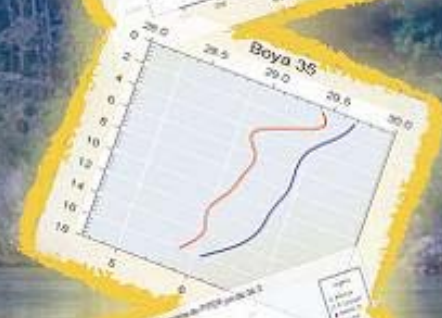
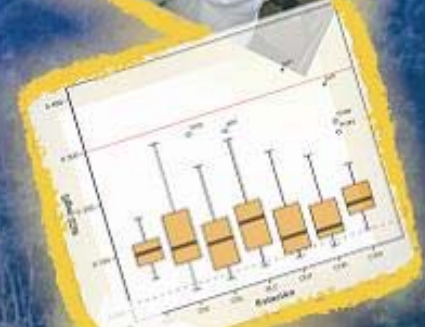


INFORME DE CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANAL DE PANAMÁ

2003 - 2005

VOLUMEN II



Autoridad del Canal de Panamá
Departamento de Seguridad y Ambiente
División de Administración Ambiental
Sección de Manejo de Cuenca
Unidad de Calidad de Agua
Septiembre 2006



AUTORIDAD DE CANAL DE PANAMÁ
DEPARTAMENTO DE SEGURIDAD Y AMBIENTE
DIVISIÓN DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL
SECCIÓN DE MANEJO DE CUENCA
UNIDAD DE CALIDAD DE AGUA



INFORME DE CALIDAD DE AGUA
VOLUMEN II
SEPTIEMBRE 2006

Índice

1. Introducción	1
1.1. Marco de referencia	4
1.2. Acciones de la ACP orientadas a la protección del recurso hídrico	7
1.3. Alcance	13
1.4. Conceptos generales	14
2. Definición de términos	19
3. Metodología	22
3.1. Manejo de datos	22
3.2. Programas utilizados	23
3.3. Estadística descriptiva	24
3.3.1. Diagrama de caja y bigotes	24
3.3.2. Diagramas hidroquímicos de Piper	26
3.4. Interpolaciones	28
3.5. Índice de Calidad de Agua	29
4. Estaciones en ríos de la CHCP	31
4.1. Ríos de la Región Oriental (ROR) de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (Cuenca del río Chagres)	32
4.1.1. Estación Ciento en río Gatún	35
4.1.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto	35
4.1.1.2. Nitratos	36
4.1.1.3. Fosfatos	37
4.1.1.4. <i>Escherichia coli</i>	38
4.1.1.5. Índice de Calidad de Agua	38
4.1.2. Estación Peluca en el río Boquerón	39
4.1.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto	39
4.1.2.2. Nitratos	40
4.1.2.3. Fosfatos	41
4.1.2.4. <i>Escherichia coli</i>	42
4.1.2.5. Índice de Calidad de Agua	42
4.1.3. