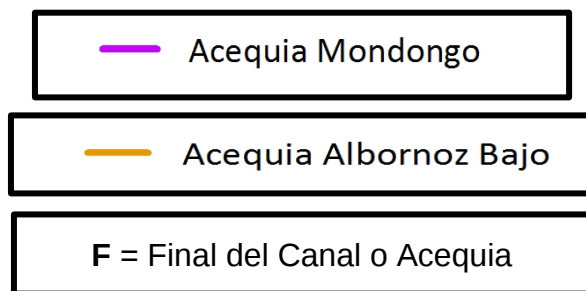
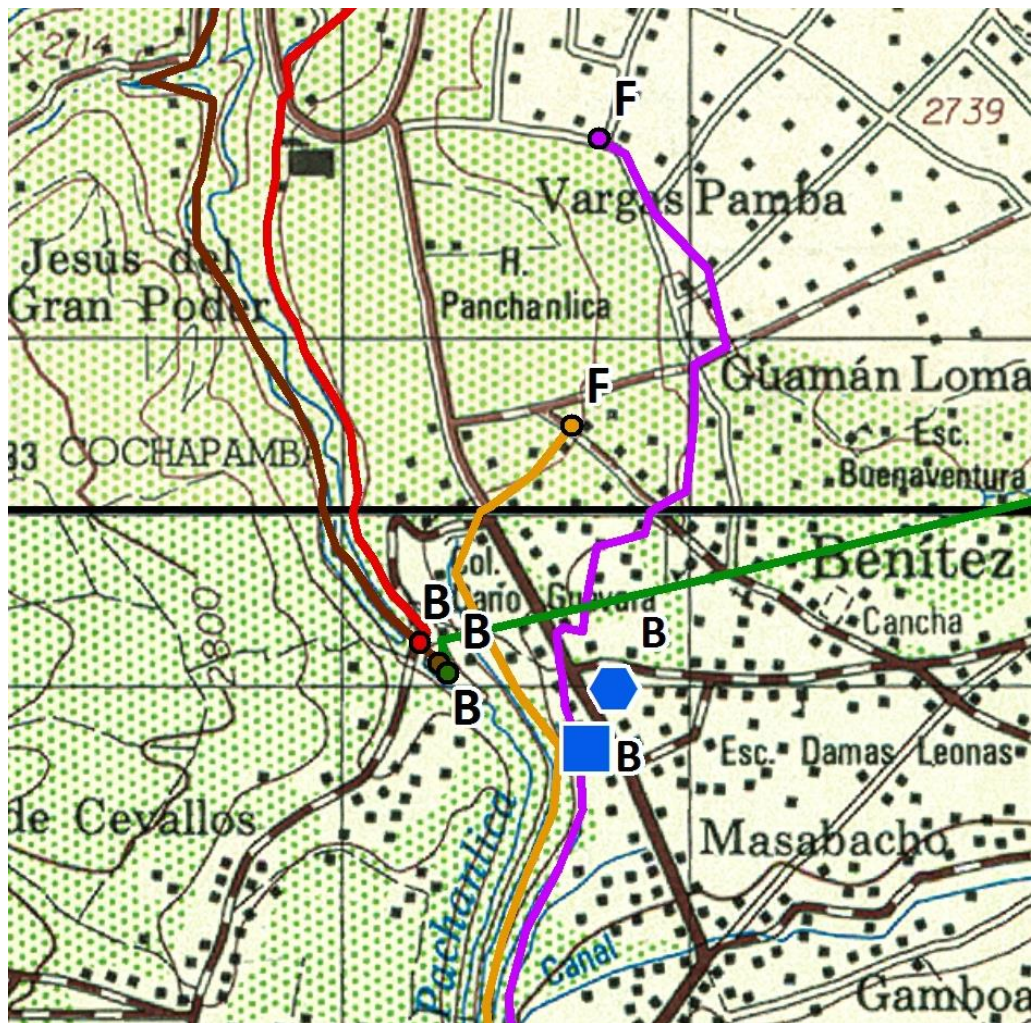


Figura 5. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales Mondongo y Albornoz Baja del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de la acequia Mondongo en color lila y Albornoz Baja en anaranjado. La F representa el final de las acequias y corresponde a los puntos de colección de las muestras de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

En la parroquia Pelileo se muestreó 3 acequias o canales: Mocha Quero Ladrillos (Norte: 9°849.763 y Este: 774.003) ubicada en el sector Quichibana Alto a una altura de 2.773 msnm (Figura 6), La Torre (Norte: 9°857.205 y Este: 770.086) y Las Brevas (Norte: 9°856.967 y Este: 769.956) localizadas en Sector Huasimpamba a una altura de 2.492 msnm y 2.502 msnm respectivamente (Figura 7).

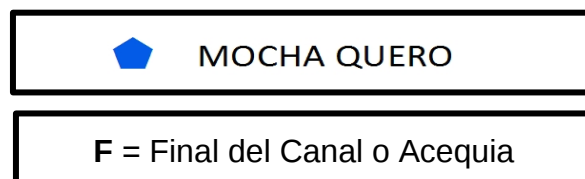
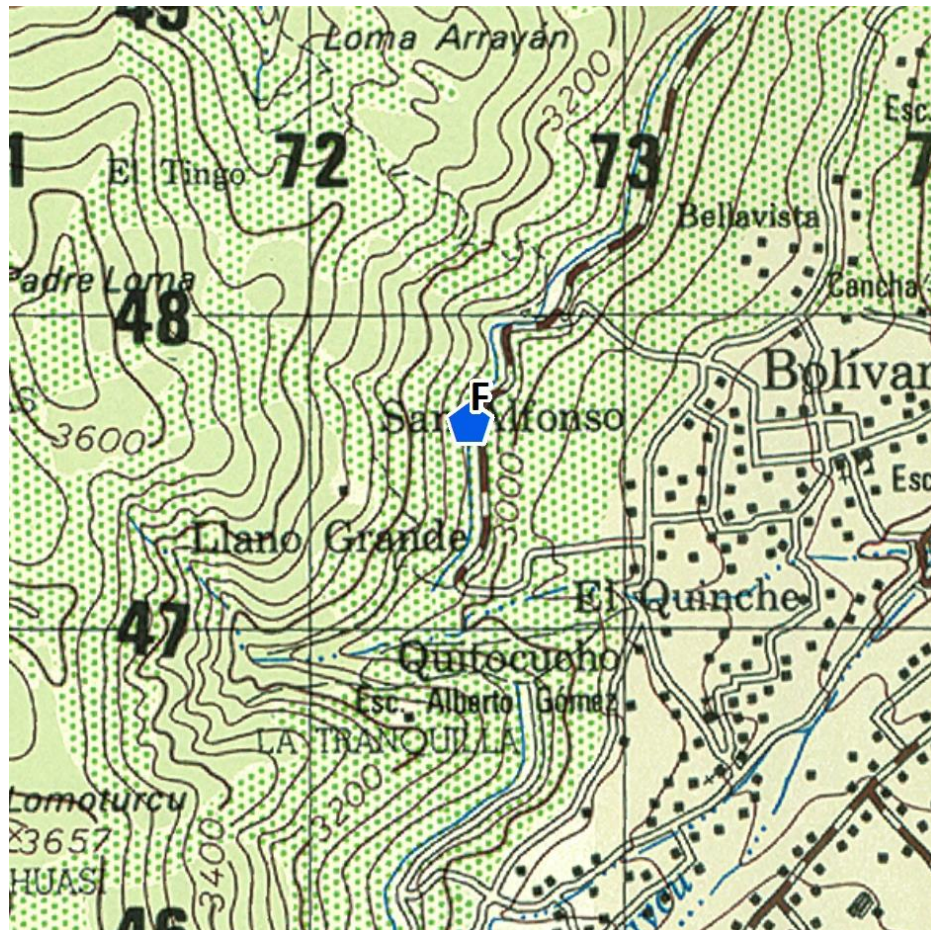


Figura 6. Mapa del punto de colección de la acequia o canal Mocha Quero Ladrillos del cantón Pelileo. En el mapa F corresponde al punto de colección de la muestra de agua. El punto de colección está representado por un pentágono de color azul. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

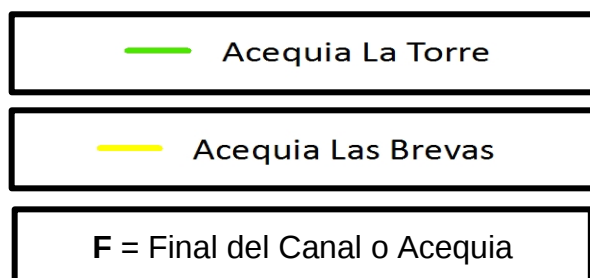
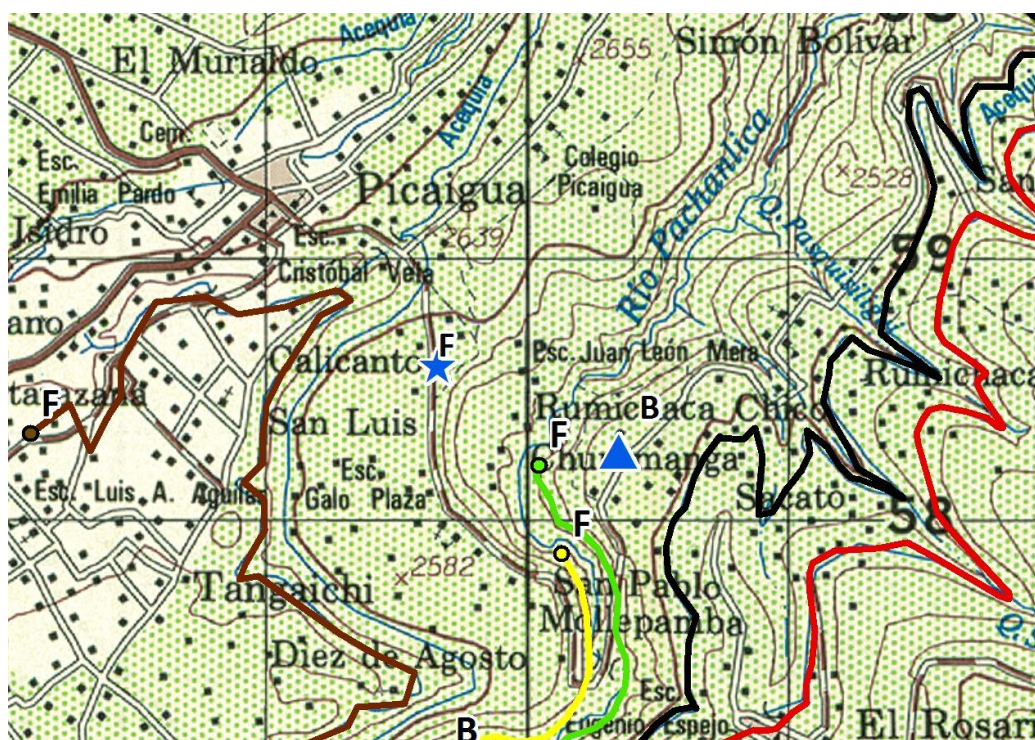


Figura 7. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales La Torre y Las Brevas del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de las acequias en color verde claro la acequia La Torre y en amarillo la acequia Las Brevas. Los puntos rotulados con la letra F corresponden a los puntos de colección de las muestras de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

En la parroquia García Moreno, sector La Libertad se muestreó la acequia o canal Porvenir o García Moreno (Norte: 9°855.570 y Este: 772.449) a una altura de 2.675 msnm (Figura 8).

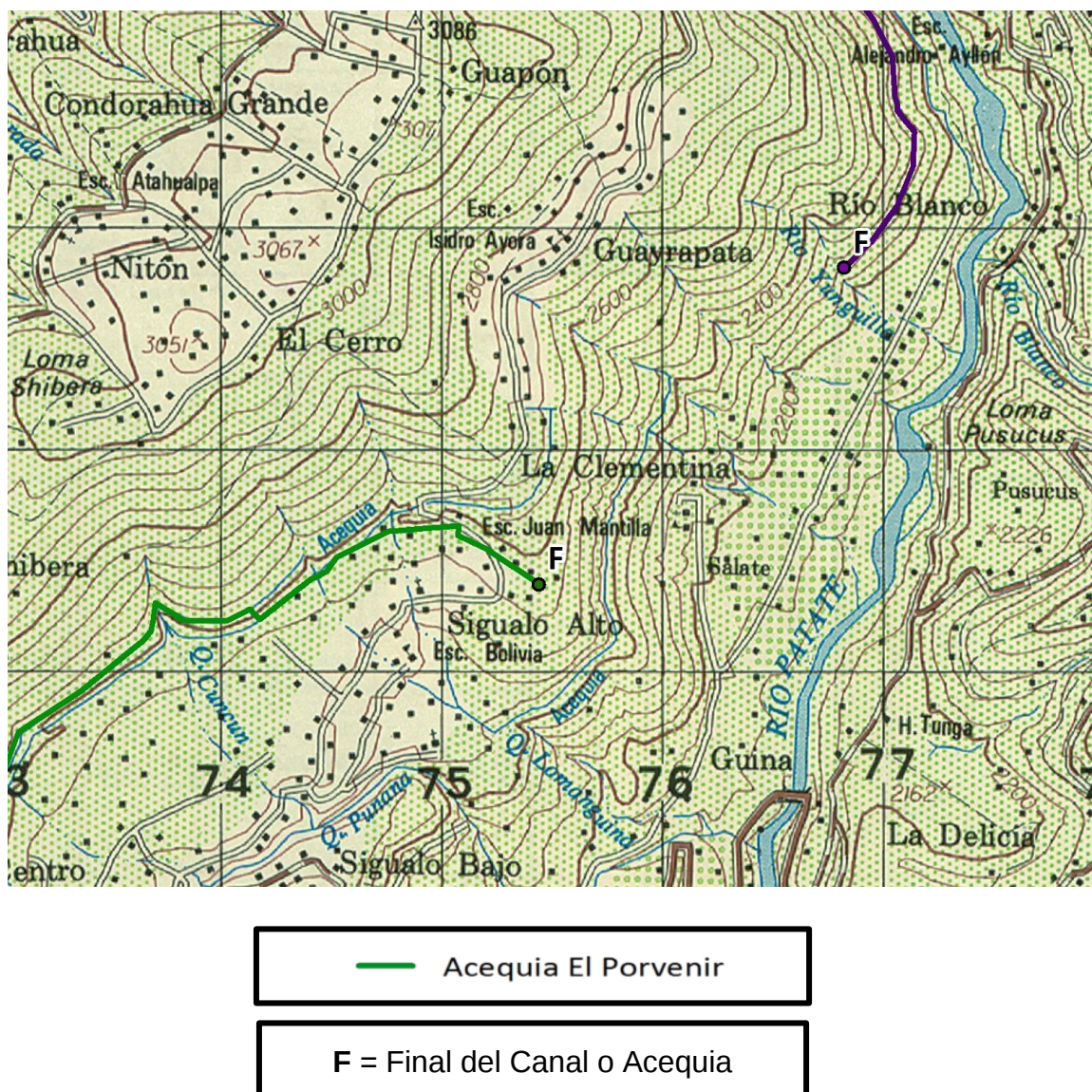


Figura 8. Mapa del punto de colección de la acequia o canal El Porvenir o García Moreno del cantón Pelileo. En el mapa se indica parte del recorrido de la acequia en color verde oscuro, F corresponde al punto de colección de la muestra de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

En el cantón Ambato, parroquia de Picaihua se muestreó 2 acequias o canales. La Victoria (Norte: 9'856.699 y Este: 768.850) y Troya Guasinga o Troya Huasinga (Norte: 9'856.397 y Este: 768.896) ubicadas en el sector Huasinga Chico a una altura de 2.667 msnm y 2.611 msnm respectivamente (Figura 9).

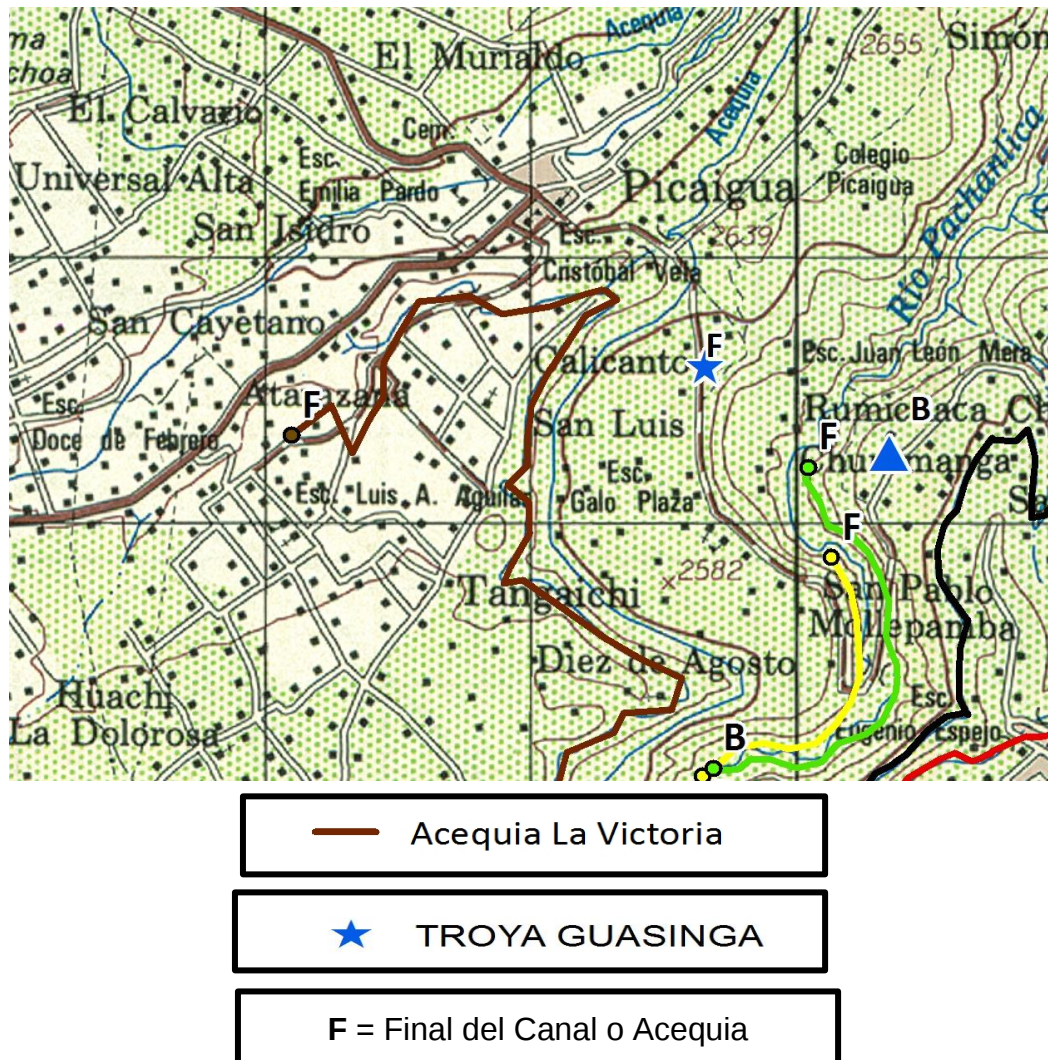


Figura 9. Mapa de los puntos de colección de las acequias o canales La Victoria y Troya Huasinga o Troya Guasinga del cantón Ambato. En el mapa se indica parte del recorrido de acequia La Victoria. La estrella de color azul representa a la acequia Troya Guasinga. Los puntos rotulados con la letra F corresponden a los puntos de colección de las muestras de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

En el cantón Cevallos, parroquia Cevallos se muestreó la acequia o canal Mocha Huachi (Norte: 9'851.982 y Este: 763.179) que se encuentra a una altura de 2.985 msnm (Figura 10).

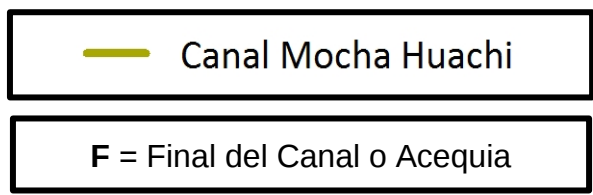
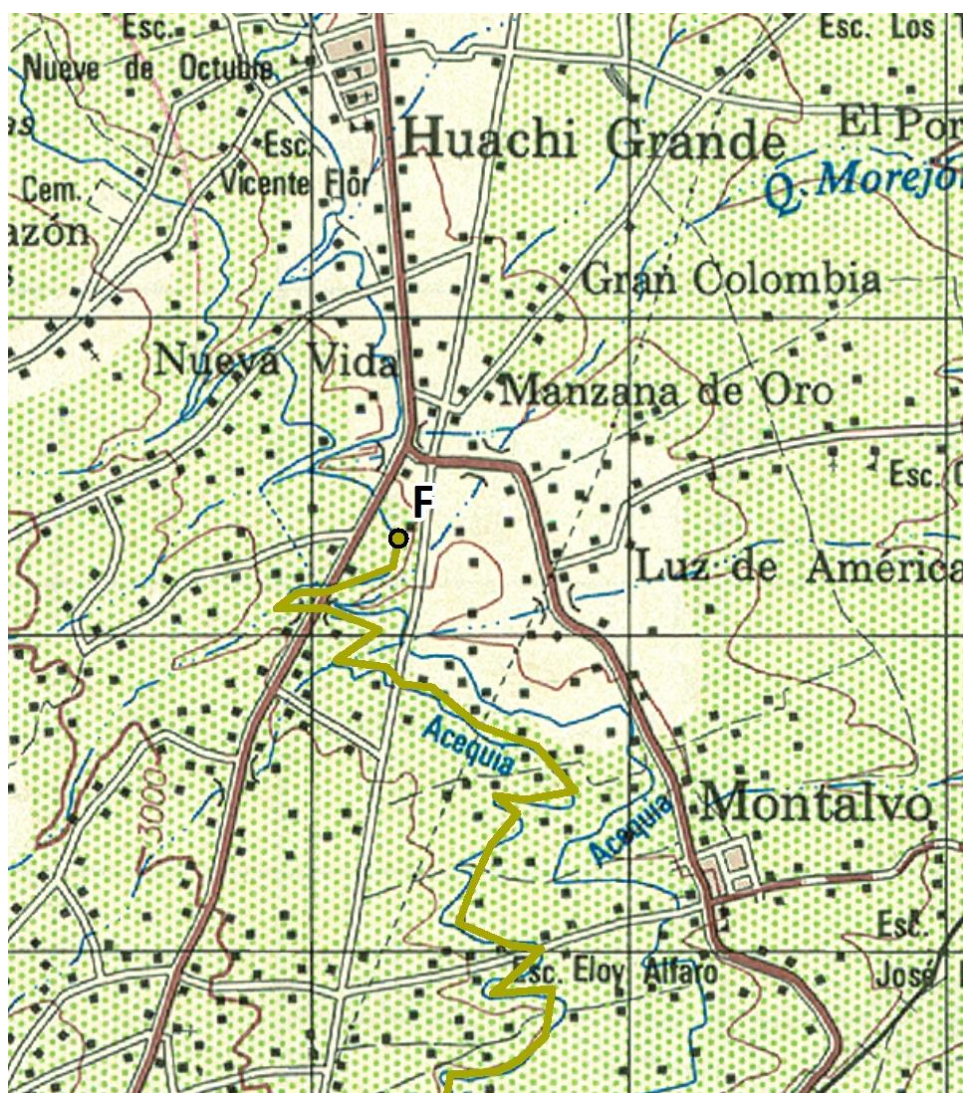


Figura 10. Mapa del punto de colección de la acequia o canal Mocha Huachi del cantón Cevallos. En el mapa se indica parte del recorrido de la acequia Mocha Huachi en color verde y F corresponde al punto de colección de la muestra de agua. El mapa fue obtenido del Instituto Geográfico Militar (IGM) y fue elaborado por Ing. Juan Carlos Mena de Geoinformación Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT).

3.2.2. Recolección de muestras

Las muestras de agua de riego fueron tomadas de forma intencional, es decir se colectaron al final del recorrido de las 16 acequias o canales seleccionados de acuerdo al documento emitido por el SENAGUA Centro Zonal Ambato en octubre del 2013 (Anexo 2).

La recolección de muestras se realizó de acuerdo a los procedimientos reportados por Segrega (1990), INEN (1983 y 1998), Mestanza (2006) y Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2011). En la toma de muestras se utilizó Equipos de Protección Individual (EPIs) como mono o mandil, guantes, mascarilla para evitar cualquier tipo de contaminación.

Las muestras fueron recolectadas en envases plásticos nuevos con tapa, se utilizó un envase por muestra. Se tomó alrededor de 1.000 mL de agua de riego, cantidad suficiente de muestra para realizar todas las pruebas pertinentes. Para la toma de muestra, primero se enjuagó el envase con la misma agua que se muestreó (Figura 11).



Figura 11. Enjuague de la botella con la misma agua de la acequia o canal

A continuación se tomó la muestra de agua que está en movimiento a aproximadamente 5 o 10 cm de profundidad (Figura 12).



Figura 12. Toma de muestra

El envase no fue llenado completamente, se tapó y etiquetó adecuadamente con la siguiente información: N° de muestra, fuente, fecha y hora de muestreo (Figura 13).



Figura 13. Rotulación de la muestra

Una vez colectada la muestra, esta fue colocada en un *cooler* con pilas refrigerantes (Figura 14). Las muestras fueron trasladadas inmediatamente (menos de 24 horas) al laboratorio 2 de la Carrera de Microbiología de la Escuela de Bioanálisis de la PUCE.



Figura 14. Transporte de las muestras con pilas refrigerantes

Llegada la muestra se realizó un registro de los datos obtenidos durante la recolección de la misma y se evaluó características físicas (Anexo 3). Posteriormente, se procedió a realizar el análisis lo más pronto posible.

3.2.3. Control de calidad

Para asegurar la eficiencia de los ensayos de laboratorio se llevó a cabo un control de calidad de los procesos, los cuales se especifican a continuación.

3.2.3.1. Control de calidad de los equipos y de la esterilización del material

Para evitar cualquier variación de temperatura en los equipos se chequeó y registró diariamente que la temperatura tanto de la incubadora como de la refrigeradora se mantenga a una temperatura estable de 35°C y 2 - 8°C respectivamente (Anexo 4).

Para el control de contaminación de la incubadora, en su interior se colocó una caja Petri con medio TSA abierta y se la expuso por 10 minutos (Preparación del medio – Anexo 5a). La caja Petri fue incubada a 35°C por 24 horas y se reportó los resultados. En caso de que se haya reportado crecimiento en el medio TSA, se hubiese procedido a limpiar el interior de la incubadora con tego.

Para verificar que el proceso de esterilidad fuera el adecuado se colocó cinta de control de esterilidad a todo material y medios de cultivo que se autoclavó.

3.2.3.2. Control de calidad del agua de plata, medios y desinfectante

Para verificar la esterilidad del agua de plata se sembró la misma en medio TSA y se incubó durante 24 horas a 35°C (Anexos 6a y 6b). Adicionalmente, la empresa Argentum proporcionó un documento para certificar que las aguas de plata tuvieran las concentraciones solicitadas de 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm (Anexo 7). Para comprobar la eficiencia del desinfectante utilizado se realizó una siembra del mismo en medio TSA y se incubó durante 24 horas a 35°C (Anexo 6c). Para verificar la esterilidad del medio TSA se incubó durante 24 horas a 35°C una caja Petri con el medio sin sembrar (Anexo 6d). Finalmente, para verificar la esterilidad del agua peptonada al 0,1% (Preparación – Anexo 5b), se inoculó 1 mL de la misma en cada una de las placas Petrifilm (mesófilos aerobios, coliformes totales/*E. coli* y enterobacterias) y se incubó 48 horas $\pm$ 3 horas a 35 °C $\pm$ 1 °C para mesófilos aerobios, a 35°C $\pm$ 1°C entre 24 y 48 $\pm$ 2 horas para coliformes totales/*E. coli* y a 35°C $\pm$ 1°C entre 24 $\pm$ 2 horas para enterobacterias (Anexos 6e y 6f). Transcurrido el tiempo de incubación, se realizó el reporte respectivo. En el Anexo 8 se indica los resultados de los controles.

3.2.4. Procedimiento pre - ensayo

Todos los procedimientos de laboratorio se realizaron con los EPIs adecuados usando mandil, guantes y mascarilla (Anexo 9). Antes de realizar los ensayos de laboratorio se llevó a cabo procedimientos de limpieza y desinfección del sitio de trabajo con cloro al 1%, organización de material, verificación del buen estado de los equipos y control de temperatura tanto de la incubadora como de la refrigeradora.

3.2.5. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua de riego

Para el análisis de la carga bacteriana, se inoculó las placas Petrifilm con la muestra pura y las diluciones de la misma.

3.2.5.1. Preparación de las diluciones

Para preparar las diluciones se tomó 10 mL de agua de acequia y se la colocó en un frasco de vidrio con 90 mL de agua peptonada estéril al 0,1%, esto constituye la dilución 10^{-1} . Para realizar la dilución 10^{-2} , se tomó 1 mL de la dilución 10^{-1} y se colocó en un tubo de vidrio tapa rosca con 9 mL de agua peptonada estéril al 0,1%. Finalmente, para preparar la dilución 10^{-3} , se tomó 1 mL de la dilución 10^{-2} y se depositó en un tubo de vidrio tapa rosca con 9 mL de agua peptonada al 0,1%.

3.2.5.2. Siembra de la muestra y sus diluciones

Las placas Petrifilm para mesófilos aerobios, coliformes totales/*E. coli* y enterobacterias fueron rotuladas con el código de la muestra pura y de las diluciones correspondientes (Anexo 10), así como el resto del material (Anexo 11a). Primero, las muestras fueron homogenizadas mediante inversión (Anexo 11b). Una vez homogenizada se tomó 1 mL de agua tanto de la muestra pura como de cada una de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) y fueron inoculadas en cada placa Petrifilm (Anexo 11c). Las placas se incubaron por 48 horas $\pm$ 3 horas a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para mesófilos aerobios, a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ entre 24 y 48 ± 2 horas para coliformes totales/*E. coli* y a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ entre 24 ± 2 horas para enterobacterias (Anexo 11d). Transcurrido el tiempo de incubación se procedió al recuento y reporte de cada una de las placas (Anexo 11e). De esta forma fue establecida la carga bacteriana, la misma que se reporta como unidades formadoras de colonias (UFC).

El proceso de inoculación en las placas Petrifilm, así como los tiempos de incubación y los rangos de lectura, se realizó de acuerdo con las fichas de 3M para mesófilos aerobios, coliformes totales/ *E. coli* y enterobacterias (3M, 2003; 3M, 2004; 3M, 2005; 3M, s.f.b).

3.2.6. Análisis de la acción microbicida del agua de plata

Para el análisis de la acción microbicida del agua de plata, los ensayos de laboratorio se fundamentaron en la prueba de concentración mínima inhibitoria (CMI) y la prueba de suspensión de desinfectantes con ciertas modificaciones. La prueba de suspensión de desinfectantes “consiste en agregar un número conocido de microorganismos en suspensión a una solución de desinfectante a la concentración requerida y determinar el número de sobrevivientes después de los intervalos de tiempo dados” (International Dairy Federation, 1962 citado por Harrigan, 1998, p.23).

3.2.6.1. Aplicación del agua de plata a las muestras de agua de riego

Para la muestra pura, en un frasco estéril se colocó 50 mL de agua de plata a una concentración de 4 ppm previamente homogenizada (Anexos 12a y 12b) y 50 mL de la muestra de agua de acequia (Anexo 12c). El agua de plata con el agua de acequia fue mezclada por inversión y se la dejó en reposo en tres tiempos diferentes, 15, 30 y 60 minutos que constituyen los tiempos de contacto. El mismo procedimiento se realizó con agua de plata a las concentraciones de 10 ppm y 15 ppm.

Para las diluciones de la muestra, se preparó tres frascos de orina estériles y se colocó 5 mL de agua de plata a una concentración de 4 ppm previamente homogenizada (Anexo 12d) y 5 mL de las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} de muestra respectivamente (Anexo 12e), se mezcló realizando movimientos circulares moderados y se dejó en reposo 15, 30 y 60 minutos que son los tiempos de contacto. El mismo procedimiento se realizó con agua de plata a las concentraciones de 10 ppm y 15 ppm.

3.2.6.2. Siembra de la muestra y sus diluciones con agua de plata

Las placas Petrifilm para mesófilos aerobios, coliformes totales/*E.coli* y Enterobacterias fueron rotuladas adecuadamente (Anexo 10). Las muestras con el agua de plata tanto de la muestra pura como de las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) se inocularon en las placas Petrifilm de acuerdo al tiempo de contacto (15, 30 y 60 minutos) (Anexo 12f). Las placas se incubaron por 48 horas $\pm$ 3 horas a 35 °C $\pm$ 1 °C para mesófilos aerobios, a 35°C $\pm$ 1°C entre 24 y 48 $\pm$ 2 horas para coliformes totales/*E. coli* y a 35°C $\pm$

1°C entre 24 ± 2 horas para enterobacterias (Anexo 12g). Una vez que el tiempo de incubación finalizó, se realizó el recuento y reporte de cada una de las placas para determinar la disminución de la carga microbiana por acción del agua de plata (Anexo 12h). La acción microbicida del agua de plata se determinó por el número de unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en cada placa Petrifilm.

El proceso de inoculación en las placas Petrifilm, así como los tiempos de incubación y los rangos de lectura, se realizó de acuerdo con las fichas de 3M para mesófilos aerobios, coliformes totales/ *E. coli* y enterobacterias (3M, 2003; 3M, 2004; 3M, 2005; 3M, s.f.b).

3.2.7. Procedimiento post – ensayo

Terminados los ensayos diarios y la lectura de resultados, el material de vidrio se colocó en pipetores para su posterior lavado y esterilización. Las placas Petrifilm fueron autoclavadas y desechadas en funda roja con la identificación característica por el personal de apoyo encargado. Todo el material entregado al personal de apoyo se registró en un formulario (Anexos 13).

3.3. Análisis estadístico

En el presente estudio se utilizó un diseño experimental multifactorial. Para el análisis de los datos se aplicó la prueba de análisis de varianza multifactorial (ANOVA multifactorial), la cual permite estudiar la relación que puede o no existir entre una variable respuesta o variable dependiente y ciertos factores que pueden ser dos o más (StatPoint, Inc., 2006; Alcázar, s.f.). Se empleó el programa STATGRAPHICS Centurion (StatPoint Technologies, Inc., 2005). Dentro del estudio se realizó un análisis general de los datos y se vio la distribución de los mismos. Las variables analizadas fueron la variable dependiente que es la capacidad inhibitoria del agua de plata y las variables independientes como las diferentes concentraciones de agua de plata y los tiempos de contacto.

Es importante mencionar que para que fuera posible hacer el análisis estadístico, todos los recuentos realizados en el estudio fueron expresados en números enteros.

Además, se reemplazó los valores de MNPC (Muy Numeroso Para Contar); sumándole un valor de 100 al conteo más alto de esa columna.

4. RESULTADOS

En el presente estudio se recolectó y se analizó 16 muestras de agua provenientes de 16 acequias o canales de la provincia de Tungurahua las mismas que fueron enfrentadas con diferentes concentraciones de agua de plata y con tres tiempos de contacto. Con el fin de evaluar la inhibición en mayor o menor grado de la cantidad de indicadores presentes en las muestras.

4.1. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua pura sin tratamiento

Para el análisis de la carga bacteriana se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y enterobacterias. Como resultado se obtuvo que la acequia Albornoz Naranjo presentó recuentos muy elevados en los cuatro indicadores analizados. Por otro lado, la acequia Mocha Quero Ladrillos presentó el valor más bajo de mesófilos aerobios, la acequia Albornoz Baja presentó el valor más bajo de coliformes totales, la acequia Pachanlica y La Victoria presentaron los valores más bajos de *E. coli*; además esta última acequia mencionada presentó un valor bajo de enterobacterias (Tabla 1).

Tabla 1. Contajes de bacterias indicadoras en muestras de agua pura sin tratamiento. En la tabla se muestra el reporte microbiológico en donde el número de bacterias está expresado en UFC/mL. Es de utilidad aclarar que las siglas RES significan Recuento Estimado Estándar y las siglas MNPC significan Muy Numeroso Para Contar. Adicionalmente, la tabla muestra el reporte en números enteros utilizado en el análisis estadístico.

N.-	Acequia o canal	Código	Pura							
			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		Coliformes totales (UFC/mL)		<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)		Enterobacterias (UFC/mL)	
			Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros
1	Mocha Huachi	MH	RES 90 x 10 ¹	900	73	73	5	5	RES 20 x 10 ¹	200
2	Albornoz Naranjo	AN	MNPC	1.500	RES 80 x 10 ¹	800	RES 700 x 10 ¹	700	MNPC	320
3	Sevilla Chica	SC	MNPC	1.500	14 x 10 ¹	140	70	70	MNPC	320
4	Mondongo	MO	MNPC	1.500	57	57	19	19	RES 22 x 10 ¹	220
5	Albornoz Baja	AB	MNPC	1.500	15	15	4	4	MNPC	320
6	Los Cruces	LC	MNPC	1.500	RES 22 x 10 ¹	220	77	77	MNPC	320
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	RES 60 x 10 ¹	600	10 x 10 ¹	100	11	11	RES 12 x 10 ¹	120
8	La Victoria	V	RES 13 x 10 ²	1.300	21	21	3	3	90	90
9	San José	SJ	RES 14 x 10 ²	1.400	RES 38 x 10 ¹	380	72	72	MNPC	320
10	La Torre	LT	RES 14 x 10 ²	1.400	RES 26 x 10 ¹	260	106	106	MNPC	320
11	Pachanlica	P	RES 70 x 10 ¹	700	44	44	3	3	RES 16 X 10 ¹	160
12	San Miguel	SM	RES 13 x 10 ²	1.300	13 x 10 ¹	130	47	47	MNPC	320
13	Porvenir o García Moreno	GM	RES 88 x 10 ¹	880	32	32	10	10	RES 20 x 10 ¹	200
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	RES 14 x 10 ²	1.400	RES 22 x 10 ¹	220	53	53	MNPC	320
15	Las Brevas	LB	RES 12 x 10 ²	1.200	11 x 10 ¹	110	37	37	MNPC	320
16	Troya Huasinga	TH	MNPC	1.500	RES 32 x 10 ¹	320	118	118	MNPC	320

4.1.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento

En los resultados del análisis de los estadísticos descriptivos se muestra que los mesófilos aerobios se presentan en un intervalo de 600 y 1.500 UFC/mL, con un promedio de 1.255 UFC/mL y una desviación estándar de 309,19 UFC/mL que indica como están dispersos los datos de las muestras (Tabla 2). Además, el dato que más se repite está determinado por la moda, es decir, 1.500 UFC/mL (Figura 15). En los coliformes totales, los datos se encuentran en un intervalo de 15 y 800 UFC/mL con un promedio de 182,63 UFC/ml y una desviación estándar de 198,05 UFC/mL que indica como están dispersos los datos de las muestras (Tabla 2). Además, se presenta una moda de 220 UFC/mL (Figura 16). El análisis del recuento de *Escherichia coli* muestra que los datos se encuentran en un intervalo de 3 y 700 UFC/mL con un promedio de 83,44 UFC/mL, una desviación estándar de 168,68 UFC/mL que indica la dispersión de los datos (Tabla 2) y la moda que es 3 UFC/mL (Figura 17). Adicionalmente, existe un dato atípico que es 700 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo; este interviene en el cálculo del promedio, pues es mayor que la mediana (Figura 18). Finalmente, para el recuento de enterobacterias, los datos están en un intervalo de 90 y 320 UFC/mL, con un promedio de 261,88 UFC/ml y una desviación estándar de 82,96 UFC/mL que indica la dispersión de los datos (Tabla 2). Presenta una moda de 320 UFC/mL (Figura 19).

Tabla 2. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento

Bacterias indicadoras	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	Enterobacterias
<i>Recuento</i>	16,00	16,00	16,00	16,00
<i>Promedio</i>	1.255,00	182,63	83,44	261,88
<i>Mediana</i>	1.400,00	120,00	42,00	320,00
<i>Moda</i>	1.500,00	220,00	3,00	320,00
<i>Varianza</i>	95.600,00	39.224,90	28.454,10	6.882,92
<i>Desviación estándar</i>	309,19	198,05	168,68	82,96
<i>Mínimo</i>	600,00	15,00	3,00	90,00
<i>Máximo</i>	1.500,00	800,00	700,00	320,00
<i>Rango</i>	900,00	785,00	697,00	230,00

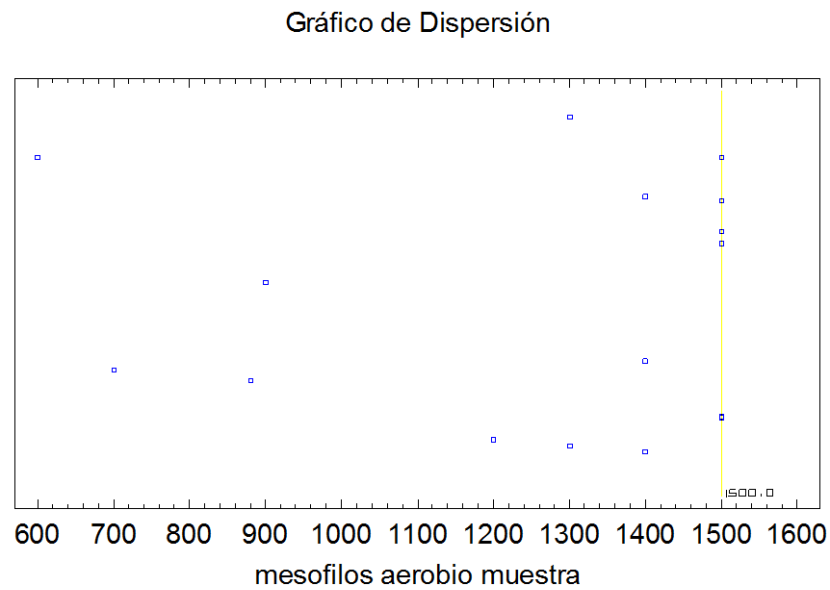


Figura 15. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

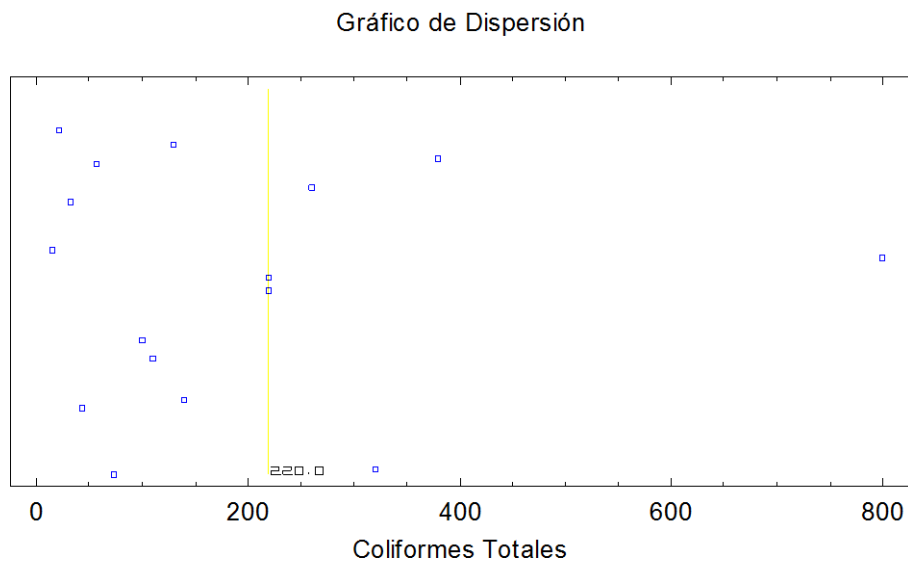


Figura 16. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua pura sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

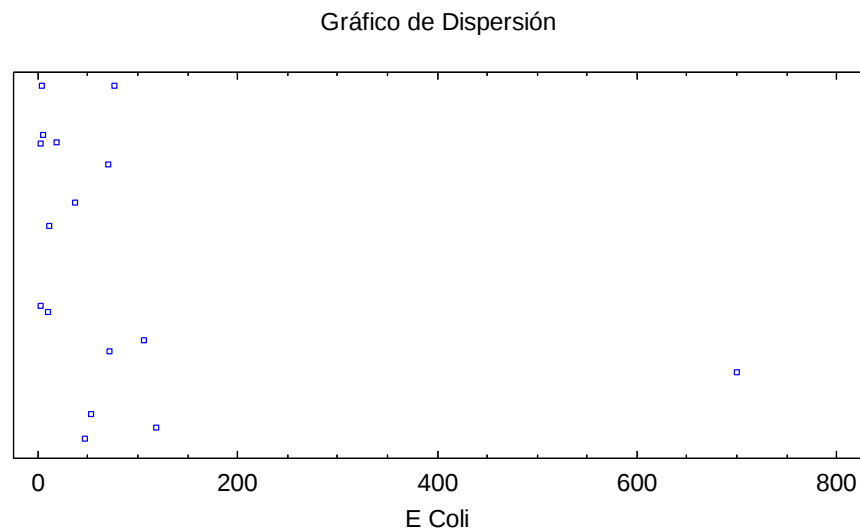


Figura 17. Gráfico de dispersión para *Escherichia coli* en las muestras de agua pura sin tratamiento. Los cuadros azules están acumulados en la sección izquierda del gráfico, lo que muestra que la mayoría de datos se ubican en esos intervalos.

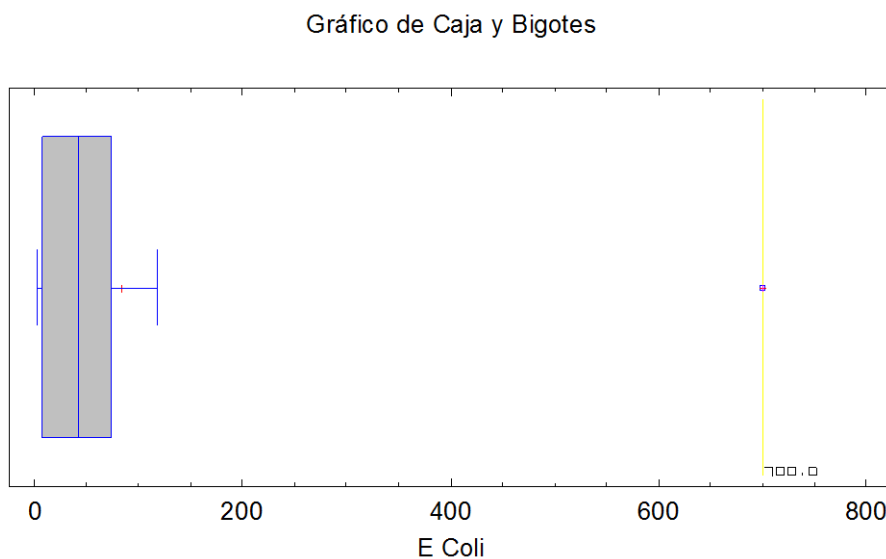


Figura 18. Gráfico de caja y bigotes para *Escherichia coli* en las muestras de agua pura sin tratamiento. Los datos están distribuidos entre el primer y tercer cuartil, que son el 25% y 75%. El segundo cuartil es la mediana de los datos que es 42. La línea amarilla muestra el dato atípico.

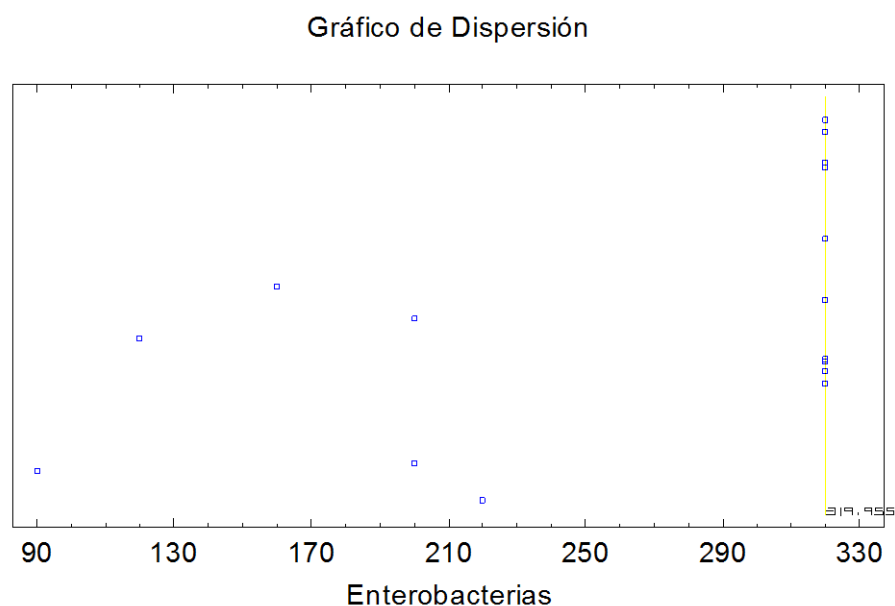


Figura 19. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua pura sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

4.1.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua pura sin tratamiento

En el grupo de mesófilos aerobios, el 56,25% de los datos se concentra en el último intervalo de 1.300 a 1.550, es decir un poco más de la mitad de los datos obtenidos están en el intervalo mencionado. En la frecuencia relativa acumulada, el 43,75% de los datos se encuentran entre los intervalos de 550 y 1.300; lo que abarca los tres primeros bloques de intervalos acumulados (Tabla 3). En el caso de los coliformes totales, el 75% de los datos se concentra en el primer intervalo de 0 a 242,5, es decir más de la mitad de los datos obtenidos están en el intervalo mencionado. En la frecuencia relativa acumulada, el 93,75% de los datos se encuentran entre los intervalos de 0 y 485; lo que abarca los dos primeros bloques de intervalos acumulados (Tabla 4). Para *Escherichia coli*, el 93,75% de los datos se encuentran en un intervalo entre 0 y 190 UFC/mL. Entre el intervalo 570 - 760, está el dato atípico que es 700 UFC/mL (Tabla 5). En el grupo de enterobacterias, el 62,50% de los datos se concentran en el cuarto intervalo de 300 a 400, es decir más de la mitad de los datos obtenidos están en el

intervalo mencionado. En la frecuencia relativa acumulada, el 37,50% de los datos se encuentran entre los intervalos de 0 y 300; lo que abarca los tres primeros bloques de intervalos acumulados (Tabla 6).

Tabla 3. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	550,0		0	0,0000	0	0,0000
1	550,0	800,0	675,0	2	0,1250	2	0,1250
2	800,0	1.050,0	925,0	2	0,1250	4	0,2500
3	1.050,0	1.300,0	1.175,0	3	0,1875	7	0,4375
4	1.300,0	1.550,0	1.425,0	9	0,5625	16	1,0000
	mayor de	1.550,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 4. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua pura sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	242,5	121,25	12	0,7500	12	0,7500
2	242,5	485,0	363,75	3	0,1875	15	0,9375
3	485,0	727,5	606,25	0	0,0000	15	0,9375
4	727,5	970,0	848,75	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	970,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 5. Frecuencias para *Escherichia coli* en las muestras de agua pura sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	190,0	95,0	15	0,9375	15	0,9375
2	190,0	380,0	285,0	0	0,0000	15	0,9375
3	380,0	570,0	475,0	0	0,0000	15	0,9375
4	570,0	760,0	665,0	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	760,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 6. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua pura sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	100,0	50,0	1	0,0625	1	0,0625
2	100,0	200,0	150,0	4	0,2500	5	0,3125
3	200,0	300,0	250,0	1	0,0625	6	0,3750
4	300,0	400,0	350,0	10	0,6250	16	1,0000
	mayor de	400,0		0	0,0000	16	1,0000

4.2. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

Para el análisis de la carga bacteriana en la dilución 10^{-1} de las muestras de agua se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y enterobacterias. Como resultado se obtuvo que la acequia La Torre presentó el valor más alto de mesófilos aerobios, mientras que, la acequia Albornoz Naranjo presentó los valores más elevados de coliformes totales, *E. coli* y enterobacterias (Tabla 7).

Tabla 7. Contajes de bacterias indicadoras en muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. En la tabla se muestra el reporte microbiológico en donde el número de bacterias está expresado en UFC/mL. Es de utilidad aclarar que las siglas RES significan Recuento Estimado Estándar y las siglas MNPC significan Muy Numeroso Para Contar. Adicionalmente, la tabla muestra el reporte en números enteros utilizado en el análisis estadístico.

N.-	Acequia o canal	Código	Dilución 10 ⁻¹							
			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		Coliformes totales (UFC/mL)		Escherichia coli (UFC/mL)		Enterobacterias (UFC/mL)	
			Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros
1	Mocha Huachi	MH	RES 34 x 10 ²	3.400	11 x 10 ¹	110	<10	0	44 x 10 ¹	440
2	Albornoz Naranjo	AN	RES 60 x 10 ²	6.000	15 x 10 ²	1.500	12 x 10 ²	1.200	MNPC	2.900
3	Sevilla Chica	SC	RES 46 x 10 ²	4.600	15 x 10 ¹	150	50	50	70 x 10 ¹	700
4	Mondongo	MO	RES 26 x 10 ²	2.600	30	30	10	10	36 x 10 ¹	360
5	Albornoz Baja	AB	RES 98 x 10 ²	9.800	95 x 10 ¹	950	90	90	RES 28 x 10 ²	2.800
6	Los Cruces	LC	RES 86 x 10 ²	8.600	72 x 10 ¹	720	10 x 10 ¹	100	RES 26 x 10 ²	2.600
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	20 x 10 ²	2.000	18 x 10 ¹	180	20	20	26 x 10 ¹	260
8	La Victoria	V	20 x 10 ²	2.000	20	20	<10	0	20 x 10 ¹	200
9	San José	SJ	RES 46 x 10 ²	4.600	88 x 10 ¹	880	50	50	RES 12 x 10 ²	1.200
10	La Torre	LT	RES 11 x 10 ³	11.000	43 x 10 ¹	430	13 x 10 ¹	130	RES 12 x 10 ²	1.200
11	Pachanlica	P	15 x 10 ²	1.500	<10	0	<10	0	28 x 10 ¹	280
12	San Miguel	SM	RES 98 x 10 ²	9.800	18 x 10 ¹	180	40	40	59 x 10 ¹	590
13	Porvenir o García Moreno	GM	20 x 10 ²	2.000	30	30	10	10	23 x 10 ¹	230
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	RES 82 x 10 ²	8.200	30 x 10 ¹	300	30	30	10 x 10 ²	1000
15	Las Brevas	LB	RES 64 x 10 ²	6.400	20 x 10 ¹	200	20	20	78 x 10 ¹	780
16	Troya Huasinga	TH	RES 10 x 10 ³	10.000	52 x 10 ¹	520	17 x 10 ¹	170	RES 14 x 10 ²	1.400

4.2.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

En los resultados del análisis de los estadísticos descriptivos se muestra que los mesófilos aerobios se presentan en un intervalo de 1.500 y 11.000 UFC/mL, con un promedio de 5.781,25 UFC/mL y una desviación estándar de 3.379,98 UFC/mL que muestra la dispersión de los datos (Tabla 8). Además, el dato que más se repite es 2.000 UFC/mL, el cual está determinado por la moda (Figura 20). En lo que respecta a coliformes totales, los datos se encuentran entre un valor mínimo 0 y un valor máximo de 1.500 UFC/mL, con un promedio de 387,50 UFC/mL y una desviación estándar de 426,59 UFC/mL que muestra la dispersión de los datos (Tabla 8). En este caso no existe moda puesto que ningún dato se repite (Figura 21). El análisis del recuento de *Escherichia coli* muestra que los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 1.200 UFC/mL con un promedio de 120 UFC/mL y una desviación estándar de 292,35 UFC/mL que indica como están dispersos los datos en la muestra (Tabla 8). Además, la moda presenta un valor de 0 UFC/mL (Figura 22). Por otra parte, existe un punto atípico que es 1.200 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo, el cual explica que el promedio sea aproximadamente 4 veces la mediana (Figura 23). Por último, en el grupo de enterobacterias los datos se encuentran en un intervalo de 200 y 2.900 UFC/mL con un promedio de 1.058,75 UFC/mL y una desviación estándar de 928,20 UFC/mL que muestra la dispersión de los datos (Tabla 8). Además, el dato que más se repite en la muestra está determinado por la moda que es 1.200 UFC/mL (Figura 24).

Tabla 8. Resumen estadístico para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

Bacterias indicadoras	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	Enterobacterias
<i>Recuento</i>	16,00	16,00	16,00	16,00
<i>Promedio</i>	5.781,25	387,50	120,00	1.058,75
<i>Mediana</i>	5.300,00	190,00	35,00	740,00
<i>Moda</i>	2.000,00		0,00	1.200,00
<i>Varianza</i>	11.424.264,80	181.980,00	85.466,70	861.558
<i>Desviación estándar</i>	3.379,98	426,59	292,35	928,20
<i>Mínimo</i>	1.500,00	0,00	0,00	200,00
<i>Máximo</i>	11.000,00	1.500,00	1.200,00	2.900,00
<i>Rango</i>	9.500,00	1.500,00	1.200,00	2.700,00

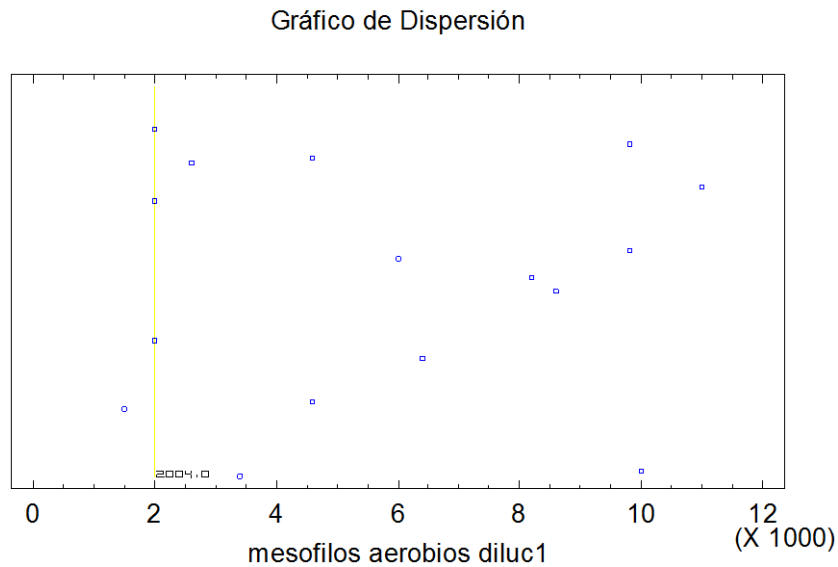


Figura 20. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

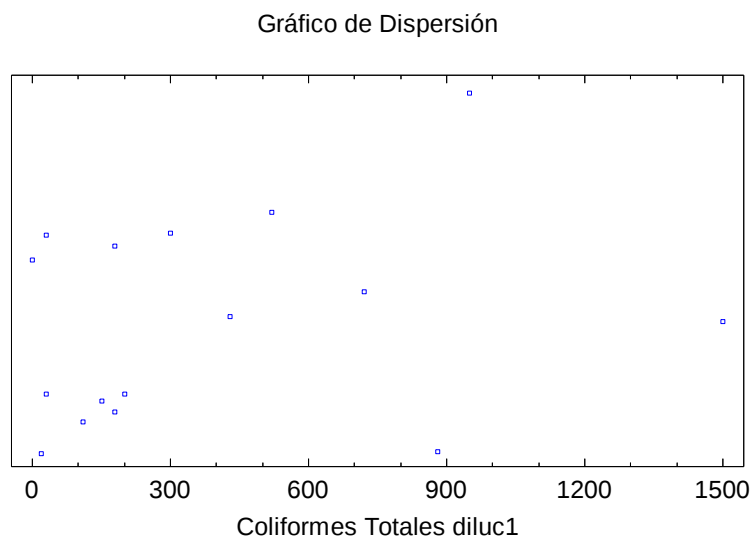


Figura 21. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además ningún dato se repite.

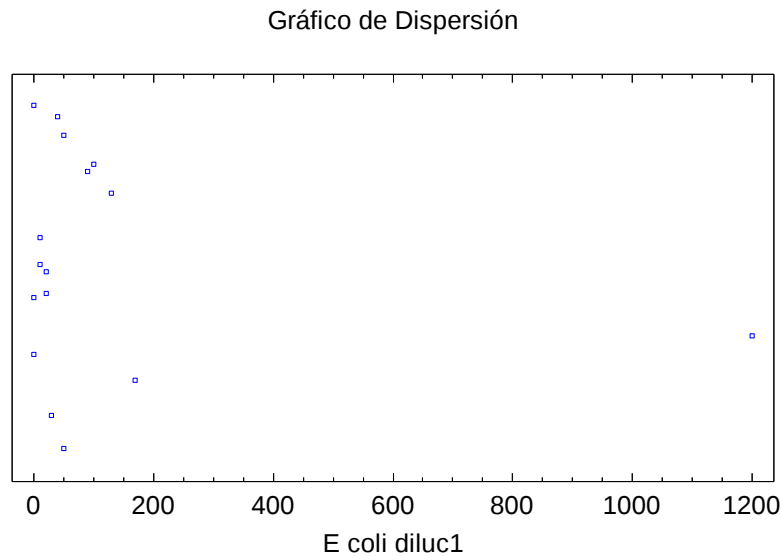


Figura 22. Gráfico de dispersión para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. Los cuadros azules están acumulados en la sección izquierda del gráfico, lo que muestra que la mayoría de datos se ubican en esos intervalos.

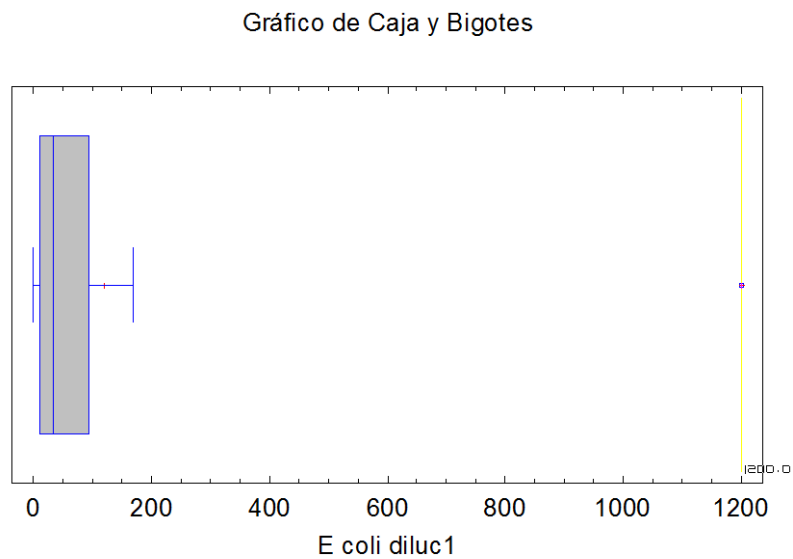


Figura 23. Gráfico de caja y bigotes para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. Los datos están distribuidos entre el primer y tercer cuartil, que son el 25% y 75%. El segundo cuartil es la mediana de los datos que es 35. La línea amarilla muestra el dato atípico.

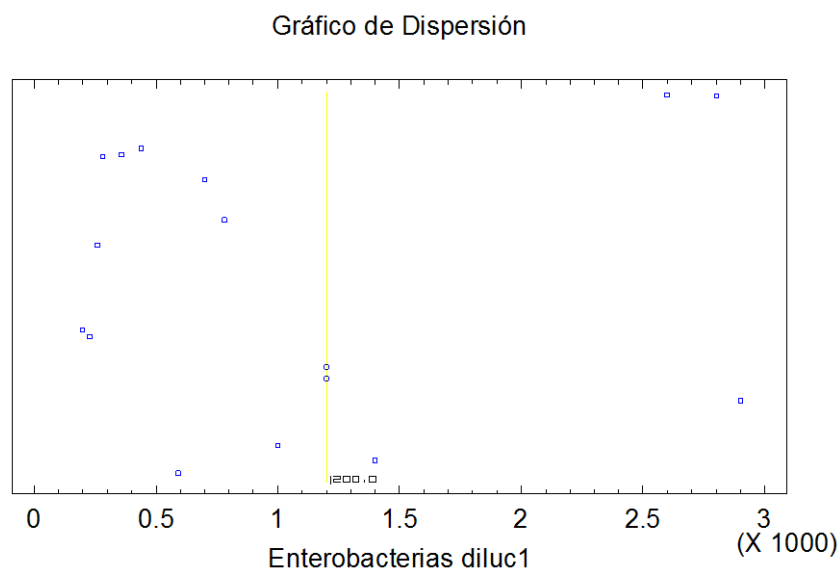


Figura 24. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

4.2.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

En el grupo de mesófilos aerobios, el primer bloque es donde se encuentran la mayoría de los datos, pues la frecuencia relativa en el intervalo de 0 a 3.000 UFC/mL representa el 31,25% de los datos (Tabla 9). Para el caso de coliformes fecales, el 56,25% de los datos se concentra en el intervalo de 0 y 425 UFC/mL. Como se puede observar en la frecuencia relativa acumulada, el 93,75% de los datos se encuentran entre los intervalos de 0 y 1.275 (Tabla 10). En *Escherichia coli*, en el intervalo de 0 a 350 se encuentra el 75% de los datos, es decir 12 datos de los 16 datos totales. Como se puede observar en la frecuencia relativa acumulada, el 93,75% de los datos están presentes en el intervalo de 0 a 350 (Tabla 11). Para el grupo de enterobacterias, el 62,50% de los datos se encuentra en el primer intervalo que es de 0 a 1.000. En la frecuencia relativa acumulada, el 81,25% de los datos están entre los intervalos 0 y 2.000; lo que abarca los dos primeros bloques de datos (Tabla 12).

Tabla 9. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	3.000,0	1.500,0	5	0,3125	5	0,3125
2	3.000,0	6.000,0	4.500,0	4	0,2500	9	0,5625
3	6.000,0	9.000,0	7.500,0	3	0,1875	12	0,7500
4	9.000,0	12.000,0	10.500,0	4	0,2500	16	1,0000
	mayor de	12.000,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 10. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		1	0,0625	1	0,0625
1	0,0	425,0	212,5	9	0,5625	10	0,6250
2	425,0	850,0	637,5	3	0,1875	13	0,8125
3	850,0	1.275,0	1.062,5	2	0,1250	15	0,9375
4	1.275,0	1.700,0	1.487,5	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	1.700,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 11. Frecuencias para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		3	0,1875	3	0,1875
1	0,0	350,0	175,0	12	0,7500	15	0,9375
2	350,0	700,0	525,0	0	0,0000	15	0,9375
3	700,0	1.050,0	875,0	0	0,0000	15	0,9375
4	1.050,0	1.400,0	1.225,0	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	1.400,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 12. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	1.000,0	500,0	10	0,6250	10	0,6250
2	1.000,0	2.000,0	1.500,0	3	0,1875	13	0,8125
3	2.000,0	3.000,0	2.500,0	3	0,1875	16	1,0000
4	3.000,0	4.000,0	3.500,0	0	0,0000	16	1,0000
	mayor de	4.000,0		0	0,0000	16	1,0000

4.3. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

Para el análisis de la carga bacteriana en la dilución 10^{-2} de las muestras de agua se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y enterobacterias. Como resultado se obtuvo que la acequia Albornoz Baja presentó los valores más altos de mesófilos aerobios y enterobacterias, mientras que, la acequia Albornoz Naranjo presentó valores elevados de coliformes totales y *E. coli* (Tabla 13).

Tabla 13. Contajes de bacterias indicadoras de las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. En la tabla se muestra el reporte microbiológico en donde el número de bacterias está expresado en UFC/mL. Es de utilidad aclarar que las siglas RES significan Recuento Estimado Estándar. Adicionalmente, la tabla muestra el reporte en números enteros utilizado en el análisis estadístico.

N.-	Acequia o canal	Código	Dilución 10 ⁻²							
			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		Coliformes totales (UFC/mL)		<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)		Enterobacterias (UFC/mL)	
			Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros
1	Mocha Huachi	MH	51 x 10 ²	5.100	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0	30 x 10 ¹	300
2	Albornoz Naranjo	AN	RES 26 x 10 ³	26.000	18 x 10 ²	1.800	10 x 10 ²	1.000	61 x 10 ²	6.100
3	Sevilla Chica	SC	87 x 10 ²	8.700	20 x 10 ¹	200	10 x 10 ¹	100	21 x 10 ²	2.100
4	Mondongo	MO	36 x 10 ²	3.600	10 x 10 ¹	100	<10 x 10 ¹	0	20 x 10 ¹	200
5	Albornoz Baja	AB	RES 40 x 10 ³	40.000	12 x 10 ²	1.200	<10 x 10 ¹	0	71 x 10 ²	7.100
6	Los Cruces	LC	17 x 10 ³	17.000	30 x 10 ¹	300	<10 x 10 ¹	0	43 x 10 ²	4.300
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	41 x 10 ²	4.100	20 x 10 ¹	200	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0
8	La Victoria	V	32 x 10 ²	3.200	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0
9	San José	SJ	16 X 10 ³	16.000	90 x 10 ¹	900	20 x 10 ¹	200	25 x 10 ²	2.500
10	La Torre	LT	RES 38 x 10 ³	38.000	40 x 10 ¹	400	<10 x 10 ¹	0	17 x 10 ²	1.700
11	Pachanlica	P	24 x 10 ²	2.400	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0	10 x 10 ¹	100
12	San Miguel	SM	16 x 10 ³	16.000	40 x 10 ¹	400	10 x 10 ¹	100	70 x 10 ¹	700
13	Porvenir o García Moreno	GM	14 x 10 ²	1.400	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0	40 x 10 ¹	400
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	13 x 10 ³	13.000	30 x 10 ¹	300	<10 x 10 ¹	0	15 x 10 ²	1.500
15	Las Brevas	LB	73 x 10 ²	7.300	<10 x 10 ¹	0	<10 x 10 ¹	0	40 x 10 ¹	400
16	Troya Huasinga	TH	25 x 10 ³	25.000	70 x 10 ¹	700	10 x 10 ¹	100	24 x 10 ²	2.400

4.3.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

En los resultados del análisis de los estadísticos descriptivos se muestra que los datos de los mesófilos aerobios están en un intervalo de 1.400 y 40.000 UFC/mL, con un promedio de 14.175 UFC/mL y una desviación estándar de 12.390,40 UFC/mL que muestra como están dispersos los datos (Tabla 14). Además, el dato que más se repite es 16.000 UFC/mL, el cual está determinado por la moda (Figura 25). En lo que respecta a coliformes totales, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 1.800 UFC/mL, con un promedio de 406,25 UFC/ml y una desviación estándar de 511,82 UFC/mL que indica la dispersión de los datos (Tabla 14). La moda presenta un valor de 0 UFC/mL (Figura 26). El análisis del recuento de *Escherichia coli* muestra que los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 1.000 UFC/mL, con un promedio de 93,75 UFC/ml y una desviación estándar de 248,91 UFC/mL que muestra como están dispersos los datos (Tabla 14). La moda presenta un valor de 0 UFC/mL (Figura 27). Por otra parte, hay un dato atípico que es 1.000 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo; este interviene en el cálculo del promedio (Figura 28). En el grupo de enterobacterias los datos se encuentran entre un valor mínimo de 0 UFC/mL y un valor máximo de 7.100 UFC/mL, con un promedio de 1.862,50 UFC/mL y una desviación estándar de 2.207,83 UFC/mL que muestra como están dispersos los datos (Tabla 14). En este caso no existe moda puesto que ningún dato se repite (Figura 29).

Tabla 14. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

Bacterias indicadoras	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	Enterobacterias
<i>Recuento</i>	16,00	16,00	16,00	16,00
<i>Promedio</i>	14.175,00	406,25	93,75	1.862,50
<i>Mediana</i>	10.850,00	250,00	0,00	1.100,00
<i>Moda</i>	16.000,00	0,00	0,00	
<i>Varianza</i>	153.522.012,20	261.958,00	61.958,30	4.874.513,31
<i>Desviación estándar</i>	12.390,40	511,82	248,91	2.207,83
<i>Mínimo</i>	1.400,00	0,00	0,00	0,00
<i>Máximo</i>	40.000,00	1.800,00	1.000,00	7.100,00
<i>Rango</i>	38.600,00	1.800,00	1.000,00	7.100,00

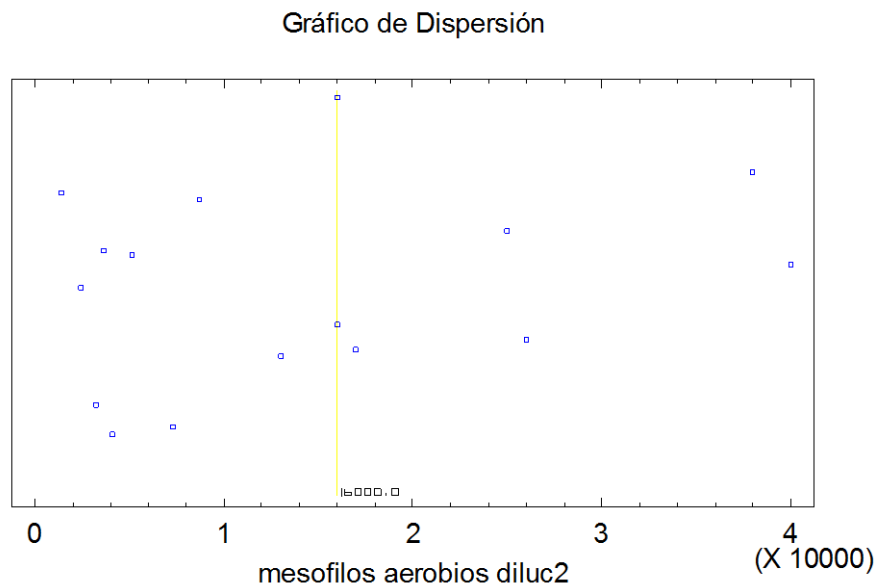


Figura 25. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

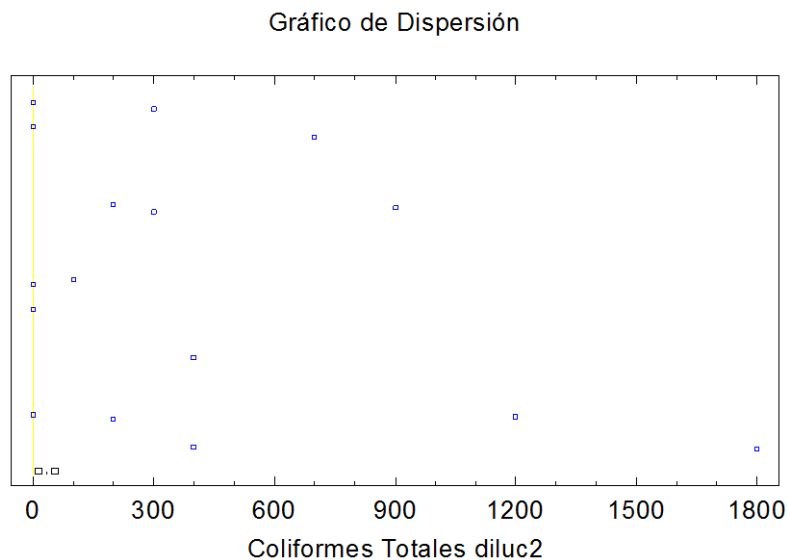


Figura 26. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

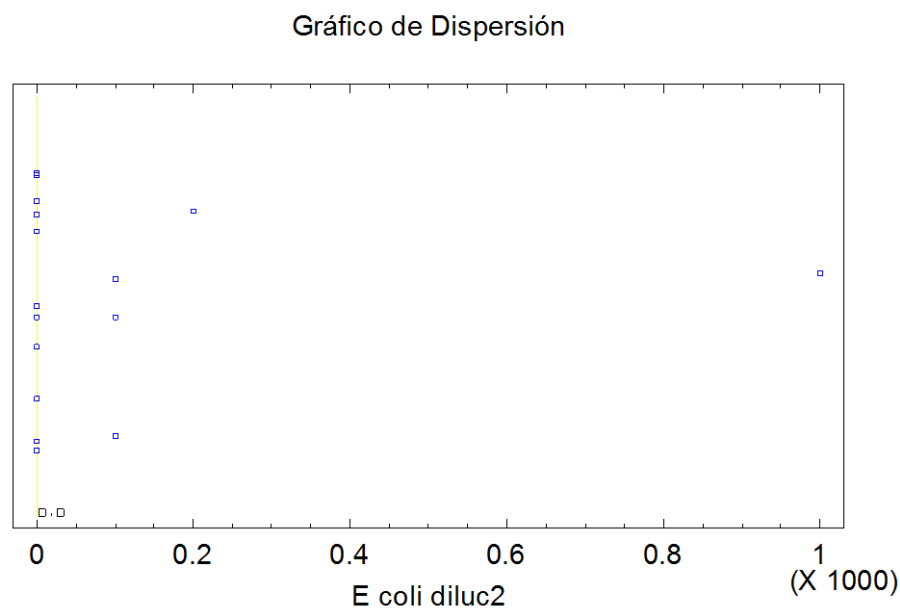


Figura 27. Gráfico de dispersión para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. Los cuadros azules están acumulados en la sección izquierda del gráfico, lo que muestra que la mayoría de datos se ubican en esos intervalos.

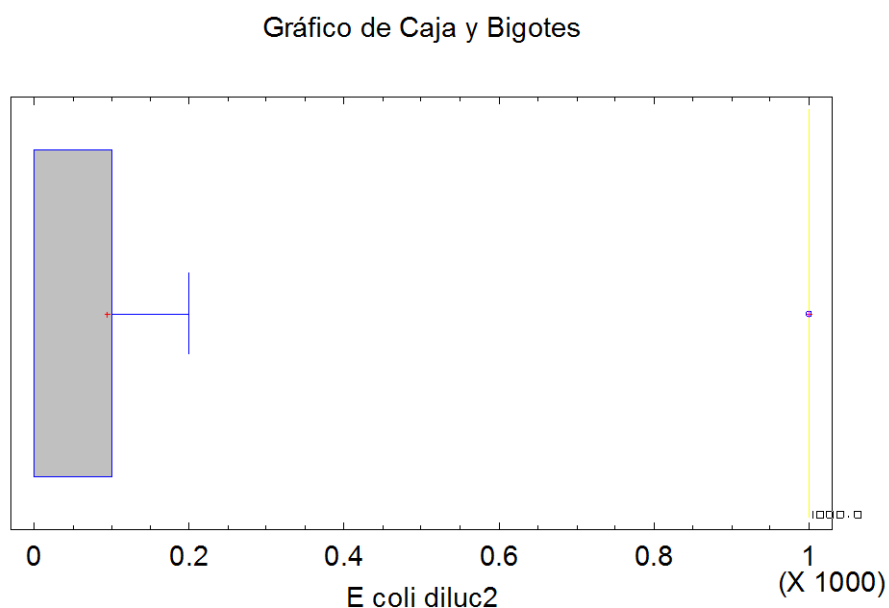


Figura 28. Gráfico de caja y bigotes para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. La mayoría de los datos están agrupados en la caja, la línea amarilla muestra el dato atípico.

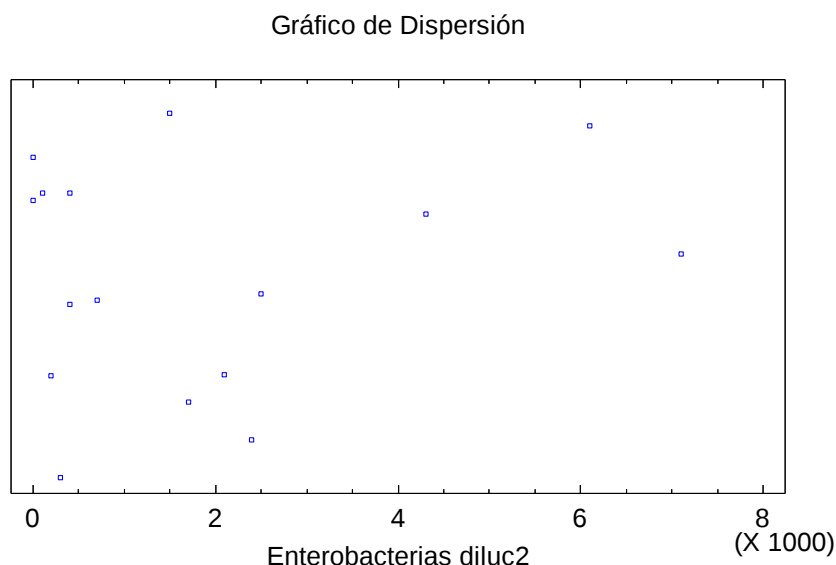


Figura 29. Gráfico de dispersión para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además ningún dato se repite.

4.3.1.1. Frecuencias para bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

En el grupo de mesófilos aerobios, la mitad de los datos se encuentran en el intervalo de 0 a 12.250 UFC/ml. En la frecuencia relativa acumulada, el 87,50% de los datos están entre los intervalos 0 y 36.750; lo que abarca los tres primeros bloques de datos (Tabla 15). En el caso de coliformes totales, el 43,75% de los datos se encuentra en el primer intervalo que es de 0 a 475. En la frecuencia relativa acumulada, el 93,75% de los datos están entre los intervalos 0 y 1.425 (Tabla 16). Para *Escherichia coli*, en el intervalo de 0 a 275 se encuentra acumulado el 93,75% de los datos (Tabla 17). En el grupo de enterobacterias, el 50% de los datos se encuentra en el intervalo de 0 a 1.900. En el primer intervalo se encuentra una frecuencia acumulada del 62,50% que es la mayoría de los datos (Tabla 18).

Tabla 15. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	12.250,0	6125,0	8	0,5000	8	0,5000
2	12.250,0	24.500,0	18.375,0	4	0,2500	12	0,7500
3	24.500,0	36.750,0	30.625,0	2	0,1250	14	0,8750
4	36.750,0	49.000,0	42.875,0	2	0,1250	16	1,0000
	mayor de	49.000,0		16	1,0000	16	1,0000

Tabla 16. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		5	0,3125	5	0,3125
1	0,0	475,0	237,5	7	0,4375	12	0,7500
2	475,0	950,0	712,5	2	0,1250	14	0,8750
3	950,0	1.425,0	1.187,5	1	0,0625	15	0,9375
4	1.425,0	1.900,0	1.662,5	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	1.900,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 17. Frecuencias para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		11	0,6875	11	0,6875
1	0,0	275,0	137,5	4	0,2500	15	0,9375
2	275,0	550,0	412,5	0	0,0000	15	0,9375
3	550,0	825,0	687,5	0	0,0000	15	0,9375
4	825,0	1.100,0	962,5	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	1.100,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 18. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		2	0,1250	2	0,1250
1	0,0	1.900,0	950,0	8	0,5000	10	0,6250
2	1.900,0	3.800,0	2.850,0	3	0,1875	13	0,8125
3	3.800,0	5.700,0	4.750,0	1	0,0625	14	0,8750
4	5.700,0	7.600,0	6.650,0	2	0,1250	16	1,0000
	mayor de	7.600,0		0	0,0000	16	1,0000

4.4. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

Para el análisis de la carga bacteriana en la dilución 10^{-3} de las muestras de agua se evaluó la presencia de mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y enterobacterias. Como resultado se obtuvo que la acequia Albornoz Naranjo presentó los valores más elevados en los cuatro indicadores analizados (Tabla 19).

Tabla 19. Contajes de bacterias indicadoras de las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. En la tabla se muestra el reporte microbiológico en donde el número de bacterias está expresado en UFC/mL. Adicionalmente, la tabla muestra el reporte en números enteros utilizado en el análisis estadístico.

N.-	Acequia o canal	Código	Dilución 10 ⁻³							
			Mesófilos aerobios (UFC/mL)		Coliformes totales (UFC/mL)		Escherichia coli (UFC/mL)		Enterobacterias (UFC/mL)	
			Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros	Reporte microbiológico	Reporte en números enteros
1	Mocha Huachi	MH	60 x 10 ²	6.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	10 x 10 ²	1.000
2	Albornoz Naranjo	AN	19 x 10 ⁴	190.000	30 x 10 ²	3.000	20 x 10 ²	2.000	70 x 10 ²	7.000
3	Sevilla Chica	SC	10 x 10 ³	10.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
4	Mondongo	MO	40 x 10 ²	4.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	10 x 10 ²	1.000
5	Albornoz Baja	AB	32 x 10 ³	32.000	20 x 10 ²	2.000	<10 x 10 ²	0	30 x 10 ²	3.000
6	Los Cruces	LC	28 x 10 ³	28.000	10 x 10 ²	1.000	<10 x 10 ²	0	60 x 10 ²	6.000
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	30 x 10 ²	3.000	10 x 10 ²	1.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
8	La Victoria	V	30 x 10 ²	3.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
9	San José	SJ	18 x 10 ³	18.000	10 x 10 ²	1.000	<10 x 10 ²	0	20 x 10 ²	2.000
10	La Torre	LT	31 x 10 ³	31.000	10 x 10 ²	1.000	<10 x 10 ²	0	30 x 10 ²	3.000
11	Pachanlica	P	60 x 10 ²	6.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
12	San Miguel	SM	11 x 10 ³	11.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	40 x 10 ²	4.000
13	Porvenir o García Moreno	GM	20 x 10 ²	2.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	14 x 10 ³	14.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
15	Las Brevas	LB	90 x 10 ²	9.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0
16	Troya Huasinga	TH	36 x 10 ³	36.000	<10 x 10 ²	0	<10 x 10 ²	0	60 x 10 ²	6.000

4.4.1. Bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

En los resultados del análisis de los estadísticos descriptivos se muestra que los datos de los mesófilos aerobios están en un intervalo de 2.000 y 190.000 UFC/mL, con un promedio de 25.187,50 UFC/mL y una desviación estándar de 45.421,30 UFC/mL que indica la dispersión de los datos (Tabla 20). En este caso no existe moda puesto que ningún dato se repite (Figura 30). Por otro lado, se presenta un dato atípico que es 190.000 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo; este dato interviene en el cálculo del promedio (Figura 31). En lo que respecta a coliformes totales, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 3.000 UFC/mL, con un promedio de 562,50 UFC/mL y una desviación estándar de 892,10 UFC/mL que indica como están dispersos los datos (Tabla 20). El valor de la moda es 0 UFC/mL (Figura 32). Adicionalmente, existe un dato atípico que es 3.000 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo; el cual interviene en el cálculo del promedio (Figura 33). El análisis del recuento de *Escherichia coli* muestra que los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 2.000 UFC/mL, con un promedio de 125 UFC/mL y una desviación estándar de 500 UFC/mL que muestra como están dispersos los datos (Tabla 20). El dato que más se repite está determinado por la moda que es 0 UFC/mL y se puede considerar que 2.000 UFC/mL perteneciente a la acequia Albornoz Naranjo es un dato atípico, puesto que es el único conteo que no dio cero (Figura 34). Por último, en el grupo de enterobacterias los datos se encuentran entre un valor mínimo de 0 UFC/mL y un valor máximo de 7.000 UFC/mL, con un promedio de 2.062,50 UFC/mL y una desviación estándar de 2.489,14 UFC/mL que indica como están dispersos los datos. Además, la moda presenta un valor de 0 UFC/ml (Figura 35).

Tabla 20. Resumen estadístico para las bacterias indicadoras en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

Bacterias indicadoras	Mesófilos aerobios	Coliformes totales	<i>Escherichia coli</i>	Enterobacterias
<i>Recuento</i>	16,00	16,00	16,00	16,00
<i>Promedio</i>	25.187,50	562,50	125,00	2.062,50
<i>Mediana</i>	10.500,00	0,00	0,00	1.000,00
<i>Moda</i>		0,00	0,00	0,00
<i>Varianza</i>	2.063.094.493,69	795.833,49	250.000,00	6.195.817,94
<i>Desviación estándar</i>	45.421,30	892,10	500,00	2.489,14
<i>Mínimo</i>	2.000,00	0.0	0,00	0,00
<i>Máximo</i>	190.000,00	3.000,00	2.000,00	7.000,00
<i>Rango</i>	188.000,00	3.000,00	2.000,00	7.000,00

Gráfico de Dispersión

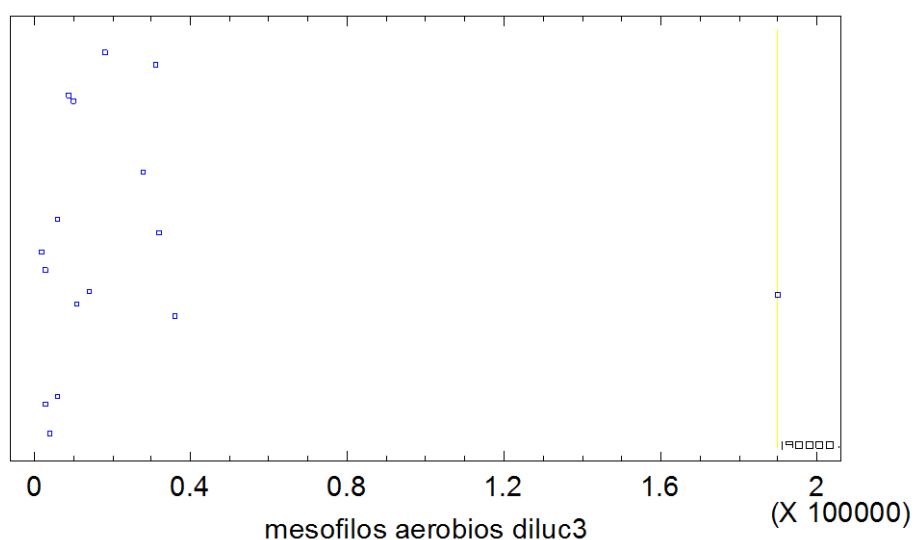


Figura 30. Gráfico de dispersión para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. Los cuadros azules están acumulados en la sección izquierda del gráfico, lo que muestra que la mayoría de datos se ubican en esos intervalos.

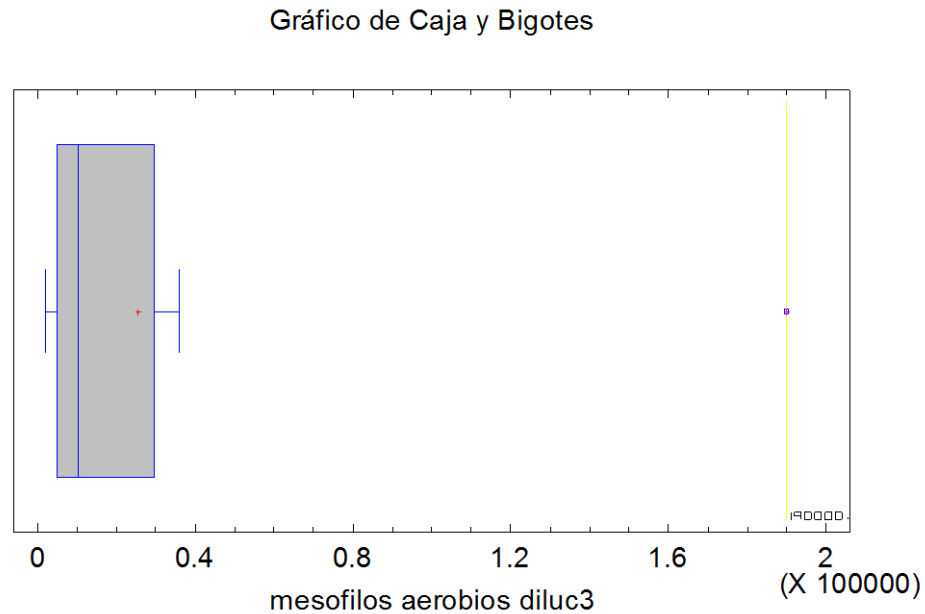


Figura 31. Gráfico de caja y bigotes para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. Los datos están distribuidos entre el primer y tercer cuartil, que son el 25% y 75%. La línea amarilla muestra el dato atípico.

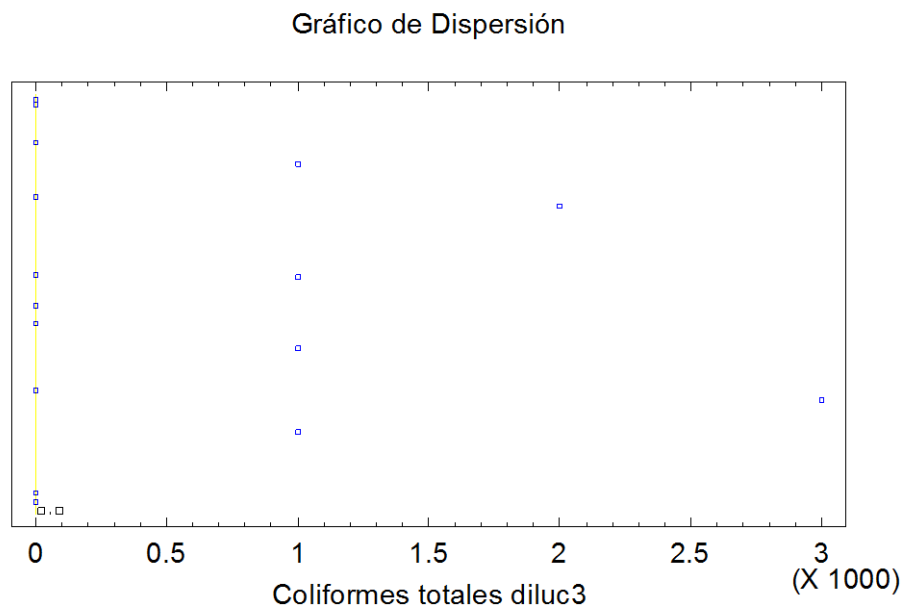


Figura 32. Gráfico de dispersión para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. Los cuadros azules representan la distribución de los 16 datos que corresponden a las 16 acequias, además se puede ver que el dato que más se repite está resaltado por una línea amarilla.

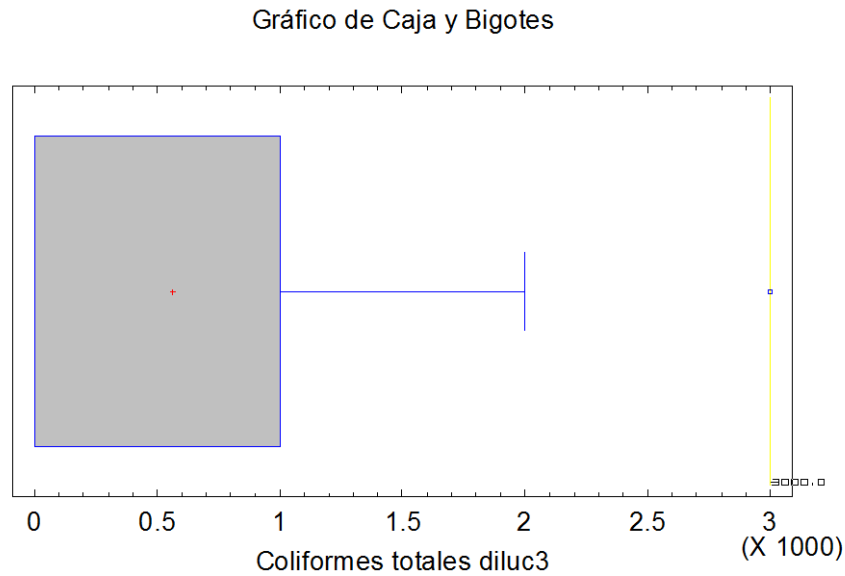


Figura 33. Gráfico de caja y bigote para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. La mayoría de los datos están agrupados en la caja, la línea amarilla muestra el dato atípico.

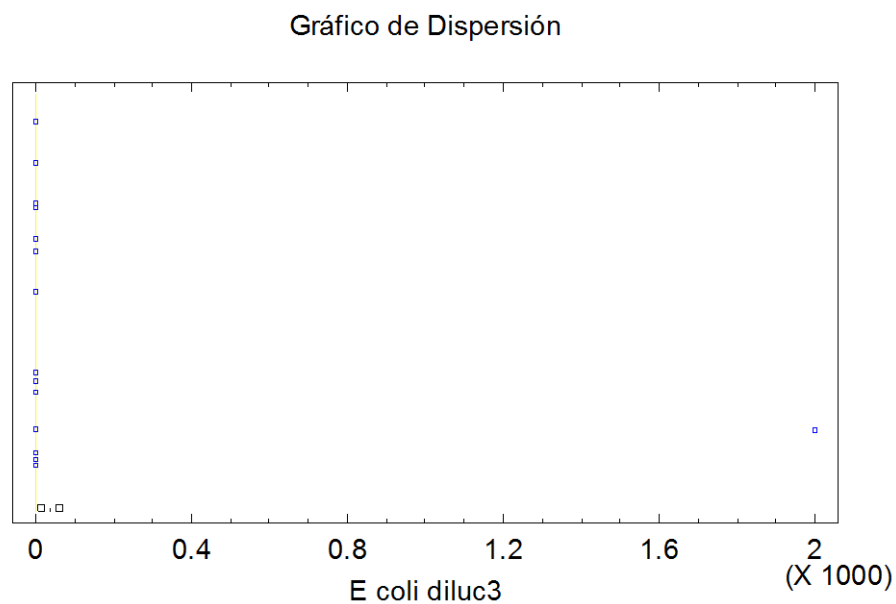


Figura 34. Gráfico de dispersión para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento. Los cuadros azules están acumulados en la sección izquierda del gráfico, lo que muestra que la mayoría de datos son cero, con excepción del dato atípico que se encuentra en el extremo derecho del gráfico.

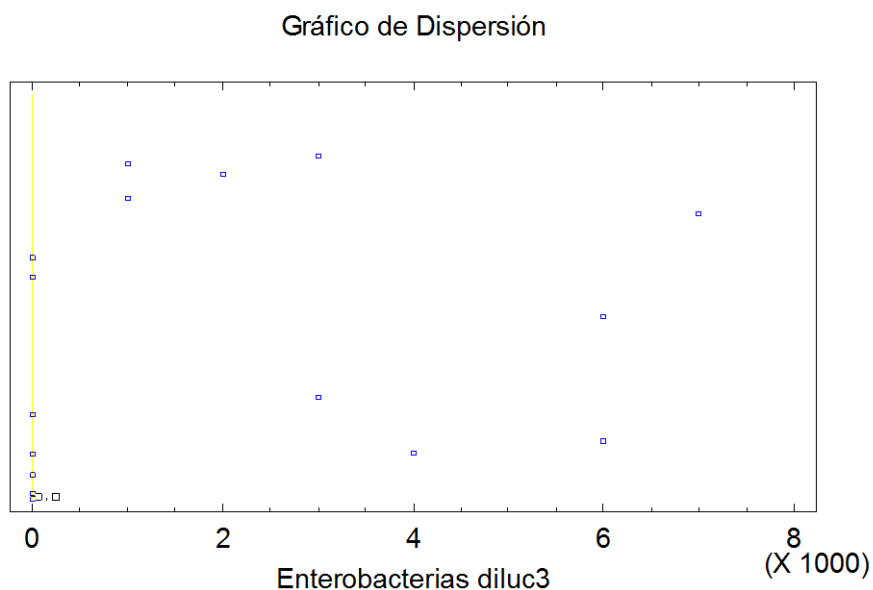


Tabla 21. Frecuencias para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		0	0,0000	0	0,0000
1	0,0	57.500,0	28.750,0	15	0,9375	15	0,9375
2	57.500,0	115.000,0	86.250,0	0	0,0000	15	0,9375
3	115.000,0	172.500,0	143.750,0	0	0,0000	15	0,9375
4	172.500,0	230.000,0	201.250,0	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	230.000,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 22. Frecuencias para coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		10	0,6250	10	0,6250
1	0,0	950,0	475,0	0	0,0000	10	0,6250
2	950,0	1.900,0	1.425,0	4	0,2500	14	0,8750
3	1900,0	2.850,0	2.375,0	1	0,0625	15	0,9375
4	2.850,0	3.800,0	3.325,0	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	3.800,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 23. Frecuencias para *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		15	0,9375	15	0,9375
1	0,0	575,0	287,5	0	0,0000	15	0,9375
2	575,0	1.150,0	862,5	0	0,0000	15	0,9375
3	1.150,0	1.725,0	1.437,5	0	0,0000	15	0,9375
4	1.725,0	2.300,0	2.012,5	1	0,0625	16	1,0000
	mayor de	2.300,0		0	0,0000	16	1,0000

Tabla 24. Frecuencias para enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-3} sin tratamiento

<i>Intervalos de clase</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>	<i>Punto medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia relativa</i>	<i>Frecuencia acumulada</i>	<i>Frecuencia relativa acumulada</i>
	menor o igual	0,0		7	0,4375	7	0,4375
1	0,0	1.900,0	950,0	2	0,1250	9	0,5625
2	1.900,0	3.800,0	2.850,0	3	0,1875	12	0,7500
3	3.800,0	5.700,0	4.750,0	1	0,0625	13	0,8125
4	5.700,0	7.600,0	6.650,0	3	0,1875	16	1,0000
	mayor de	7.600,0		0	0,0000	16	1,0000

4.5. Análisis de la acción microbicida del agua de plata en muestras de agua

El efecto antimicrobiano del agua de plata fue evaluado tanto en la muestra pura como en tres diluciones de la misma (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}). El análisis se realizó con tres concentraciones de agua de plata (4 ppm, 10 ppm y 15 ppm) y con tres tiempos de contacto (15, 30 y 60 minutos). Para lo cual se ha utilizado un análisis de varianza multifactorial, este análisis permitió determinar si existe algún tipo de interacción entre las variables antes mencionadas.

A continuación se expone un análisis general de las 16 muestras, dividido por grupo de bacterias indicadoras, es decir, mesófilos aerobios, coliformes totales, *Escherichia coli* y enterobacterias.

4.5.1. Análisis de la acción microbicida del agua de plata frente a mesófilos aerobios en muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

En el análisis de mesófilos aerobios en las muestras de agua pura después de aplicar el agua de plata, la acequia Albornoz Naranjo presentó los contajes más elevados de este indicador en las concentraciones de 4 ppm y 10 ppm en los tres tiempos de contacto. En lo que respecta a la concentración de 15 ppm no se presentó crecimiento en casi ninguna de las acequias, con excepción de la acequia Cisneros Alta a los 15 minutos de tiempo de contacto. Sin embargo, el crecimiento que se reportó en esta acequia es mínimo (Tabla 25 y Anexo 14). En el análisis de mesófilos aerobios en la dilución 10^{-1} de las muestras de agua después de aplicar el agua de plata, la acequia Albornoz Naranjo presentó los contajes más elevados de este indicador en las concentraciones de 4 ppm y 10 ppm en los tres tiempos de contacto. En lo que respecta a la concentración de 15 ppm no existió crecimiento en ninguna de las acequias (Tabla 26 y Anexo 15). En el análisis de mesófilos aerobios en la dilución 10^{-2} de las muestras de agua después de aplicar el agua de plata, la acequia Albornoz Naranjo presentó los contajes más elevados de este indicador en las concentraciones de 4 ppm y 10 ppm en los tres tiempos de contacto. Las acequias Pachanlica y García Moreno no presentaron crecimiento desde la primera concentración de 4 ppm a los 15 minutos. En la concentración de 15 ppm no existe crecimiento en ninguna de las acequias (Tabla 27 y Anexo 16). En el análisis de mesófilos aerobios en la dilución 10^{-3} de las muestras de

agua después de aplicar el agua de plata, la acequia Albornoz Naranjo presentó los contajes más elevados de este indicador en la concentración de 4 ppm en los tres tiempos de contacto, en 10 ppm presenta un recuento elevado del indicador a los 60 minutos. En la concentración de 15 ppm no existió crecimiento en ninguna de las acequias (Tabla 28 y Anexo 17).

Tabla 25. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata

N.-	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	1	2	1	0	1	2	0	0	0
2	AN	180	220	220	91	85	120	0	0	0
3	SC	2	4	6	0	0	0	0	0	0
4	MO	5	6	2	0	0	2	0	0	0
5	AB	82	72	63	8	4	7	0	0	0
6	LC	75	60	64	4	5	6	0	0	0
7	MQL	9	8	11	0	1	0	0	0	0
8	V	5	3	5	0	0	0	0	0	0
9	SJ	18	15	15	0	3	2	0	0	0
10	LT	24	15	8	5	7	1	0	0	0
11	P	9	10	16	0	0	0	0	0	0
12	SM	27	20	17	1	1	3	0	0	0
13	GM	3	2	6	0	0	0	0	0	0
14	CA	50	50	41	16	6	4	1	0	0
15	LB	21	14	18	0	11	4	0	0	0
16	TH	17	20	27	0	3	1	0	0	0

Tabla 26. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata

N.-	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	20	30	10	0	0	0	0	0	0
2	AN	1.600	1.300	890	400	320	200	0	0	0
3	SC	10	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	20	20	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	400	300	280	40	90	30	0	0	0
6	LC	240	190	190	10	40	30	0	0	0
7	MQL	60	90	50	10	10	0	0	0	0
8	V	30	0	10	0	0	0	0	0	0
9	SJ	100	20	30	20	20	10	0	0	0
10	LT	40	40	60	40	10	30	0	0	0
11	P	60	70	50	0	0	0	0	0	0
12	SM	170	100	30	40	0	0	0	0	0
13	GM	30	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	260	100	130	100	0	30	0	0	0
15	LB	50	30	40	0	0	0	0	0	0
16	TH	150	80	10	10	10	30	0	0	0

Tabla 27. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata

N.-	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	100	0	0	0	0	0	0
2	AN	2.100	1.400	1.000	800	500	600	0	0	0
3	SC	0	100	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	100	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	500	600	200	0	0	0	0	0	0
6	LC	800	100	200	0	0	0	0	0	0
7	MQL	100	200	100	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	100	0	0	0	0	0	0
9	SJ	200	100	100	0	0	0	0	0	0
10	LT	100	100	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	200	200	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	400	400	100	0	0	0	0	0	0
15	LB	200	0	200	0	0	0	0	0	0
16	TH	200	100	100	100	0	0	0	0	0

Tabla 28. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata

N.-	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	1.000	0	0	0	0	0	0
2	AN	4.000	4.000	2.000	0	0	1.000	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	1.000	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	1.000	2.000	1.000	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	1.000	0	1.000	0	0	0	0	0	0
12	SM	1.000	1.000	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4.5.1.1. Resumen estadístico para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata

Se ha analizado un total de 144 interacciones posibles dentro del grupo de mesófilos aerobios. En la muestra pura, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 220 UFC/mL, con un promedio de 13,7083 UFC/mL y una desviación estándar de 34,9895 UFC/mL. Además, el dato que más se repite está determinado por la moda que es 0 UFC/mL (Tabla 29). En la dilución 10^{-1} de las muestras, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 1.600 UFC/mL, con un promedio de 61,9444 UFC/mL y una desviación estándar de 196,0530 UFC/mL. Además, el dato que más se repite está determinado por la moda que es 0 UFC/mL (Tabla 29). En la dilución 10^{-2} de las muestras, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 2.100 UFC/mL, con un promedio de 85,4167 UFC/mL y una desviación estándar de 258,2810 UFC/mL. Además, el dato que más se repite está determinado por la moda que es 0 UFC/mL (Tabla 29). En la dilución 10^{-3} de las muestras, los datos se encuentran en un intervalo de 0 y 4.000 UFC/mL, con un promedio de 145,8330 UFC/mL y una desviación estándar de 566,7810 UFC/mL. Además, el dato que más se repite está determinado por la moda que es 0 UFC/mL (Tabla 29).

Tabla 29. Resumen estadístico para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata

	Muestra pura	Dilución 10^{-1}	Dilución 10^{-2}	Dilución 10^{-3}
<i>Recuento</i>	144,0000	144,0000	144,0000	144,0000
<i>Promedio</i>	13,7083	61,9444	85,4167	145,8330
<i>Mediana</i>	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Moda</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Varianza</i>	1.224,2600	38.436,8000	66.708,9000	321.241,0000
<i>Desviación estándar</i>	34,9895	196,0530	258,2810	566,7810
<i>Mínimo</i>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Máximo</i>	220,0000	1.600,0000	2.100,0000	4.000,0000
<i>Rango</i>	220,0000	1.600,0000	2.100,0000	4.000,0000

4.5.1.2. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata

Según el análisis de varianza, la concentración del agua de plata fue el único efecto estadísticamente representativo; puesto que su valor-P es menor que 0,05, es decir, es significativo con un 95% de nivel de confianza. Además, la interacción entre los dos factores (tiempo y concentración) no tiene ninguna significancia estadística; pues su valor-P es mayor que 0,05. Estos resultados se encontró para las muestras de agua pura (Tabla 30), la dilución 10^{-1} de las muestras (Tabla 31), la dilución 10^{-2} de las muestras (Tabla 32) y la dilución 10^{-3} de las muestras (Tabla 33).

Tabla 30. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	6,5000	2	3,2500	0,0000	0,9970
B: concentración	27.626,8000	2	13.813,4000	12,6500	0,0000
INTERACCIONES					
AB	24,2083	4	6,0521	0,0100	0,9999
RESIDUOS	147.412,0000	135	1.091,9400		
TOTAL (CORREGIDO)	175.070,0000	143			

Tabla 31. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	32.968,1	2	16.484,0	0,46	0,6295
B: concentración	633.976,0	2	316.988,0	8,93	0,0002
INTERACCIONES					
AB	37.473,6	4	9.368,4	0,26	0,9007
RESIDUOS	4,79204E6	135	35.496,6		
TOTAL (CORREGIDO)	5,49646E6	143			

Tabla 32. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	102.917,00	2	51.458,30	0,87	0,4231
B: concentración	1,27792E6	2	638.958,00	10,75	0,0000
INTERACCIONES					
AB	134.167,00	4	33.541,70	0,56	0,6890
RESIDUOS	8,02437E6	135	59.439,80		
TOTAL (CORREGIDO)	9,53937E6	143			

Tabla 33. Análisis de varianza para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	41.666,70	2	20.833,30	0,07	0,9326
B: concentración	5,29167E6	2	2,64583E6	8,86	0,0002
INTERACCIONES					
AB	291.667,00	4	72.916,70	0,24	0,9128
RESIDUOS	4,03125E7	135	298.611,00		
TOTAL (CORREGIDO)	4,59375E7	143			

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este estudio resulta útil la construcción de gráficas de las respuestas promedio de cada combinación de tratamiento, es decir de las interacciones. Para el caso de las muestras de agua pura, el hecho de que las rectas no se crucen o se corten significa que no existió ninguna interacción entre la concentración y el tiempo. En general, independientemente del tiempo que se emplee, la concentración 15 ppm es la que reduce significativamente la cantidad de mesófilos aerobios en promedio con este tratamiento. Así mismo, se debe notar que aunque en menor grado que la concentración de 15 ppm, la concentración de 4 ppm y 10 ppm también reducen la cantidad de bacterias de este grupo. Para estas dos concentraciones la acción del agua de plata también es independiente del tiempo (Figura

36). En la dilución 10^{-1} , en general, independientemente del tiempo que se emplee, la concentración 15 ppm es la que reduce significativamente la cantidad de mesófilos aerobios en promedio con este tratamiento. Así mismo, se debe notar que aunque en menor grado que la concentración de 15 ppm, la concentración de 4 ppm y 10 ppm también reducen la cantidad de bacterias de este grupo. Para estas dos concentraciones el tiempo de contacto influye poco, en el gráfico se ve que conforme aumenta el tiempo hay una menor cantidad de bacterias; pero está no varía mucho entre el primer y el último tiempo (Figura 37). En la dilución 10^{-2} , en general, independientemente del tiempo que se emplee, la concentración 15 ppm es la que reduce significativamente la cantidad de mesófilos aerobios en promedio con este tratamiento. Así mismo, se debe notar que aunque en menor grado que la concentración de 15 ppm, la concentración de 4 ppm y 10 ppm también reducen la cantidad de bacterias de este grupo. Para estas dos concentraciones el tiempo influye en un grado bajo, incluso se puede decir que para la concentración de 10 ppm no influye (Figura 38). En la dilución 10^{-3} , como en todos los casos la mayor concentración (15 ppm) es la que disminuye la mayor cantidad de mesófilos aerobios en promedio. Sin embargo, es importante notar que tanto la concentración de 10 ppm como 15 ppm muestran un patrón similar en la reducción de la cantidad de bacterias. La menor concentración (4 ppm) también muestra una cuantiosa reducción de bacterias. El tiempo no influye de forma significativa en ninguna de las concentraciones (Figura 39).

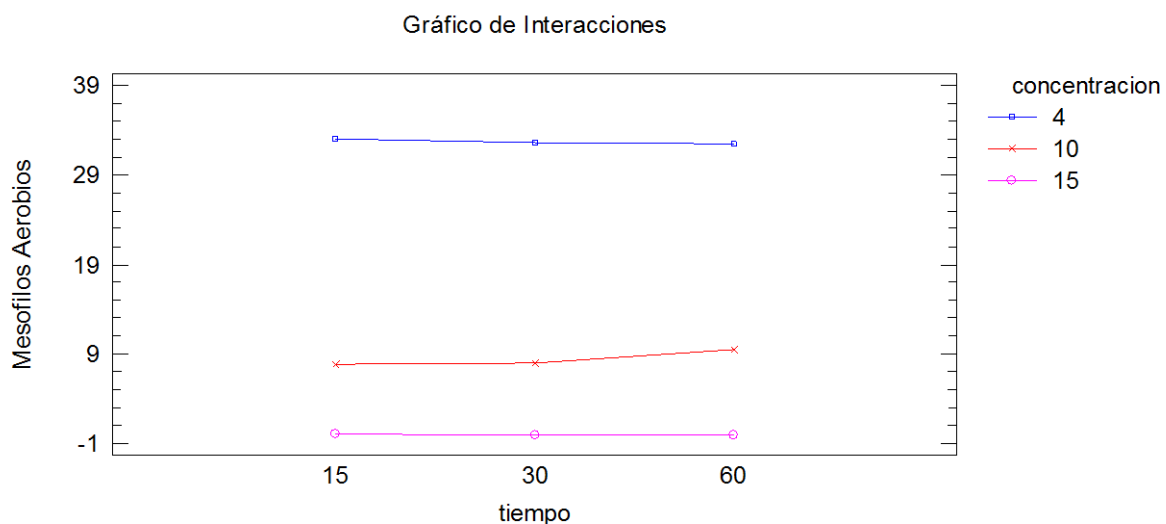


Figura 36. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata

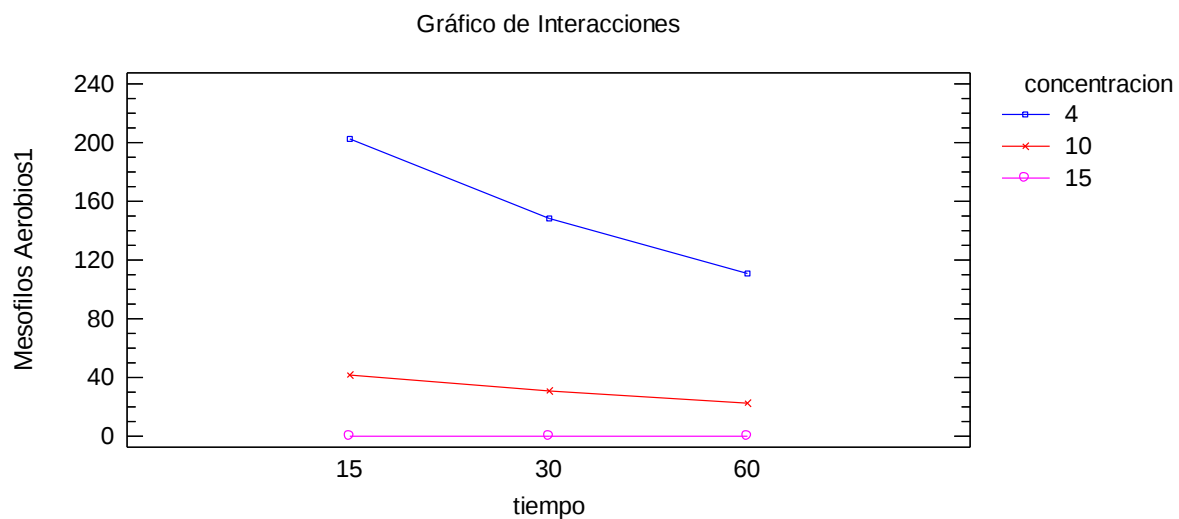


Figura 37. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata

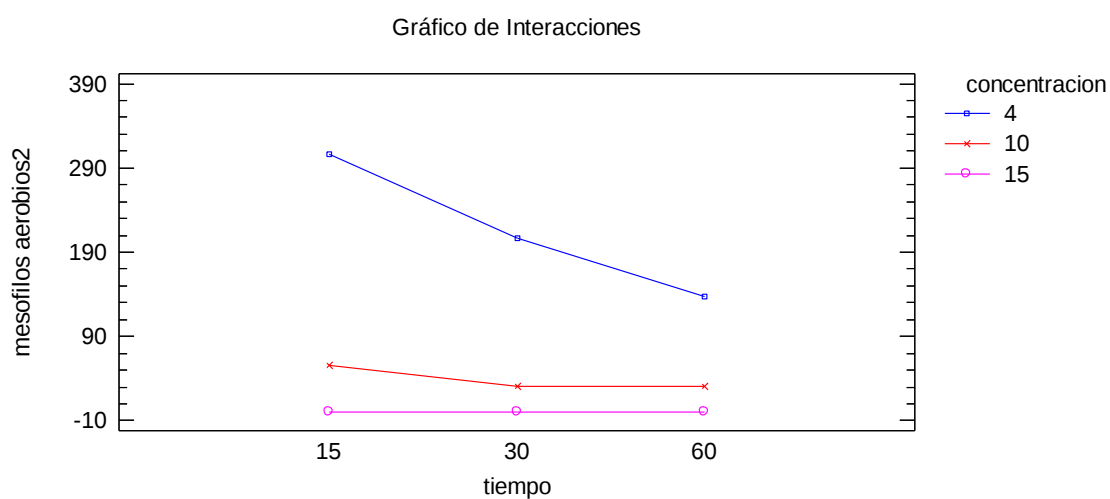


Figura 38. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata

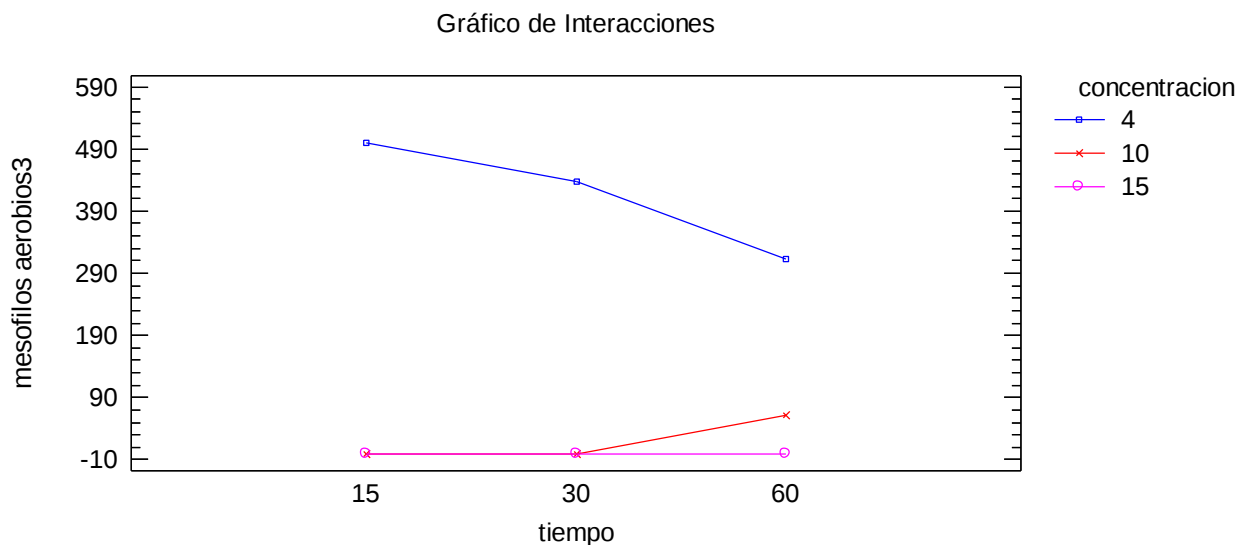


Figura 39. Gráfico de interacciones para mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata

4.5.2. Análisis de la acción microbicida del agua de plata frente a coliformes totales en muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

El análisis de coliformes totales en las muestras de agua pura después de aplicar el agua de plata evidenció que solo la acequia Cisneros Alta presentó 2 UFC/mL a una concentración de 10 ppm y a 15 minutos de tiempo de contacto, mientras que las otras muestras no mostraron crecimiento en ninguna de las concentraciones de agua de plata ni en ninguno de los tres tiempos de contacto (Anexo 18 y 19). El análisis de coliformes totales en las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} de las muestras de agua después de aplicar el agua de plata evidenció la eliminación total de las bacterias indicadoras, en las tres concentraciones de agua de plata y en los tres tiempos de contacto (Anexos 20, 21, 22, 23, 24 y 25).

4.5.2.1. Análisis de varianza para coliformes totales en las muestras de agua y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata

Según el análisis de varianza, ni la concentración del agua de plata, ni el tiempo de contacto fueron estadísticamente significativos al igual que la interacción entre los mismos. Puesto que sus valores de P son mayores que 0,05. Estos resultados se

encontró para las muestras de agua pura (Tabla 34). En vista de que hubo una eliminación total de bacterias indicadoras en las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} de las muestras, no se generó la tabla del análisis de varianza.

Tabla 34. Análisis de varianza para coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	0,0555556	2	0,0277778	1,00	0,3706
B: concentración	0,0555556	2	0,0277778	1,00	0,3706
INTERACCIONES					
AB	0,111111	4	0,0277778	1,00	0,4100
RESIDUOS	3,75	135	0,0277778		
TOTAL (CORREGIDO)	3,97222	143			

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este estudio resulta útil la construcción de una gráfica de las respuestas promedio de cada combinación de tratamiento, es decir de las interacciones. Puesto que la mayoría de datos son cero se observa que donde se encuentra la menor cantidad de coliformes totales en promedio es aplicando las concentraciones de 4 y 15 ppm independientemente del tiempo que se empleen estas. Con respecto a la concentración de 10 ppm también hay una eliminación prácticamente total de bacterias (Figura 40).

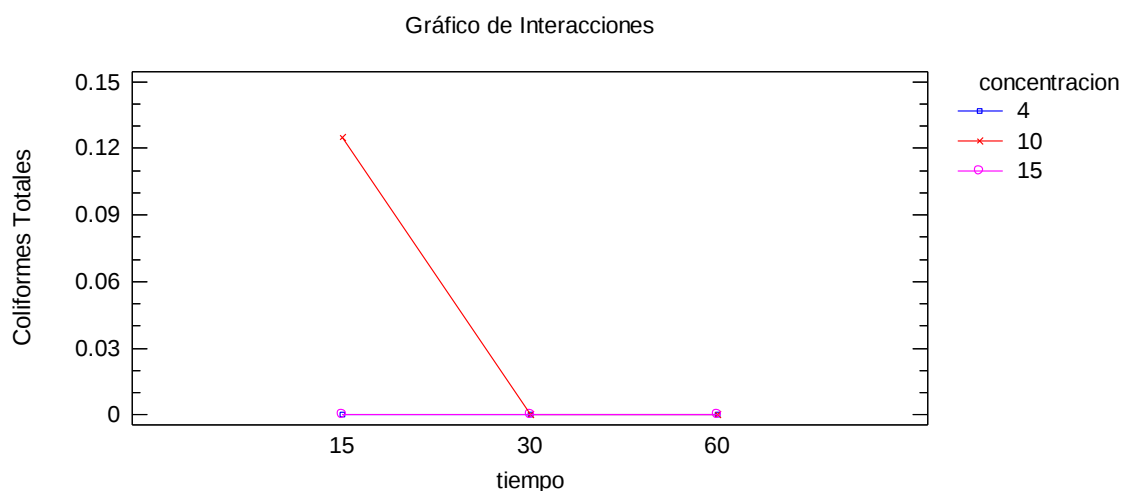


Figura 40. Gráfico de interacciones para coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata

4.5.3. Análisis de la acción microbicida del agua de plata frente a *Escherichia coli* en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

Del análisis con tres concentraciones de agua de plata, 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm y tres tiempos de contacto, 15, 30 y 60 minutos sobre muestras de agua pura, dilución 10^{-1} , dilución 10^{-2} y dilución 10^{-3} de todas las acequias, se obtuvo como resultado una eliminación total del número de bacterias en este caso *Escherichia coli* (Anexos 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 y 33).

4.5.3.1. Análisis de varianza para *Escherichia coli* en las muestras de agua y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) más agua de plata

En vista de que hubo una eliminación total de bacterias indicadoras en las muestras puras y en las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} de las muestras, no se generó la tabla del análisis de varianza.

4.5.4. Análisis de la acción microbicida del agua de plata frente a enterobacterias en las muestras de agua pura y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

El análisis de enterobacterias en las muestras de agua pura después de aplicar el agua de plata evidenció un conteo de 2 UFC/mL a una concentración de 4 ppm y a 15 minutos de tiempo de contacto en la acequia Cisneros Alta. Además, la acequia Alborno Naranjo presentó 1 UFC/mL a una concentración de 10 ppm y a los 15 minutos de tiempo de contacto. Por otro lado, el resto de acequias no mostraron crecimiento en ninguna de las concentraciones de agua de plata ni en ninguno de los tres tiempos de contacto (Anexos 34 y 35). En el análisis de enterobacterias en las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} de las muestras de agua después de aplicar el agua de plata, se obtuvo como resultado una eliminación total del número de bacterias en este caso enterobacterias (Anexos 36, 37, 38, 39, 40 y 41).

4.5.4.1. Análisis de varianza para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata y sus diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3})

Según el análisis de varianza, ni la concentración del agua de plata, ni el tiempo de contacto fueron estadísticamente significativos al igual que la interacción entre los mismos. Puesto que sus valores de P son mayores que 0,05. Estos resultados se encontró para las muestras de agua pura (Tabla 35). En vista de que hubo una eliminación total de bacterias indicadoras en las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} de las muestras, no se generó la tabla del análisis de varianza.

Tabla 35. Análisis de varianza para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: tiempo	0,0555556	2	0,0277778	1,00	0,3706
B: concentración	0,0555556	2	0,0277778	1,00	0,3706
INTERACCIONES					
AB	0,111111	4	0,0277778	1,00	0,4100
RESIDUOS	3,75	135	0,0277778		
TOTAL (CORREGIDO)	3,97222	143			

Como auxiliar en la interpretación de los resultados de este estudio resulta útil la construcción de una gráfica de las respuestas promedio de cada combinación de tratamiento, es decir de las interacciones. Puesto que la mayoría de datos son cero se observa que donde se encuentra la menor cantidad de enterobacterias en promedio es aplicando las concentraciones 4 y 15 ppm independientemente del tiempo que se empleen estas. Con la concentración de 10 ppm también hay una eliminación casi total de la bacteria indicadora (Figura 41).

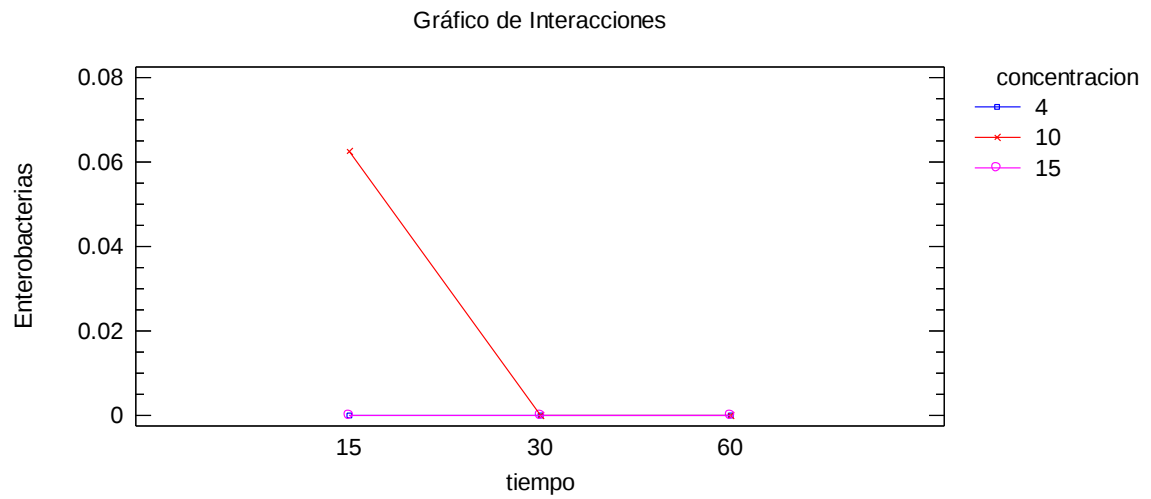


Figura 41. Gráfico de interacciones para enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata

5. DISCUSIÓN

En este estudio se realizó un conteo estimado de bacterias mediante la utilización de placas Petrifilm 3M para mesófilos aerobios, coliformes totales/*E. coli* y enterobacterias. A pesar de que la utilización de placas Petrifilm para recuento de bacterias indicadoras no es un método oficial para el análisis de agua, varios estudios se han llevado a cabo con este propósito, obteniéndose resultados satisfactorios. Como el estudio de Stepenuck et al. (2010), en el cual se evaluó la cantidad de *Escherichia coli* que se podía recuperar de una muestra de agua superficial. El estudio comparó la técnica *Coliscan Easygel* y el recuento en placas Petrifilm 3M con la técnica de filtración de membrana que es una técnica validada. Los resultados evidenciaron que el recuento de bacterias hecho en las placas Petrifilm fue similar al realizado con la técnica de filtración de membrana. Además, Pahl et al. (2012) utilizaron placas Petrifilm 3M para recuentos de *Enterobacteriaceae*, coliformes totales y *E. coli* en muestras de agua que se usan en actividad agrícola. Draper (2012) empleó placas Petrifilm 3M de recuento para mesófilos aerobios, *Enterobacteriaceae*, coliformes totales y *E. coli* para conocer el número de bacterias indicadoras en muestras de agua para riego. En el presente estudio se quiso tener un número general de bacterias indicadoras. La utilización de las placas Petrifilm fue con fin de evaluar el estado de contaminación de las muestras antes y después de la aplicación del agua de plata.

De los resultados obtenidos en esta investigación se tiene una idea general del estado microbiológico de las aguas de riego de las 16 acequias. A grandes rasgos, de los cuatro grupos de indicadores analizados se puede destacar que el grupo de mesófilos aerobios tuvo los recuentos más altos, seguido de las enterobacterias, coliformes totales y *Escherichia coli*. Los conteos elevados de mesófilos aerobios y enterobacterias, están relacionados porque el primer grupo mencionado es el más amplio, en vista de que incluye bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas (Verhille, 2013); dentro de este grupo se encuentran las enterobacterias. De igual forma, al analizar el grupo enterobacterias se obtiene un conteo en el cual se incluye al grupo de coliformes totales dentro del cual está el grupo de coliformes fecales y dentro de este la bacteria *E. coli* (Monaghan y Hutchison, 2010).

De acuerdo a los límites de indicadores establecidos por diferentes instituciones, el grupo mesófilos aerobios en las muestras analizadas presentó recuentos elevados. La norma permite 100 UFC/mL en agua potable que sirva como insumo para productos alimenticios para el ser humano (INEN, 2006). Aunque la norma es para agua potable se realiza la comparación con el menor conteo de mesófilos aerobios que fue 600 UFC/mL en la muestra de agua pura. Esta relación permitió inferir que los valores de este grupo indicador encontrados en las diferentes acequias sobrepasan el límite permitido. Sin embargo, se aclara que la comparación se hizo con este límite puesto que fue el único límite referente a este indicador encontrado que tenga relación con el estudio. Con respecto a los coliformes totales en las muestras puras analizadas, se resalta que el menor conteo fue 15 UFC/mL, en contraste con el límite del estado de Vermont – USA que ha fijado un límite aproximado de 2 UFC/mL para este indicador (Vermont, 2009) y el límite canadiense es 10 UFC/mL (CCME, 1987); como se puede ver el conteo hecho en el presente estudio sobrepasa los límites mencionados. Para el caso de *Escherichia coli* el menor recuento en las muestras de agua pura fue de 3 UFC/mL, los límites internacionales establecen entre 1 (Vermont, 2011; CCME, 1987) y 2 UFC/mL (FDA, 2013). De acuerdo a estos límites, las acequias presentan un alto grado de contaminación de origen fecal.

La Norma Ecuatoriana de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes muestra un límite para coliformes fecales (NMP 1000 / 100 mL) (MAE, 2014), conforme a *Washington State Department of Health* (s.f.) se puede evaluar coliformes fecales o *E. coli*, no obstante no es posible realizar una comparación entre el límite de la norma mencionada y el conteo realizado; pues la precisión del método del número más probable (NMP) es menor que otras técnicas de análisis de agua como la siembra directa (Kator y Rhodes, 2003). Finalmente, el menor recuento de enterobacterias obtenido en las muestras de agua pura es 90 UFC/mL; desafortunadamente no se ha encontrado ningún límite nacional ni internacional con el cual sea posible relacionarlo. En vista de que las bacterias indicadoras permiten tener una idea de la calidad microbiológica del agua (Eden y Arbor, 2014), se puede decir que las muestras analizadas presentan cierto grado de contaminación. Como sustento de la información generada en esta investigación se tiene la información proporcionada por Honorable Consejo Provincial de Tungurahua et al. (2004) en el Inventario y Diagnóstico del Recurso Hídrico Provincia de Tungurahua, en el cual se realizó un análisis de la calidad

de agua en algunos puntos del río Pachanlica. Como resultado se obtuvo que en el sector alto del río (>3.200 msnm) la contaminación del agua es menor comparada con el sector medio y bajo del mismo (< 3.200 msnm), en el cual la contaminación es mucho mayor. Haciendo alusión a esto, se resalta que las muestras de agua de las acequias para este trabajo fueron recolectadas a una altura inferior a 3.200 msnm.

Un aspecto importante de mencionar es que en la mayoría de las acequias el número de mesófilos aerobios va aumentando conforme aumenta la dilución. Con respecto a los coliformes totales es evidente que al igual que el grupo indicador anterior mientras aumenta la dilución se muestra un conteo mayor, sin embargo, en la última dilución la mayoría de las muestras reflejan recuentos considerablemente bajos. Referente a *Escherichia coli*, en casi todas las muestras la cantidad de este indicador se fue reduciendo conforme aumentó la dilución. En el caso de enterobacterias, los conteos de las mismas se incrementan conforme aumenta la dilución; no obstante en algunos casos los recuentos si han disminuido. El hecho de que el número de bacterias incremente con las diluciones en lugar de disminuir, se puede ver explicado porque en aguas superficiales y subterráneas la presencia de microorganismos indicadores y patógenos se ve influenciada por factores de carácter químico y físico del sector en el que se capta el agua (OMS, 2006) o del entorno en general (Pedley et al., 2006), además de la incidencia de las labores cotidianas llevadas a cabo por los seres humanos; a esto se debe agregar posibles patógenos de origen animal (OMS, 2006). Como ya se ha dicho previamente el agua de río Pachanlica tiene un mal estado sanitario, en vista de que aguas servidas, químicos de la agricultura, de la curtiembre y elaboración de textiles desembocan en el mismo (Ríos, 2011). Haciendo una relación entre lo señalado se puede suponer que como el agua muestreada contiene ciertos tipos de químicos, estos podrían de alguna forma detener el crecimiento de las bacterias indicadoras; por lo que, al ir diluyendo la muestra también es posible que se diluya el o los químicos presentes en la misma, permitiendo así un mayor crecimiento bacteriano.

Adicionalmente, algunos de los datos obtenidos antes de aplicar el agua de plata en las muestras se presentaron como atípicos, estos se consideraron de esta forma debido a que intervienen en el cálculo del promedio de los datos; haciéndolo considerablemente mayor al valor de la mediana. Todos los datos atípicos pertenecieron a la acequia Albornoz Naranjo y fueron valores notablemente más elevados que el resto

de las acequias.

De las 16 acequias muestreadas, la acequia Albornoz Naranjo mostró los contajes más elevados en los grupos de coliformes totales y *Escherichia coli*; además los recuentos de mesófilos aerobios y de enterobacterias también fueron altos. Por lo que se puede inferir que esta acequia es una de las más contaminadas. Esto se ve vinculado con el hecho de que esta recepa efluentes sin tratamiento del sector de Cevallos, situación por la cual el agua de la misma sufre deterioro en su calidad (Honorable Consejo Provincial de Tungurahua et al., 2004). Por otro lado, se puede decir que en general la acequia Pachanlica tiene un menor grado de contaminación debido a que presenta contajes relativamente bajos en los cuatro indicadores analizados.

En este estudio se evidenció que el agua de plata disminuye o elimina el crecimiento bacteriano en las muestras de agua de las acequias. En los resultados obtenidos se muestra que la acción microbicida del agua de plata es más efectiva en el grupo de enterobacterias (coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli*) que en el grupo de mesófilos aerobios. Esta diferencia puede deberse a que el análisis de mesófilos aerobios permite obtener una idea de la cantidad de bacterias que se encuentran en el agua (Payment et al., 2003), por lo que es un grupo amplio en comparación al de enterobacterias, por esta razón se explica el hecho de que su número se reduzca en menor grado que el segundo grupo mencionado. Además, se puede suponer que parte de la disminución de la cantidad de mesófilos aerobios sea por la reducción del número de enterobacterias (coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*) incluidas dentro de este extenso grupo indicador.

La acción microbicida del agua de plata en el grupo indicador de mesófilos aerobios fue similar tanto para la prueba con el agua pura como con las diluciones. A mayor concentración de agua de plata se incrementa la disminución del número de bacterias de este grupo, es decir la mayor reducción se da por la concentración de 15 ppm, seguida de la concentración de 10 ppm y por último la concentración de 4 ppm. Así, la concentración de 15 ppm muestra una eliminación total de bacterias sin que el tiempo de contacto haya influenciado la misma. Las concentraciones de 4 ppm y 10 ppm reducen ampliamente la cantidad de bacterias, el tiempo de contacto influye de forma mínima en la acción del agua de plata. La carga bacteriana inicial (antes de la

aplicación del agua de plata) incide poco en la acción del agua de plata. Sin embargo, destaca la acequia Albornoz Naranjo, la cual en general presentó la menor disminución bacteriana en comparación con las otras acequias en las concentraciones de 4 ppm y 10 ppm. Lo más probable es que esto haya ocurrido debido a los elevados contajes iniciales que esta presentó. En términos generales, habiendo analizado los resultados se determinó que la mejor concentración de agua de plata y el tiempo de contacto más óptimo para inhibir el crecimiento de los mesófilos aerobios es 10 ppm a los 15 minutos.

La actividad microbicida del agua de plata en enterobacterias, coliformes totales y *Escherichia coli* fue independiente del tiempo de contacto y de la carga microbiana inicial. Esto quiere decir que desde la concentración más baja de agua de plata (4 ppm) y el menor tiempo de contacto (15 minutos) se presentó una eliminación total de bacterias en la muestra pura y en las diluciones (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}). El hecho de que la plata haya actuado de la misma forma en estos indicadores se explica porque todos estos están relacionados, dentro de las enterobacterias se incluye el grupo de coliformes totales, dentro de este coliformes fecales y dentro de este último *E. coli*. Para el caso de los grupos indicadores mencionados en este párrafo se determinó que la mejor concentración de agua de plata y el tiempo de contacto más óptimo para inhibir el crecimiento de estos grupos de indicadores es 4 ppm a los 15 minutos.

Los resultados obtenidos en el presente estudio son similares a aquellos obtenidos por Vidal (2010), quien evaluó la capacidad de la plata coloidal para disminuir el número de coliformes totales y coliformes fecales en muestras de agua del río Otún (Colombia), estas fueron filtradas en un filtro constituido por aserrín, arcilla y plata coloidal con concentraciones de 0 ppm, 7,88 ppm, 21ppm, 36 ppm y 56 ppm; se obtuvo como resultado que desde la concentración más baja de plata coloidal el número de coliformes totales y fecales se redujo casi en un 100%. Así mismo Mwabi et al., (2012) probaron diferentes filtros, uno de los cuales era un filtro de olla porosa impregnado con plata, este resultó el mejor; puesto que hubo una mayor remoción de coliformes fecales y *E. coli* en las aguas superficiales y subterráneas testeadas.

Varkey (2010), probó que la plata tiene una potente actividad antimicrobiana; al introducir una placa de plata en una muestra de agua tomada de un río contaminado.

Los tiempos de contacto que empleó fueron 30, 60, 90, 120 y 150 minutos. Para verificar la acción de la plata, realizó un recuento de coliformes totales y *Escherichia coli* en placas Petrifilm 3M antes y después de introducir la plata. Aproximadamente el 98% de bacterias se vio reducido a los 90 minutos. Comparando el estudio señalado y el presente trabajo se obtiene resultados similares en lo que respecta a la disminución masiva del número de coliformes totales y *E. coli*. Sin embargo, existe una diferencia evidente entre los tiempos de contacto en los que se produjo la reducción de los indicadores, pues el estudio menciona que el 98% de bacterias se vio reducido a los 90 minutos; por el contrario, de acuerdo a los resultados generados en este trabajo desde los 15 minutos de tiempo de contacto con una concentración de 4 ppm de agua de plata se presentó una eliminación total de coliformes totales y *E. coli*. Lo que muestra la eficiente actividad del agua de plata independientemente de su concentración y el tiempo de contacto. Pudieron existir muchos aspectos influyentes que se mostraron diferentes en los dos estudios como por ejemplo la contaminación de los ríos evaluados y el hecho de que en el uno se utilizó una placa de plata y en el otro agua de plata. En términos generales, se podría decir que el agua de plata es más efectiva que la placa del mismo material.

Como se puede ver la acción microbicida de la plata es efectiva. Lo que se pudo confirmar con la realización del presente estudio. Además, se reafirma en compendio con otras investigaciones, que la calidad microbiológica del agua puede ser mejorada con la utilización de productos a base de este metal, como lo es el agua de plata.

6. CONCLUSIONES

- Se definió que para inhibir el crecimiento de los mesófilos aerobios la concentración de agua de plata y el tiempo de contacto ideal es 10 ppm a los 15 minutos.
- Se concretó que para inhibir el crecimiento de los grupos de enterobacterias, coliformes totales y *Escherichia coli* la concentración de agua de plata y el tiempo de contacto ideal es 4 ppm a los 15 minutos.
- El grupo indicador que presentó más resistencia a la acción del agua de plata fue el grupo de mesófilos aerobios.
- En términos generales, en todas las bacterias indicadoras ni el tiempo ni la carga microbiana inicial influyeron significativamente en la actividad microbicida del agua de plata.
- Siempre se debe tender a escoger la concentración más baja y el tiempo de contacto más pequeño, con los cuales se pueda obtener con la mayor eficiencia posible para el efecto deseado, que en el caso de este estudio es inhibir el crecimiento bacteriano.
- El agua de plata tiene una potente capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano en muestras de agua de riego, mejorando así la calidad microbiológica de las mismas.

7. RECOMENDACIONES

A partir del trabajo realizado se recomienda:

- Realizar un análisis químico del agua de riego de las acequias estudiadas con el fin de tener una estimación de que clase de químicos y en que cantidad están presentes en este tipo de agua. Así se podría hacer un plan piloto completo para una futura descontaminación química, física y microbiológica del agua.
- Hacer una investigación en la que se enfrente menor cantidad de agua de plata con la muestra de agua.
- Como se mencionó anteriormente se han diseñado filtros con productos a base de plata con el objetivo de obtener agua de mejor calidad. Sería interesante hacer un estudio para determinar si ese tipo de proceso se podría implementar a nivel de comunidades pequeñas.
- Si algún proceso de desinfección del agua de riego llegara a implementarse resultaría adecuado que se aplique una técnica de riego en la que el agua no llegue a tener contacto directo con los productos cultivados.
- Hacer otro estudio para determinar que cantidad de plata podría permanecer en los productos de origen agrícola, en caso de aplicarse algún producto a base de plata como desinfectante del agua de riego.
- Realizar más investigaciones con agua de plata, con el fin de encontrar nuevos usos y aplicaciones para este producto.

8. REFERENCIAS

1. 3M. (s.f.a). *Placa Petrifilm^{MR} para recuento de aerobios totales* (Ficha técnica). Recuperado de <http://www.siaasesoria.com.mx/FICHA%20TECNICA%20PLACA%20P%20%20AEROBIA.pdf>
2. 3M. (s.f.b). *3M PetrifilmTM recuento de Enterobacteriaceae* (Guía de interpretación). Recuperado de <http://multimedia.3m.com/mws/media/374238O/peb-interp-guide-spa.pdf>
3. 3M. (s.f.c). *Placa Petrifilm^{MR} para recuento de Enterobacteriaceae* (Ficha técnica). Recuperado de <http://multimedia.3m.com/mws/media/312859O/mbio-nenterobacteria.pdf>
4. 3M. (s.f.d). *Placa Petrifilm^{MR} para recuento de E. coli y coliformes* (Ficha técnica). Recuperado de <http://multimedia.3m.com/mws/media/312855O/mbio-necoli.pdf>
5. 3M. (2003). *3M Placas Petrifilm^{MR} para el recuento de E. coli y coliformes Totales*. Recuperado de <http://microlabscr.com/resources/PEC.pdf>
6. 3M. (2004). *3M Placas PetrifilmTM para el Recuento de aerobios*. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/PetrifilmAerobiccount_19100.pdf
7. 3M. (2005). *3M PetrifilmTM E. coli and Coliform Count Plates*. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/PetrifilmEcoliycoliformestotales_19099.pdf
8. 3M. (2010). *Seguridad alimentaria maximizada*. Recuperado de http://jornades.uab.cat/workshopmrama/sites/jornades.uab.cat/workshopmrama/files/Catalogo_Seguridad_alimentaria.pdf
9. Alcázar, J. (s.f.). *ANOVA Multifactorial*. Recuperado de http://www2.uah.es/juange_alcazar/Estadistica%20Alcala/ANOVA%20multifactorial.pdf
10. Alexandratos, N., & Bruinsma, J. (2012). *World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 Revision*. (ESA Working paper No. 12-03). Roma: FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>
11. Amundson, S., McCarty, G., Critzer, F., Lockwood, D., Wszelaki, A., & Bihn, E. (2012). *Interpreting Water Quality Test Results for Fruit and Vegetable Production*. Recuperado de <http://utextension.tennessee.edu/publications/Documents/SP740-B.pdf>
12. Bisen, P., Debnath, M., & Prasad, G. (2012). *Microbes: Concepts and Applications*. Canada: Wiley-Blackwell. Recuperado de http://books.google.com.ec/books?id=JICvo_t87x4C&pg=PT495&lpg=P%20T495&dq=oligodynamic+activity+of+heavy+metals&source=bl&ots=L%20mUhy

X3Kan&sig=n9UhT84b0RJ0RAUGXY2tMFRiIcs&hl=es-
%20419&sa=X&ei=QIN4VKaUM4WYgwT3_oF4&ved=0CFEQ6AEwBQ#v=onepage&q=oligodynamic%20activity%20of%20heavy%20metals&f=false

13. Cabrera, H., Garcés, H. & Paredes, P. (s.f.). *Proyecto de desarrollo de capacidades para el uso seguro de aguas servidas en agricultura*. Recuperado de http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/378/mod_page/content/146/ECUADOR_producción_de_aguas_servidas_tratamiento_y_uso.pdf
14. Canadian Council of Ministers of the Environment. (1987). *Water Quality Guidelines for the Protection of Agriculture: Irrigation, Livestock*. Recuperado de <http://st-ts.ccme.ca/en/index.html>
15. Castañeda, R., & Ortiz, N. (2001). *Diseño de Señalética Turística para la Provincia del Tungurahua* (Disertación de Tecnología). Recuperada de la Pontificia Universidad Católica Sede Ambato de la página: <http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0CE0QFjAH&url=http%3A%2F%2F repositorio.pucesa.edu.ec%2Fjspui%2Fbitstream%2F123456789%2F864%2F1%2F80017.pdf&ei=U9BHVKrcNcnJgwSluoCwBQ&usg=AFQjCNFQHieCTJ3EstDvJhqp36YW2H-tZA&sig2=18a1dbMjq7vtTJZ1japcvQ>
16. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (s.f.). *Household Water Treatment. Ceramic Filtration*. Recuperado de http://www.cdc.gov/safewater/pdf/ceramic_2011-final.pdf
17. Comisión Nacional del Agua. (2009). *Ley federal de derechos disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales*. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado de http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=article&id=11983:ley-federal-de-derechos-disposiciones-aplicables-en-materia-de-aguas-nacionales-2009&catid=1142:interactua&Itemid=100271
18. Coutiño, E. (2008). *Agua, como un riesgo para la salud*. *Revista Médica de la Univeridad Veracruzana*, 8 (1). Recuperado de http://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol8_num1/editorial/
19. Csuros, M., & Csuros, C. (1999). *Microbiological Examination of Water and Wastewater*. Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=AtjDUn5KfG0C&pg=PA255&dq=enterobacteriaceae+as+an+indicator+in+water&hl=en&sa=X&ei=kIbRVIH8A4enyQTQooDgDA&ved=0CCQQ6AEwAQ#v=onepage&q=enterobacteriaceae%20as%20an%20indicator%20in%20water&f=false>
20. Dirección de Recursos Hídricos y Gestión Ambiental. (2013). *Unidad hidrográfica del río Pachanlica*. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
21. Draper, A. (2012). *Microbial Survey of Pennsylvania Surface Water Used For Specialty Crop Irrigation and Development of Sampling, Handling, and Shipping Procedures for Surface Water Testing* (Tesis de Maestría). Recuperado de la

22. Eden, R., & Arbor, A. (2014). Classical and Modern Methods for Detection and Enumeration. En C. Batt y M. Tortorello (Ed.), *Encyclopedia of Food Microbiology* (2da Ed.) (pp. 667-673). Recuperado de http://books.google.com.ec/books?id=1b1CAgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
23. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014a). *Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe*. Recuperado el 4 de Noviembre del 2014, de <http://www.fao.org/americas/perspectivas/suelo-agua/en/>
24. FAO (2014b). *Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas para la adaptación al cambio climático. Metodología basada en WOCAT para América Latina y el Caribe*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3741s.pdf>
25. Food and Drug Administration (FDA). (s.f.). *Agricultural Water – Proposed Microbial Standards*. Recuperado de <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/FSMA/UCM415227.pdf>
26. Food and Drug Administration (FDA). (2013). *More on the Proposed Agricultural Water Standards – FDA’s Proposed Rule for Produce Safety*. Recuperado de <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceRegulation/FSMA/UCM360242.pdf>
27. FDA. (2014a). *FSMA Proposed Rule for Produce Safety: Information on Specific Provisions*. Recuperado el 15 de noviembre del 2014, de <http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/fsma/ucm415226.htm>
28. FDA. (2014b). *Food and Drug Administration Department of Health and Human Services, Subchapter B -- Food for Human Consumption*. Recuperado de <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/cfrsearch.cfm?fr=165.110>
29. FDA & United States Department of Agriculture (USDA). (1998). *Guide to Minimize Microbial Food Safety Hazards for Fresh Fruits and Vegetables*. Washington: Food and Drug Administration. Recuperado de <http://www.fda.gov/downloads/Food/GuidanceComplianceRegulatoryInformation/GuidanceDocuments/ProduceandPlantProducts/UCM169112.pdf>
30. Foro de Recursos Hídricos. (2011). *Transferencia de competencias de riego para el desarrollo*. Recuperado de <http://www.camaren.org/documents/transferencia.pdf>
31. Foro de los Recursos Hídricos. (2012). *Todos por el agua - El agua para todos*. Recuperado de <http://www.camaren.org/documents/suplemento.pdf>

32. Foro de Recursos Hídricos. (2013). *Planes provinciales de riego*. Recuperado de <http://www.camaren.org/documents/planesprovinciales.pdf>
33. Gangadharan, D., Harshvardan, K., Gnanasekar, G., Dixit, D., Popat, K. M., & Anand, P. S. (2010). Polymeric Microspheres Containing Silver Nanoparticles as a Bactericidal Agent for Water Disinfection. *Water Research*, 44, 5481-5487. doi: 10.1016/j.watres.2010.06.057
34. Gerba, C. (2009). The Role of Water and Water Testing in Produce Safety. En X. Fan, B. Niemira, C. Doona, F. Feeherry, & R. Gravani (Eds.), *Microbial Safety of Fresh Produce* (1era Ed.) (pp.129-142). DOI: 10.1002/9781444319347.ch7
35. Guzmán, V., & Narváez, R. (2010, octubre 29). *Línea base para el monitoreo de la calidad de agua de riego en la demarcación hidrográfica del Guayas* (Informe técnico). Secretaría Nacional del Agua. Recuperado de <http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/07/LineaBaseDHG.pdf>
36. Hach Company. (2000). *The Use of Indicator Organisms to Assess Public Water Safety*. Recuperado de http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&ved=0CFoQFjAH&url=http%3A%2F%2Fwww.hach.com%2Fasset-get.download.jsa%3Fid%3D7639984481&ei=_iVPVP76CsqVNp3XguAN&usg=AFQjCNGwwg3fUcNgmoB9qzMu1rU6OiBldA&sig2=twzeli3gU3A54lDbvg2njA
37. Harrigan, W. (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology* (3ra Ed.). Recuperado de http://books.google.com.ec/books?id=ll5DHCE2YW4C&pg=PA23&lpg=PA23&dq=suspension+test+method+in+solid+medium+for+disinfectants&source=bl&ots=WNWvjCZran&sig=zrYfSCQahlh_MVS3YKvmsSqWXA8&hl=es&sa=X&ei=f9cdVIP1Msja8AGT3IGgAg&ved=0CDAQ6AEwAA#v=onepage&q=suspension%20test%20method%20in%20solid%20medium%20for%20disinfectants&f=false
38. Hernández, V. (2008). *El Gobierno Provincial de Tungurahua: (Re) viviendo la democracia*. Recuperado de http://www.incidenciapolitica.info/biblioteca/BOL_BG_001.pdf
39. Hespanhol, I. (1997). Wastewater as a Resource. En R. Helmer y I. Hespanhol (Eds.), *Water Pollution Control - A Guide to the Use of Water Quality Management Principles* (1era Ed.). United Nations Environment Programme (UNEP), the Water Supply & Sanitation Collaborative Council (WSSCC), & the World Health Organization (WHO). Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/watpolcontrol.pdf
40. Hidalgo, F., Isch, E., Pazmiño, D., Terán, J., Warner, J., & Zapatta, A. (2009). *Gestión integrada del agua: conceptos y políticas*. Recuperado de <http://www.camaren.org/documents/modulogirh.pdf>

41. Honorable Consejo Provincial de Tungurahua, Consejo Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), Proyecto de Manejo de Cuencas Hidrográficas (PROMACH), Instituto de Ecología de las Comunidades Andinas (IEDECA), Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA). (2004). *Inventario y diagnóstico del recurso hídrico Provincia de Tungurahua*. Recuperado de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/inicio#/documentos/vista/5266d96f83ba88503b00007f>
42. Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. (2013). *¿Por qué tecnificación de sistemas colectivos de riego?* Recuperado de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/inicio#/programas/ver/5245f50583ba886e6e000082>
43. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (1983). *Aguas. Muestreo para examen microbiológico. NTE INEN 1105*. (Norma Técnica Ecuatoriana) Recuperado de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.1105.1984.pdf>
44. INEN. (1985). *Agua. Determinación del número total de bacterias en placas. INEN 1 205*. (Norma Ecuatoriana). Recuperado de <http://normaspdf.inen.gob.ec/pdf/nte/1205.pdf>
45. INEN. (1998). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras. NTE INEN 2 169:98* (Norma Técnica Ecuatoriana). Recuperado de http://www.grupoquimicomarcos.com/downloads/medios_de_preservacion_de_muestras.pdf
46. INEN. (2006). *Agua Potable. Requisitos. NTE INEN 1 108* (Norma técnica Ecuatoriana). Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/10608/8/Norma%20Inen%20Agua1108-2.pdf>
47. Instituto Geográfico Militar. (2012). *Serie Cartográfica Provincial 2012 (Provincia de Tungurahua)*. Recuperado de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/descargas/geoinformacion/mapas-tematicos-provinciales/>
48. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2008). *Perfil agropecuario provincial del Ecuador*. Recuperado el 2 de octubre del 2014, de http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_remository&Itemid=420&func=startdown&id=413&lang=es&TB_iframe=true&height=250&width=800
49. INEC. (2012). *Ecuador destina 7 millones de hectáreas a la labor agrícola*. Recuperado el 15 de octubre del 2014, de http://www.inec.gob.ec/inec/index.php?option=com_content&view=article&id=621%3Aecuador-destina-7-millones-de-hectareas-a-la-labor-agricola&catid=68%3Aboletines&Itemid=51&lang=es
50. Instituto Nacional de Normalización (INN). (1987). *Requisitos de calidad del agua para diferentes usos* (Norma Chilena Oficial). Recuperado de http://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh1333-1978_Mod-1987.pdf

51. Isch, E. (2011). *Contaminación de las aguas y políticas para enfrentarla*. Recuperado de <http://www.camaren.org/documents/contaminacion.pdf>
52. Jo, Y., Kim, B., & Jung, G. (2009). Antifungal Activity of Silver Ions and Nanoparticles on Phytopathogenic Fungi. *Plant Disease*, 93 (10), 1037–1043. doi: 10.1094 / PDIS-93-10-1037
53. Jones, S., & Shortt, R. (2010). *Improving On-Farm Food Safety Through Good Irrigation Practices* (Factsheet) Recuperado de <http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/10-037.pdf>
54. Kator, H., & Rhodes, M., (2003). Detection, enumeration and identification of environmental microorganisms of public health significance. En D. Mara & N. Horan (Ed.), *Handbook of Water and Wastewater Microbiology* (pp. 113-144). Recuperado de <https://books.google.com.ec/books?id=T6biHTO4E3kC&pg=PA121&lpg=PA121&dq=MPN+is+not+considered+to+be+as+precise+as+population+numbers+derived+from+direct+plating+methods&source=bl&ots=hSU55Pz05b&sig=0cfdQEgYDOHJwS-wodZcmYNYahw&hl=es-419&sa=X&ei=OcesVI3DFIufggS2u4MY&ved=0CEIQ6AEwBA#v=onepage&q=MPN%20is%20not%20considered%20to%20be%20as%20precise%20as%20population%20numbers%20derived%20from%20direct%20plating%20methods&f=false>
55. Katrivanos, F. (2014). *Silver*. Recuperado de <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/silver/mcs-2014-silve.pdf>
56. Kim, S., Lee, H., Ryu, D., Choi, S., & Lee, D. (2011). Antibacterial Activity of Silver-nanoparticles Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Korean J. Microbiol. Biotechnol*, 39 (1), 77-85. Recuperado de http://jim.kormb.or.kr/storage/journal/KJMB/39_1/8743/articlefile/article.pdf
57. Li, W., Xie, X., Shi, Q., Zeng, H., OU-Yang, Y., & Chen, Y. (2010). Antibacterial Activity and Mechanism of Silver Nanoparticles on *Escherichia coli*. *Appl Microbiol Biotechnol*, 85 (4), 1115–1122. doi:10.1007/s00253-009-2159-5
58. Lin, S. (2002). The Indicator Concept and Its Application in Water Supply. En S. Lingireddy (Ed.), *Control of Microorganisms in Drinking Water* (pp. 51 - 73). Recuperado de https://books.google.com.ec/books?id=yOEuU7-z_4sC&pg=PA1&lpg=PA1&dq=Control+of+Microorganisms+in+Drinking+Water+lingireddy,+2002&source=bl&ots=BgSEYbIyai&sig=5tV6imx4tB0qWLS3BQ-GzXRbTtg&hl=en&sa=X&ei=IUOjVOa_DMazNp6TgrAJ&ved=0CEoQ6AEwBQ#v=onepage&q=Control%20of%20Microorganisms%20in%20Drinking%20Water%20lingireddy%2C%202002&f=false
59. Lkhagvajav, N., Yaşa, I., Çelik, E., Koizhaiganova, M., & Sari, Ö. (2011). Antimicrobial Activity of Colloidal Silver Nanoparticles Prepared by Sol-Gel Method. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 6 (1), 149 – 154. Recuperado de http://www.chalcogen.ro/149_Lkhagvajav.pdf

60. Lv, Y., Liu, H., Wang, Z., Liu, S., Hao, L., Sang, Y., ..., J., & Boughton, R. (2009). Silver Nanoparticle-Decorated Porous Ceramic Composite for Water Treatment. *Journal of Membrane Science*, 331 (1-2), 50–56. doi: 10.1016/j.memsci.2009.01.007
61. Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (2004). *Brock Biología de los Microorganismos* (10ª Ed.). España, Madrid, España: Pearson – Prentice Hall.
62. Mara, D., & Cairncross S. (1989). *Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture: Measures for Public Health Protection*. Geneva: World Health Organization. Recuperado de <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/41681/1/9241542489.pdf>
63. Mateo-Sagasta, J., Medlicott, K., Qadir, M., Raschid-Sally, L., Drechsel, P., & Liebe, J. (2013). En J. Liebe y R. Ardakanian (Eds.), *Proceedings of the UN-Water project on the Safe Use of Wastewater in Agriculture*. Recuperado de http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/62/course/section/29/proceedings-no-11_WEB.pdf
64. Mestanza, S. (2006). *¿Cómo muestrear aguas para determinar la calidad del riego?* (Folleto). Estación Experimental el Boliche: Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de <http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Como%20muestrear%20aguas%20para%20determinar%20la%20calidad%20de%20riego..pdf>
65. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca e Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. (2011). *Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego)*. Recuperado de http://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/107-Protocolo_Aguas_INTA.pdf
66. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP). (2013). *Plan nacional de riego y drenaje 2012-2027*. Quito: Subsecretaría de Riego y Drenaje. Recuperado de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/2013/Pdf,%20banner,%20eventos/PNRD.pdf>
67. Ministerio del Ambiente (MAE). (2014). *Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua*. Recuperado de <http://industrias.ec/archivos/CIG/file/CARTELERA/Reforma%20Anexo%2028%20feb%202014%20FINAL.pdf>
68. Ministerio del Ambiente de Perú (MINAM). (2003). *Estándares de calidad ambiental - aguas*. Recuperado de http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/dgaam/publicaciones/curso_cierraminas/02_Técnico/03_Calidad%20de%20Aguas/TecCalAg-L1_ECA-LMP.pdf
69. Ministerio del Ambiente & Consejo Nacional de Recursos Hídricos. (2002). *División hidrográfica del Ecuador* (Memoria técnica). Recuperado de

http://intranet.comunidadandina.org/Documentos/Reuniones/DTrabajo/SG_REG_EMAB_IX_dt%203_Ax2.pdf

70. Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Conductividad. (2011). *Agendas para la transformación productiva territorial: provincia de Tungurahua*. Recuperado de <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-TUNGURAHUA.pdf>
71. Ministry of Health. (2013). *Guidelines for Drinking-Water Quality Management for New Zealand* (3ra Ed.). Wellington: Ministry of Health. Recuperado de <http://www.health.govt.nz/system/files/documents/publications/guidelines-drinking-water-quality-management-for-new-zealand-jan14.pdf>
72. Monaghan, J., & Hutchison, M. (2010). *Monitoring Microbial Food Safety of Fresh Produce* (Factsheet). Recuperado de <http://www.food.gov.uk/sites/default/files/multimedia/pdfs/microbial.pdf>
73. Monge, M. (2009). Nanopartículas de Plata: Métodos de Síntesis en Disolución y Propiedades Bactericidas. *An. Quím.*, 105 (1), 33–41. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2931286>
74. Morones, R. (2010). Historia de la plata: su impacto en las antiguas civilizaciones y la sociedad moderna. *Revista Digital Universitaria*, 11 (7), 1xx-9xx. Recuperado de <http://132.248.9.34/hevila/Revistadigitaluniversitaria/2010/vol11/no7/8.pdf>
75. Moscoso, J., & Egocheaga, L. (2004). *Avances del inventario regional de la situación de las aguas residuales domésticas en América Latina*. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaar/e/proyecto/inventario-resumen.pdf>
76. Mukherji, S., Ruparelia, J., & Agnihotri, S. (2012). Antimicrobial Activity of Silver and Copper Nanoparticles: Variation in Sensitivity Across Various Strains of Bacteria and Fungi. En N. Cioffi, M. Rai (Eds.), *Nano-antimicrobials* (pp. 225-251). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-24428-5_8
77. Mwabi, J., Mamba, B., & Momba, M. (2012). Removal of *Escherichia coli* and Faecal Coliforms from Surface Water and Groundwater by Household Water Treatment Devices/Systems: A Sustainable Solution for Improving Water Quality in Rural Communities of the Southern African Development Community Region. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 9 (1), 139-170. doi: 10.3390/ijerph 9010139
78. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable. Primer apéndice a la tercera edición*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf?ua=1
79. Pachepsky, Y., Shelton, D., McLain, J., Patel, J., & Mandrell, R. (2011). Irrigation Waters as a Source of Pathogenic Microorganisms in Produce: A Review. En D. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy* (pp. 73-138). Burlington: Academic. Recuperado de

http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/person/12091/2011PachepskyEtAl_AdvancesAgronomyV113pp73-138IrrigationWaters.pdf

80. Pahl, D., Telias, A., Newell, M., Ottesen, A., & Walsh, C. (2012). *Comparing Source of Agricultural Contact Water and the Presence of Fecal Indicator Organisms on the Surface of 'Juliet' Grape Tomatoes*. Recuperado de http://agresearch.umd.edu/sites/default/files/_docs/locations/wye/Pahl%20Final%20Report%20HCAE%20Pub%202012-01.pdf
81. Pancorbo, F. (2009). *Desinfección del agua mediante procesos electrofísicos cobre/plata*. Recuperado de Universia Recursos de Aprendizaje de la página: <http://dspace.universia.net/bitstream/2024/233/1/DESINFECCION+DEL+AGUA+MEDIANTE+COBRE-PLATA.pdf>
82. Payment, P., Waite, M., & Dufour, A. (2003). Introducing Parameters for the Assessment of Drinking Water Quality. En WHO, & Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (Eds.), *Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods* (pp. 47-77). Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/9241546301full.pdf
83. Pedley, S., Yates, M., Schijven, J., West, J., Howard, G., & Barrett, M. (2006). Pathogens: Health Relevance, Transport and Attenuation. En O. Schmoll, G. Howard, J. Chilton e I. Chorus (Eds.). *Protecting Groundwater for Health: Managing the Quality of Drinking-water Sources* (pp.49-76). Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/PGWsection1.pdf
84. Pescod, M. (1992). *Wastewater Treatment and Use in Agriculture - FAO Irrigation and Drainage Paper 47*. Recuperado de <http://www2.gtz.de/Dokumente/oe44/ecosan/en-wastewater-treatment-agriculture-1992.pdf>
85. Prescott, L., Harley, J., & Klein, D. (2004). *Microbiología* (2ª Ed.). España, Madrid, España: McGraw Hill Interamericana .
86. Proceso Regional de las Américas (PRA). (2012). *Agenda del agua de las Américas: metas, soluciones y rutas para mejorar la gestión de los recursos hídricos*. Recuperado de http://www.onuhabitat.org/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=61&Itemid=68
87. Programa de Agua y Cuencas de Tungurahua (PACT). (2011). *Estudio definitivo CORICAM Alto* (Informe principal). Recuperado de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/documentos/ver/5245ef7abd92ead40a000002>
88. Quinde, M., & Aguilar, M. (2007). *Plan provincial de emergencia ante la probable erupción del volcán Tungurahua*. Recuperado de http://www.paho.org/ecu/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=23&Itemid=

89. Rai, M., Deshmukh, S., Ingle, A., & Gade, A. (2012). Silver Nanoparticles: The Powerful Nanoweapon Against Multidrug-Resistant Bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 112 (5), 841-852. doi: 10.1111/j.1365-2672.2012.05253.x
90. Rai, M., Yadav, A., & Cioffi, N. (2012). Silver Nanoparticles as Nano-Antimicrobials: Bioactivity, Benefits and Bottlenecks. En N. Cioffi, M. Rai (Eds.), *Nano-Antimicrobials* (pp. 211-224). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-24428-5_7
91. Ríos, R. (2011). *Sistematización y plan de manejo de la Unidad Hidrográfica Río Pachanlica*. Recuperado de <http://rrnn.tungurahua.gob.ec/uploads/agendaAmbiental/Propuestas%20Manejo%20R%20Pachanlica%20junio27.pdf>
92. Royal Society of Chemistry. (2014). *Silver. Periodic Table*. Recuperado el 2 de noviembre del 2014, de <http://www.rsc.org/periodic-table/element/47/silver>
93. Ruparelia, J., Chatterjee, A., Duttgupta, S., & Mukherji, S. (2008). Strain Specificity in Antimicrobial Activity of Silver and Copper Nanoparticles. *Acta Biomaterialia*, 4 (3), 707–716. Recuperado de [http://dspace.library.iitb.ac.in/jspui/bitstream/10054/1451/1/20189.pdf?or](http://dspace.library.iitb.ac.in/jspui/bitstream/10054/1451/1/20189.pdf?origin=publication_detail)
[igin=publication_detail](http://dspace.library.iitb.ac.in/jspui/bitstream/10054/1451/1/20189.pdf?origin=publication_detail)
94. Scherer, T., Franzen, D., & Cihacek, L. (2013). *Soil, Water and Plant Characteristics Important to Irrigation*. Recuperado de <http://www.ag.ndsu.edu/pubs/ageng/irrigate/ae1675.pdf>
95. Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1984). *Decreto-1594 de 1984*. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>
96. Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicios de Salud del Estado de Zacatecas, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Universidad Nacional Autónoma de México..., Métodos Rápidos, S.A de C.V. (2014). *PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY NOM-250-SSA1-2014, Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua y requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, su control y vigilancia. Procedimiento sanitario de muestreo*. México: Secretaría de Salud. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356607&fecha=15/08/2014
97. Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). (2013). *Comunicado*. Ambato, Tungurahua, Ecuador.
98. SENAGUA, Secretaría General de la Comunidad Andina, & Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). (2009). *Delimitación y Codificación de Unidades Hidrográficas del Ecuador: escala 1:250 000, nivel 5, metodología Pfafstetter*. Recuperado de

<http://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/delimitacion-codificacion-Ecuador.pdf>

99. Segrega, L. (1990). *Técnica de muestreo de agua para riego*. Revista de difusión de Tecnología Agrícola y Pesquera del Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd34/texto/tecnica.htm
100. Solsona, F., & Méndez, J. (2002). *Desinfección del agua*. Lima: OPS/CEPIS/PUB/02.83. Recuperado de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacg/fulltext/libro.pdf>
101. StatPoint, Inc. (2006). *ANOVA Multifactorial*. Recuperado de <http://www.statgraphics.net/wp-content/uploads/2011/12/tutoriales/ANOVA%20Multifactorial.pdf>
102. StatPoint Technologies, Inc. (2005). *STATGRAPHICS Centurion (versión xv)* [software de cómputo]. Warrenton, Virginia, Estados Unidos: StatPoint Technologies, Inc.
103. Stepenuck, K., Wolfson, L., Liukkonen, B., Iles, J., & Grant, T. (2010). Volunteer Monitoring of *E. coli* in Streams of the Upper Midwestern United States: a Comparison of Methods. *Environ Monit Assess*, 174 (1-4), 625-633. doi: 10.1007/s10661-010-1483-7.
104. The Ceramics Manufacturing Working Group. (2011). *Best Practice Recommendations for Local Manufacturing of Ceramic Pot Filters for Household Water Treatment*. (1ra Ed.). Atlanta: CDC. Recuperado de <http://hwts.web.unc.edu/files/2014/09/best-practices-ceramic-filters.pdf>
105. United States Environmental Protection Agency (EPA). (2009). *National Drinking Water Regulations*. Recuperado de <http://www.epa.gov/ogwdw/consumer/pdf/mcl.pdf>
106. EPA. (2012a). *Guidelines for Water Reuse*. Recuperado de <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P100FS7K.pdf>
107. EPA. (2012b). *Irrigation*. Recuperado de <http://www.epa.gov/oecaagct/ag101/cropirrigation.html#surface>
108. Varkey, A. (2010). Antibacterial properties of some metals and alloys in combating coliforms in contaminated water. *Scientific Research and Essays*, 5 (24), 3834-3839. Recuperado de http://www.academicjournals.org/article/article1380626432_Varkey.pdf
109. Verhille, S. (2013). *Understanding Microbial Indicators for Drinking Water Assessment: Interpretation of Test Results and Public Health Significance*. Recuperado de http://www.ncceh.ca/sites/default/files/Microbial_Indicators_Jan_2013_0.pdf

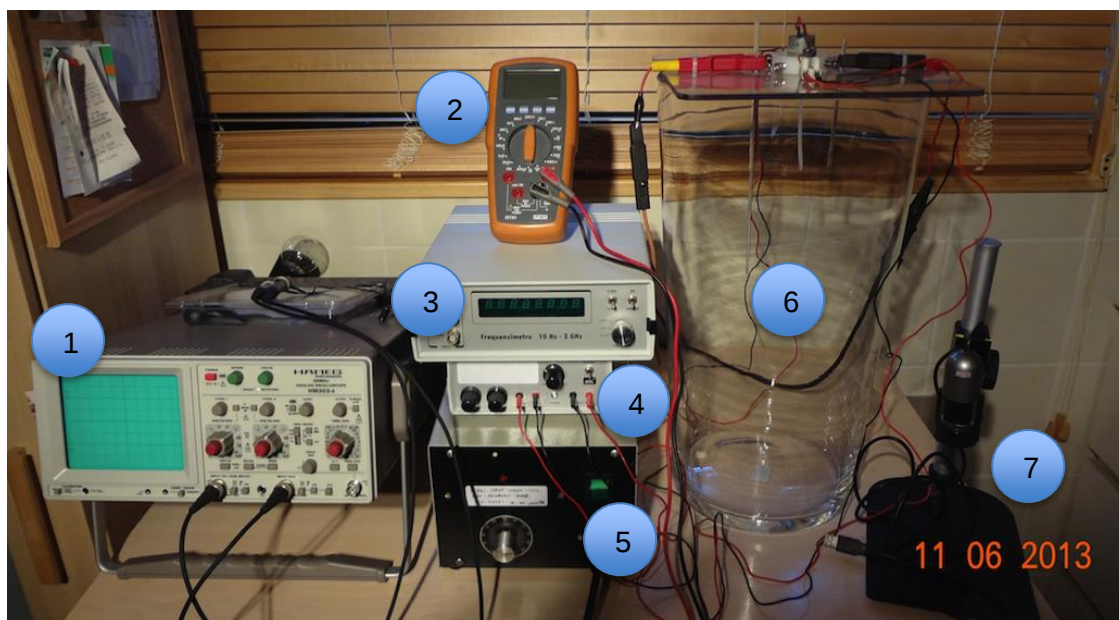
110. Vermont. (2009). *Water Quality Criteria For Agricultural Water Sources and Microbial Testing Guidelines*. Recuperado de http://localfoodhub.org/wp-content/uploads/2012/10/waterQualityCriteria_VermontAgriculture.pdf
111. Vermont. (2011). *Vermont Water Quality Standards*. Recuperado de <http://www.nrb.state.vt.us/wrp/publications/wqs.pdf>
112. Vidal, S. (2010). *Evaluación de la efectividad del filtro a base de arcilla y plata coloidal en la potabilización de agua, medida por pruebas fisicoquímicas y microbiológicas* (Disertación de Tecnología). Recuperada de la Universidad Tecnológica de Pereira de la página: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2086/1/628352V648.pdf>
113. Wang, D., An, J., Luo, Q., Li, X., & Yan, L. (2012). Synthesis, Characterization and Application of Silver-Based Antimicrobial Nanocomposites. En N. Cioffi y M. Rai (Eds.), *Nano-Antimicrobials* (pp. 47-84). Berlin: Springer Berlin Heidelberg. doi: 10.1007/978-3-642-24428-5_2
114. Washington State Department of Health. (s.f.). *Coliform Bacteria in Drinking Water*. Recuperado de <http://www.doh.wa.gov/CommunityandEnvironment/DrinkingWater/Contaminants/Coliform>
115. Washington State Department of Health. (2013). *Waterborne Disease Outbreaks*. Recuperado de <http://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/5100/420-044-Guideline-WaterOutbreak.pdf>
116. Winpenny, J., Heinz, I., & Koo-Oshima, S. (2013). *Reutilización del agua en la agricultura: ¿beneficios para todos?*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>
117. World Health Organization (WHO). (2003). *Silver in Drinking-Water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/silver.pdf
118. WHO. (2006). *WHO Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater. Volume 2. Wastewater use in agriculture*. Recuperado de http://www.fao.org/nr/water/docs/volume2_eng.pdf
119. WHO. (2008). *Guidelines for Drinking Water Quality: Incorporing First and Second Addenda*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf
120. World Water Assessment Programme (WWAP). (2009). *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World*. UNESCO. Recuperado de http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/pdf/WWDR3_Water_in_a_Changing_World.pdf

121. World Water Assessment Programme (WWAP). (2014). *The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy*. Recuperado de <http://unesdoc.unesco.org/images/0022/002257/225741e.pdf>
122. World Wildlife Fund (WWF). (2009). *Manual de buenas prácticas de riego. Propuesta de la WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura*. España. Recuperado de http://awsassets.wwf.es/downloads/buenas_practicas_de_riego.pdf
123. Xiu, Z., Ma, J., & Álvarez, P. (2011). Differential Effect of Common Ligands and Molecular Oxygen on Antimicrobial Activity of Silver Nanoparticles versus Silver Ions. *Environ. Sci. Technol.*, 45 (20), 9003– 9008. doi: dx.doi.org/10.1021/es201918f
124. Xiu, Z., Zhang, Q., Puppala, H., Colvin, V., & Álvarez, P. (2012). Negligible Particle-Specific Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles. *Nano Lett*, 12 (8), 4271–4275. doi: dx.doi.org/10.1021/nl301934w
125. Zhang, H., Wu, M., & Sen, A. (2012). Silver Nanoparticle Antimicrobials and Related Materials. En N. Cioffi y M. Rai (Eds.), *Nano-Antimicrobials* (pp. 3-45). Berlin: *Springer Berlin Heidelberg*. doi: 10.1007/978-3-642-24428-5_1

ANEXOS

Anexo 1. Equipos para la elaboración de agua de plata (Foto: cortesía del Ing. Osvaldo Carbonari y del Coronel Luis Pazmiño - Argentum).

- Osciloscopio Hameg: permite visualizar el tipo de onda (1).
- Medidor de voltios, amperios, homios, probador de múltiples funciones (2).
- Medidor de frecuencia 10 hz - 2 ghz: permite ver los impulsos de frecuencia (3).
- Regulador de revoluciones de giros utilizado con el mezclador de agua (temporizado a inversión automática en senso de rotación) (4).
- Fuente de alimentación de las barras de plata (5).
- Contenedor de agua: en la tapa se encuentran unas pinzas roja y negra que mantienen posicionadas las barras de plata, en la mitad de la tapa esta colocado el motor que funciona con un mezclador en plástico (sirve para dar movimiento al agua) (6).
- Microscopio (7).
- Medidor de pH.
- Medidor de ppm: permite conocer la cantidad de plata que tiene el agua.



Anexo 2. Documento emitido por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) – Centro Zonal Ambato.



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Señorita

Maria Belén Puente

Estudiante Tesista de Microbiología de la PUCE



Secretaría de
Agua

En atención a su comunicación de fecha 16 de Octubre del 2.013, me permito detallar lo siguiente:

La provincia del Tungurahua, para abastecer la zona agrícola, cuenta con 6 canales estatales y aproximadamente 260 acequias particulares, considerado únicamente las más importantes.

Estas acequias están relacionadas principalmente a tres ejes hídricos como son: Río Ambato, Río Pachanlica y Río Cutuchi.

De estos ejes hídricos, se derivan muchas acequias y los canales señalados, de los cuales varios captan aguas limpias y de buena calidad, mientras que otros captan aguas con problemas de calidad y otros captan aguas en buen estado o calidad y se contaminan a lo largo de sus recorridos por cuanto recorren por zonas pobladas.

Dado su interés o requerimiento de investigación, sugiero tomar de entre los siguientes casos:

Eje Hídrico	Acequia canal o	Observaciones
Río Ambato	Ambato Huachi Pelileo	Canal estatal que se contamina en su recorrido
Río Ambato	Darquea Tilullún	Problemas ligeros de calidad en la captación, contaminación en su recorrido
Río Ambato	Chacon Sevilla	Problemas ligeros de calidad en la captación, contaminación en su recorrido
Río Ambato	Lalama	Problemas ligeros de calidad en la captación, contaminación en su recorrido
Río Ambato	Catiglata La Península	Problemas severos de calidad en la captación
Río Ambato	Troya	Problemas severos de calidad en la captación
Río Ambato	Illina Las Viñas	Problemas severos de calidad en la captación
Río Ambato	Illina La Rabiya	Problemas severos de calidad en la captación
Río Ambato	Quillán Playa	Problemas severos de calidad en la captación
Río Pachanlica	Mocha Huachi	Problemas de calidad en la captación y en su recorrido
Río	Mocha Quero	Problemas de calidad en la captación y

DEMARCACIÓN HIDROGRAFICA DE PASTAZA

www.agua.gob.ec

CENTRO ZONAL RIOBAMBA: Chile 10-51 y Darquea Telefax: (03)2 960623

CENTRO ZONAL AMBATO: Mariano Castillo 0474 y Antonio Jose de Secre Esq. Telefax: (03)2 828516

CENTRO ZONAL LATACUNGA: Cañar 220 y Carchi Redondel Cdla del Chofer Telefax: (03)2 801925

CENTRO ZONAL PUYO: Eugenio Espejo y Ramiro Fernández Telefax: (03)2 883083 /883082

**Anexo 2. Documento emitido por la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA)–
Centro Zonal Ambato (continuación).**



GOBIERNO NACIONAL DE
LA REPÚBLICA DEL ECUADOR



Pachanlica	Ladrillos	en su recorrido
Rio Pachanlica	Mondongo	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	Albornoz Baja	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	Sevilla Chica	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	Los cruces	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	La Victoria	Capta aguas de vertientes, pero circulan por un cauce contaminado
Rio Pachanlica	Pachanlica	Capta aguas de vertientes, pero circulan por un cauce contaminado
Rio Pachanlica	García Moreno o porvenir	Capta aguas de vertientes, pero circulan por un cauce contaminado
Rio Pachanlica	Albornoz Naranjo	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	Troya Guasinga	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	La Torre	Problemas de calidad en la captación, descarga
Rio Pachanlica	Las Brevas	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	San Miguel	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	Cisneros Alta	Problemas de calidad en la captación
Rio Pachanlica	San José	Problemas de calidad en la captación
Rio Cutuchi	Latacunga Salcedo Ambato	Problemas severos de calidad en la captación
Rio Cutuchi	Jhones o Mórtsen	Problemas de calidad en la captación

Se podría sugerir algún tipo de investigación en los embalses de Mulacorral y Chiquihurco, por cuanto son aguas que se almacenan por lo menos durante 6 meses del año, para ser utilizadas en meses de estiaje.

De muchos de los puntos señalados, se han realizado análisis de calidad, obteniendo resultados de deterioro de la calidad tanto en su captación como en su recorrido, en otros casos la simple identificación de los sitios nos permite asegurar la calidad de las aguas.

De la mayoría de los señalados, se puede obtener mapas georeferenciados con sus bocatomas y recorridos.

Ingo Asael Sánchez
TECNIO DE SENAGUA

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DE PASTAZA
www.agua.gob.ec

CENTRO ZONAL RIOBAMBA: Chile 10-51 y Darquea Telefax: (03)2 960623
CENTRO ZONAL AMBATO: Mariano Castillo 0474 y Antonio José de Secre Esq. Telefax: (03)2 828516
CENTRO ZONAL LATACUNGA: Cañar 220 y Carchi Redondel Cda del Chofer Telefax: (03)2 801925
CENTRO ZONAL PUYO: Eugenio Espejo y Ramiro Fernández Telefax: (03)2 883083 /883082

Anexo 3. Características físicas de las muestras.

N.- de muestra	Acequia o canal	Código	Características físicas
1	Mocha Huachi	MH	Agua transparentosa, con una ligera tonalidad café, con presencia de tierra, no expide mal olor.
2	Albornoz Naranjo	AN	Agua con coloración café – amarillenta, con presencia de tierra, expide un ligero mal olor.
3	Sevilla Chica	SC	Agua transparentosa, amarillenta, con presencia de tierra, no expide mal olor.
4	Mondongo	MO	Agua transparentosa, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.
5	Albornoz Baja	AB	Agua transparentosa, tonalidad café, presencia de tierra y ramas, no expide mal olor.
6	Los Cruces	LC	Agua transparentosa, con tonalidad café - amarillenta, presencia de tierra y ramas, expide un ligero mal olor.
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	Agua transparentosa, ligera tonalidad amarilla, con poca presencia de tierra, no expide mal olor.
8	La Victoria	V	Agua transparentosa, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.
9	San José	SJ	Agua transparentosa, ligeramente amarillenta, con presencia de tierra, no expide mal olor.
10	La Torre	LT	Agua transparentosa, ligero color amarillo, presencia de tierra, no expide mal olor.
11	Pachanlica	P	Agua transparentosa, ligeramente amarilla, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.
12	San Miguel	SM	Agua transparentosa, ligeramente amarilla, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.
13	Porvenir o García Moreno	GM	Agua transparentosa, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	Agua transparentosa, ligeramente amarillenta, presencia de tierra, no expide mal olor.
15	Las Brevas	LB	Agua transparentosa, ligeramente amarillenta, presencia de tierra, no expide mal olor.
16	Troya Huasinga	TH	Agua transparentosa, ligeramente amarillenta, muy escasa presencia de tierra, no expide mal olor.

Anexo 4. Formulario de control de temperatura de la refrigeradora y de la incubadora.

Fecha	Temperatura		Responsable
	Refrigeradora	Incubadora	
07/08/14	6°C	35°C	B. Puente
08/08/14	6°C	35°C	B. Puente
11/08/14	8°C	35°C	B. Puente
12/08/14	5°C	35°C	B. Puente
13/08/14	7°C	35°C	B. Puente
14/08/14	6°C	35°C	B. Puente
15/08/14	5°C	35°C	B. Puente
18/08/14	5°C	35°C	B. Puente
19/08/14	5°C	35°C	B. Puente
20/08/14	3°C	35°C	B. Puente
21/08/14	7°C	35°C	B. Puente
22/08/14	3°C	35°C	B. Puente
25/08/14	6°C	35°C	B. Puente
26/08/14	8°C	35°C	B. Puente
27/08/14	8°C	35°C	B. Puente
28/08/14	5°C	35°C	B. Puente
29/08/14	3°C	35°C	B. Puente
01/09/14	6°C	35°C	B. Puente
02/09/14	6°C	35°C	B. Puente
03/09/14	8°C	35°C	B. Puente
04/09/14	5°C	35°C	B. Puente
05/09/14	5°C	35°C	B. Puente
08/09/14	5°C	35°C	B. Puente
09/09/14	8°C	35°C	B. Puente
10/09/14	3°C	35°C	B. Puente
11/09/14	5°C	35°C	B. Puente
12/09/14	4°C	35°C	B. Puente
15/09/14	3°C	35°C	B. Puente
16/09/14	7°C	35°C	B. Puente
17/09/14	7°C	35°C	B. Puente
18/09/14	5°C	35°C	B. Puente
19/09/14	5°C	35°C	B. Puente
22/09/14	4°C	35°C	B. Puente
23/09/14	4°C	35°C	B. Puente
24/09/14	8°C	35°C	B. Puente
25/09/14	5°C	35°C	B. Puente
26/09/14	4°C	35°C	B. Puente
29/09/14	3°C	35°C	B. Puente
30/09/14	4°C	35°C	B. Puente
01/10/14	5°C	35°C	B. Puente
02/10/14	6°C	35°C	B. Puente
03/10/14	3°C	35°C	B. Puente

Anexo 4. Formulario de control de temperatura de la refrigeradora y de la incubadora (continuación).

Fecha	Temperatura		Responsable
	Refrigeradora	Incubadora	
06/10/14	6°C	35°C	B. Puente
07/10/14	4°C	35°C	B. Puente
08/10/14	5°C	35°C	B. Puente
09/10/14	5°C	35°C	B. Puente
10/10/14	7°C	35°C	B. Puente
13/10/14	5°C	35°C	B. Puente
14/10/14	4°C	35°C	B. Puente
15/10/14	8°C	35°C	B. Puente

Anexo 5. Preparación de medios.

a. Preparación del agar soya tripticasa (TSA)

Este medio de cultivo se emplea para fines generales. Permite el crecimiento de un amplio rango de microorganismos aerobios y anaerobios.

El digerido papaico de harina de soya y el digerido pancreático de caseína proporcionan elementos nutritivos como aminoácidos, péptidos, vitaminas, entre otros. El equilibrio osmótico se conserva gracias al cloruro de sodio. El agar es el agente solidificante.

Fórmula por un litro de agua: Agar (15 g), cloruro de sodio (5 g), digerido pancreático de caseína (15 g), digerido papaico de harina de soya (5 g).

Proceso de preparación: Colocar un litro de agua destilada en una olla, agregar 40 g del medio deshidratado, mezclar, calentar con agitación por un minuto hasta que se disuelva, verter en un vaso frasco Schott de vidrio y autoclavar a 121°C por 15 minutos para esterilizar, finalmente dispensar en cajas Petri.

La información fue tomada de Britanialab (s.f.) y Becton, Dickinson and Company (BD) (2011).

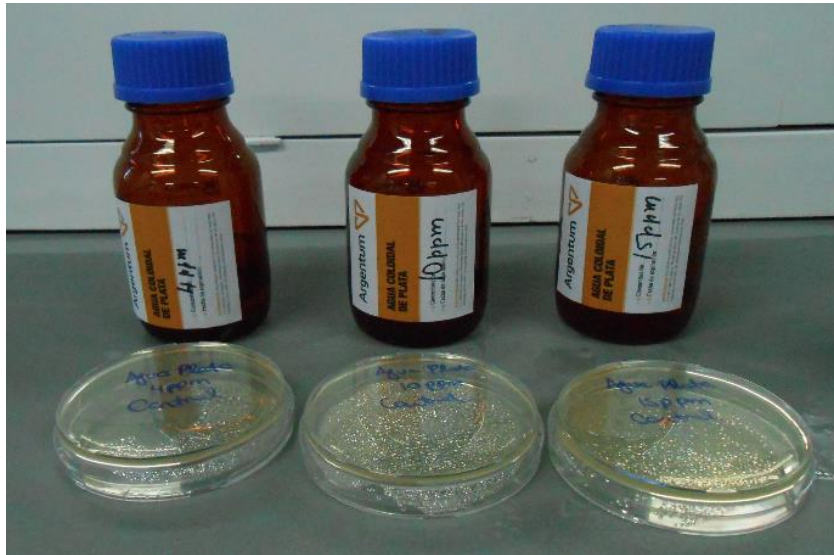
b. Preparación de agua peptonada 0,1%

La peptona bacteriológica es un hidrolizado enzimático de tejidos animales. Se utilizar para diluir muestras, les brinda estabilidad a los microorganismos.

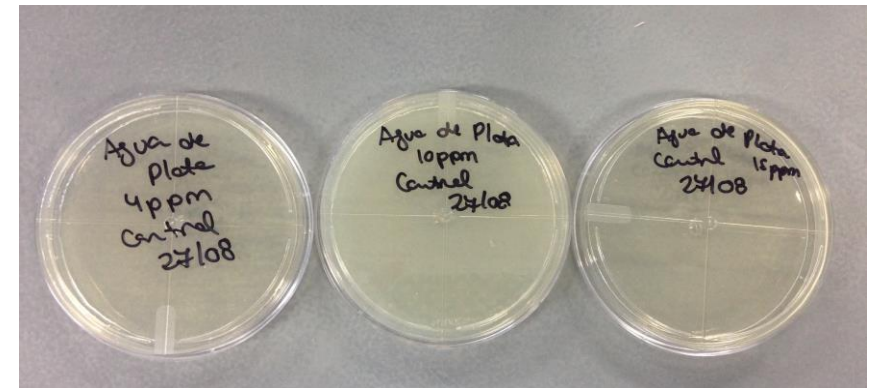
Proceso de preparación: Colocar 1 g de peptona en un litro de agua peptonada, mezclar hasta que se disuelva, distribuir en tubos de ensayo y autoclavar a 121°C por 15 minutos para esterilizar.

La información fue tomada de Britanialab. (s.f.), MAST (2009) e INEN (1999).

Anexo 6. Control de calidad del agua de plata, medios y desinfectante.



a. Siembra de controles del agua de plata



b. Resultados de controles del agua de plata

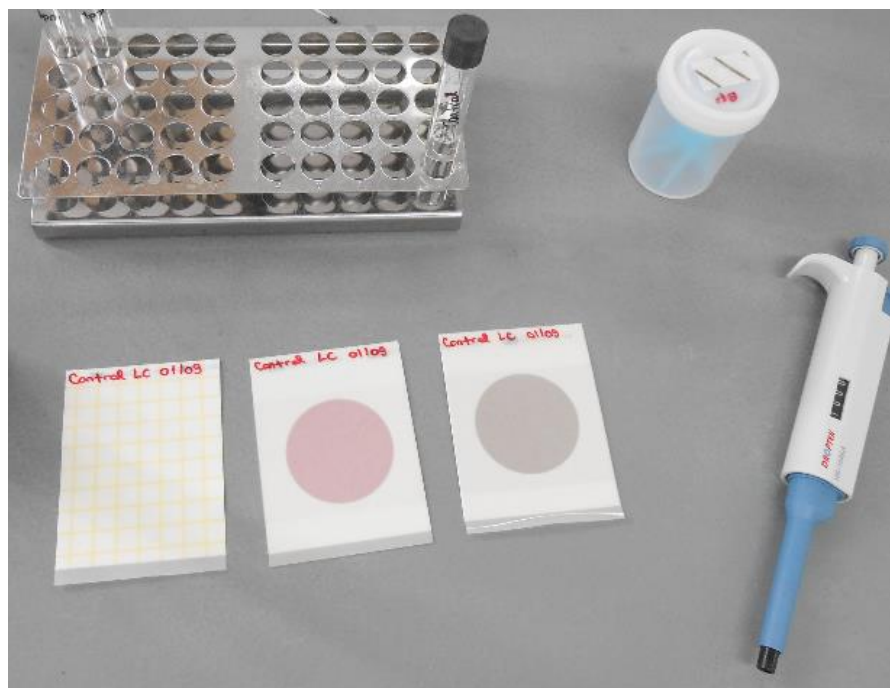


c. Resultado del control del desinfectante

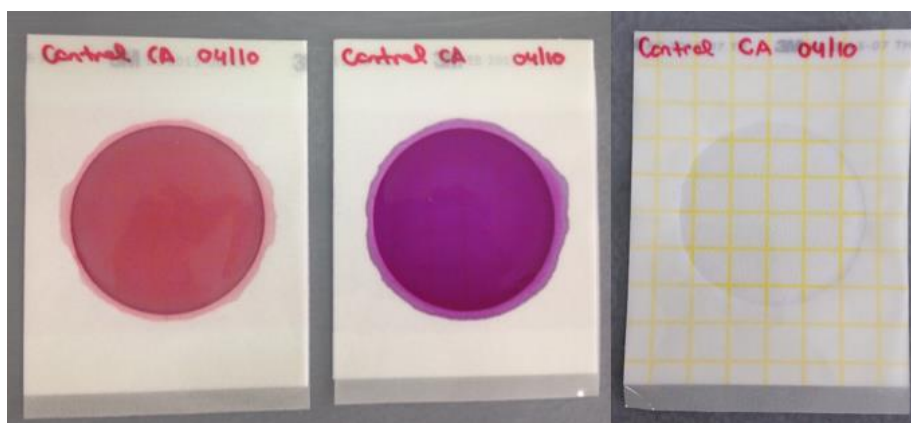


d. Resultado del control del medio TSA

Anexo 6. Control de calidad del agua de plata, medios y desinfectante (continuación).



e. Siembra de controles del agua peptonada 0,1% en placas Petrifilm



f. Resultados de los controles de agua peptonada 0,1% en placas Petrifilm

Anexo 7. Documento de certificación de las concentraciones de agua de plata de 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm (Cortesía de Ing. Osvaldo Carbonari - Argentum).



Quito, 5 de mayo de 2014

Máster
Elena Granda
Escuela de Bioanálisis-Carrera de Microbiología
Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Presente

Saludos cordiales:

Yo, Osvaldo Carbonari, Gerente de la Empresa Argentum, procedo a entregar 4000 ml de Agua de Plata Coloidal para cada concentración (4PPM, 10PPM, 15PPM) a probar en el proyecto de investigación planteado para el año 2014.

Deseosos de colaborar siempre con la investigación y mejoras en procesos en los que se utilizará este producto, adjunto como respaldo de la calidad del Agua de Plata Coloidal un anexo en el que consta información acerca de equipos de medición calibrados que confirman las concentraciones enviadas.

Sin más que añadir, me despido, esperando los resultados de esta investigación conforme a lo pactado.

Atentamente;

Ing. Osvaldo Carbonari
GERENTE EMPRESA ARGENTUM

Anexo 7. Documento de certificación de las concentraciones de agua de plata de 4 ppm, 10 ppm y 15 ppm (Cortesía de Ing. Osvaldo Carbonari - Argentum) (continuación).

Argentum 

**AGUA COLOIDAL
DE PLATA**

TDS METER
Water Quality Tester

**HOW PURE
IS YOUR
WATER?**

Monitor TDS levels for:

- Drinking Water
- Water Filters
- Hydroponics
- Aquariums
- Food & Coffee
- Pools & Spas
- Colloidal Silver

Features Include:

- Wide Range
(0-9990 ppm)
- Digital Thermometer
(TDS-4TM only)
- Auto Shut-Off
- Data Hold
- Auto Temperature
Compensation
- 1000+ Hours of
Continuous Usage
- 3 Year Limited
Warranty
- Factory Calibrated



TDS-4 / TDS-4TM

Dir: Arteta y Calisto 68100 y Machala Telf: 601 2048 / Cel:099 070 8852 carbonariosvaldo@gmail.com

Anexo 8. Resultados de los controles de calidad realizados durante el estudio.

Código de la acequia o canal	Agua peptonada 0,1%			Agua de plata en TSA			Cloro 1% (Desinfectante) en TSA	Medio de cultivo (TSA)
	Mesófilos aerobios	Coliformes totales/ <i>E. coli</i>	Enterobacterias	4 ppm	10 ppm	15 ppm		
MH	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
AN	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
SC	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
MO	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
AB	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
LC	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
MQL	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
V	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
SJ	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
LT	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
P	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
SM	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
GM	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
CA	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
LB	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio
TH	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio	Satisfactorio

Anexo 9. Colocación de EPIs



Anexo 10. Códigos para rotulación de las placas Petrifilm.

Ensayo	Código	Ejemplo del código
Control	Control + código de la acequia + fecha	Control SC 20/08
Siembra de la muestra pura	Pura + código de la acequia + fecha	Pura SC 20/08
Siembra de la dilución de la muestra	Dilución (10^{-1} o 10^{-2} o 10^{-3}) + código de la acequia + fecha	10^{-1} SC 20/08
Siembra de la muestra pura + agua de plata	Muestra + agua de plata (concentración 4 ppm o 10 ppm o 15 ppm) + código de la acequia + tiempo de contacto + fecha	M + H ₂ OAg (4) SC 15 min 20/08
Siembra de la dilución de la muestra + agua de plata	Código de la acequia + dilución (10^{-1} o 10^{-2} o 10^{-3}) + agua de plata (concentración 4 ppm o 10 ppm o 15 ppm) + tiempo de contacto + fecha	SC 10^{-1} + H ₂ OAg (4) 15 min 20/08

Anexo 11. Análisis de la carga bacteriana de las muestras de agua de riego.



a. Rotulación de material



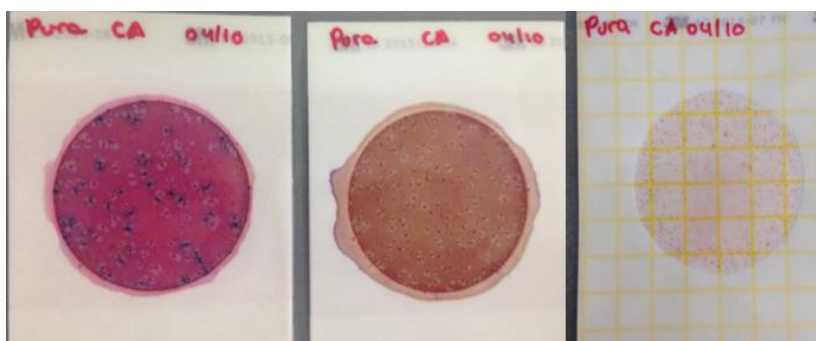
b. Homogenización de la muestra



c. Inoculación de placas Petrifilm



d. Incubación



e. Placas Petrifilm después del tiempo de incubación

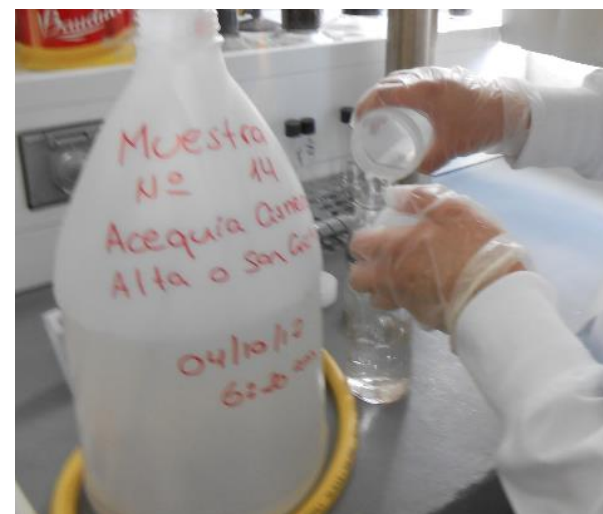
Anexo 12. Análisis de la acción microbica del agua de plata.



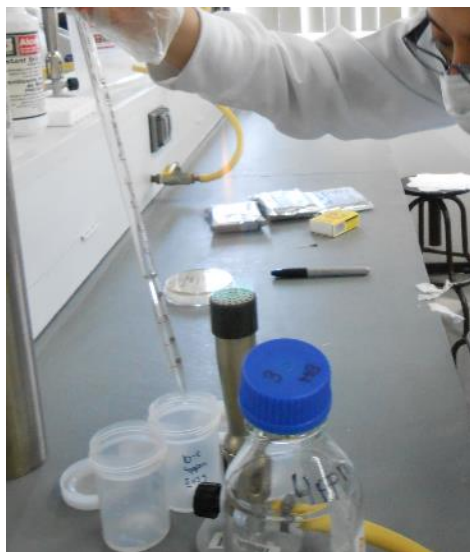
a. Mezcla del agua de plata por inversión



b. Colocación de 50 mL del agua de plata



c. Colocación de 50 mL de la muestra de agua pura



d. Colocación de 5 mL del agua de plata



e. Colocación de 5 mL de la muestra de agua diluida

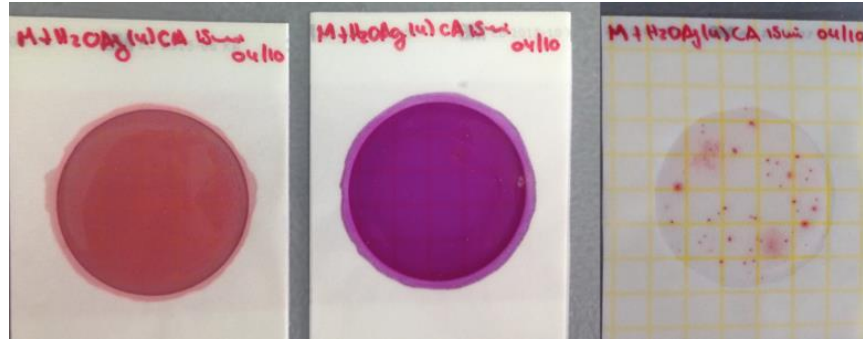


f. Inoculación de placas Petrifilm

Anexo 12. Análisis de la acción microbicida del agua de plata (continuación).



g. Incubación



h. Placas Petrifilm después del tiempo de incubación

Anexo 13. Formulario para entrega de material para lavado y secado.

Fecha	Material entregado	Cantidad	Nombre del estudiante	Firma recepción (personal lavado)	Material (# recibido)

Anexo 14. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	1	2	1	<1	1	2	<1	<1	<1
2	Albornoz Naranjo	AN	18 x 10 ¹	22 x 10 ¹	RES 22 x 10 ¹	91	85	12 x 10 ¹	<1	<1	<1
3	Sevilla Chica	SC	2	4	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4	Mondongo	MO	5	6	2	<1	<1	2	<1	<1	<1
5	Albornoz Baja	AB	82	72	63	8	4	7	<1	<1	<1
6	Los Cruces	LC	75	60	64	4	5	6	<1	<1	<1
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	9	8	11	<1	1	<1	<1	<1	<1
8	La Victoria	V	5	3	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1
9	San José	SJ	18	15	15	<1	3	2	<1	<1	<1
10	La Torre	LT	24	15	8	5	7	1	<1	<1	<1
11	Pachanlica	P	9	10	16	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12	San Miguel	SM	27	20	17	1	1	3	<1	<1	<1
13	Porvenir o García Moreno	GM	3	2	6	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	50	50	41	16	6	4	1	<1	<1
15	Las Brevas	LB	21	14	18	<1	11	4	<1	<1	<1
16	Troya Huasinga	TH	17	20	27	<1	3	1	<1	<1	<1

Anexo 15. Contajes de mesófilos aerobios en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	20	30	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	Albornoz Naranjo	AN	16×10^2	13×10^2	89×10^1	40×10^1	32×10^1	20×10^1	<10	<10	<10
3	Sevilla Chica	SC	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	Mondongo	MO	20	20	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	Albornoz Baja	AB	40×10^1	30×10^1	28×10^1	40	90	30	<10	<10	<10
6	Los Cruces	LC	24×10^1	19×10^1	19×10^1	10	40	30	<10	<10	<10
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	60	90	50	10	10	<10	<10	<10	<10
8	La Victoria	V	30	<10	10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
9	San José	SJ	10×10^1	20	30	20	20	10	<10	<10	<10
10	La Torre	LT	40	40	60	40	10	30	<10	<10	<10
11	Pachanlica	P	60	70	50	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12	San Miguel	SM	17×10^1	10×10^1	30	40	<10	<10	<10	<10	<10
13	Porvenir o García Moreno	GM	30	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	26×10^1	10×10^1	13×10^1	10×10^1	<10	30	<10	<10	<10
15	Las Brevas	LB	50	30	40	<10	<10	<10	<10	<10	<10
16	Troya Huasinga	TH	15×10^1	80	10	10	10	30	<10	<10	<10

Anexo 16. Contajes de mesófilos aerobios en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
2	Albornoz Naranjo	AN	21 x 10 ²	14 x 10 ²	10 x 10 ²	80 x 10 ¹	50 x 10 ¹	60 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
4	Mondongo	MO	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
5	Albornoz Baja	AB	50 x 10 ¹	60 x 10 ¹	20 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
6	Los Cruces	LC	80 x 10 ¹	10 x 10 ¹	20 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	10 x 10 ¹	20 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
8	La Victoria	V	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
9	San José	SJ	20 x 10 ¹	10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
10	La Torre	LT	10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<1 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<1 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
12	San Miguel	SM	20 x 10 ¹	20 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	40 x 10 ¹	40 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
15	Las Brevas	LB	20 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	20 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
16	Troya Huasinga	TH	20 x 10 ¹	10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹

Anexo 17. Contajes de mesófilos aerobios en muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Mesófilos aerobios (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
2	Albornoz Naranjo	AN	40×10^2	40×10^2	20×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
3	Sevilla Chica	SC	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
4	Mondongo	MO	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
5	Albornoz Baja	AB	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
6	Los Cruces	LC	10×10^2	20×10^2	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
8	La Victoria	V	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
9	San José	SJ	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
10	La Torre	LT	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
11	Pachanlica	P	10×10^2	$<10 \times 10^2$	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
12	San Miguel	SM	10×10^2	10×10^2	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
13	Porvenir o García Moreno	GM	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
15	Las Brevas	LB	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$
16	Troya Huasinga	TH	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$	$<10 \times 10^2$

Anexo 18. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	Albornoz Naranjo	AN	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3	Sevilla Chica	SC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4	Mondongo	MO	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
5	Albornoz Baja	AB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	Los Cruces	LC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8	La Victoria	V	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
9	San José	SJ	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
10	La Torre	LT	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
11	Pachanlica	P	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12	San Miguel	SM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
13	Porvenir o García Moreno	GM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<1	<1	<1	2	<1	<1	<1	<1	<1
15	Las Brevas	LB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
16	Troya Huasinga	TH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Anexo 19. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en número enteros).

N.-	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	2	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 20. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	Albornoz Naranjo	AN	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	Sevilla Chica	SC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	Mondongo	MO	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	Albornoz Baja	AB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6	Los Cruces	LC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
8	La Victoria	V	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
9	San José	SJ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
10	La Torre	LT	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
11	Pachanlica	P	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12	San Miguel	SM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
15	Las Brevas	LB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
16	Troya Huasinga	TH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Anexo 21. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en número enteros).

N.-	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 22. Contajes de coliformes totales en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
8	La Victoria	V	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
9	San José	SJ	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
10	La Torre	LT	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹

Anexo 23. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 24. Contajes de coliformes totales en la muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
8	La Victoria	V	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
9	San José	SJ	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
10	La Torre	LT	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²

Anexo 25. Contajes de coliformes totales en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Coliformes totales (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 26. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	Albornoz Naranjo	AN	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
3	Sevilla Chica	SC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4	Mondongo	MO	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
5	Albornoz Baja	AB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	Los Cruces	LC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8	La Victoria	V	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
9	San José	SJ	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
10	La Torre	LT	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
11	Pachanlica	P	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12	San Miguel	SM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
13	Porvenir o García Moreno	GM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
15	Las Brevas	LB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
16	Troya Huasinga	TH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Anexo 27. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 28. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	Albornoz Naranjo	AN	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	Sevilla Chica	SC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	Mondongo	MO	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	Albornoz Baja	AB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6	Los Cruces	LC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
8	La Victoria	V	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
9	San José	SJ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
10	La Torre	LT	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
11	Pachanlica	P	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12	San Miguel	SM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
15	Las Brevas	LB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
16	Troya Huasinga	TH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Anexo 29. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 30. Contajes de *Escherichia coli* en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
8	La Victoria	V	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
9	San José	SJ	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
10	La Torre	LT	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹

Anexo 31. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 32. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
8	La Victoria	V	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
9	San José	SJ	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
10	La Torre	LT	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²

Anexo 33. Contajes de *Escherichia coli* en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	<i>Escherichia coli</i> (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 34. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
2	Albornoz Naranjo	AN	<1	<1	<1	1	<1	<1	<1	<1	<1
3	Sevilla Chica	SC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
4	Mondongo	MO	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
5	Albornoz Baja	AB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
6	Los Cruces	LC	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
8	La Victoria	V	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
9	San José	SJ	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
10	La Torre	LT	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
11	Pachanlica	P	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
12	San Miguel	SM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
13	Porvenir o García Moreno	GM	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
15	Las Brevas	LB	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
16	Troya Huasinga	TH	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Anexo 35. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua pura más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	2	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 36. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
2	Albornoz Naranjo	AN	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
3	Sevilla Chica	SC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
4	Mondongo	MO	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
5	Albornoz Baja	AB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
6	Los Cruces	LC	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
8	La Victoria	V	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
9	San José	SJ	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
10	La Torre	LT	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
11	Pachanlica	P	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
12	San Miguel	SM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
15	Las Brevas	LB	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
16	Troya Huasinga	TH	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Anexo 37. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-1} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 38. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
8	La Victoria	V	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
9	San José	SJ	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
10	La Torre	LT	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹	<10 x 10 ¹

Anexo 39. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-2} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 40. Contajes de enterobacterias en muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte microbiológico).

N.-	Acequia o canal	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
			4 ppm			10 ppm			15 ppm		
			15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	Mocha Huachi	MH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
2	Albornoz Naranjo	AN	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
3	Sevilla Chica	SC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
4	Mondongo	MO	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
5	Albornoz Baja	AB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
6	Los Cruces	LC	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
7	Mocha Quero Ladrillos	MQL	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
8	La Victoria	V	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
9	San José	SJ	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
10	La Torre	LT	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
11	Pachanlica	P	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
12	San Miguel	SM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
13	Porvenir o García Moreno	GM	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
14	Cisneros Alta o San Cristóbal	CA	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
15	Las Brevas	LB	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²
16	Troya Huasinga	TH	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²	<10 x 10 ²

Anexo 41. Contajes de enterobacterias en las muestras de agua diluida 10^{-3} más agua de plata (reporte en números enteros).

N.-	Código	Enterobacterias (UFC/mL)								
		4 ppm			10 ppm			15 ppm		
		15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min	15 min	30 min	60 min
1	MH	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	AN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	SC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	MO	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	AB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	LC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	MQL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	V	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	SJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	LT	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	SM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	GM	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	CA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	LB	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	TH	0	0	0	0	0	0	0	0	0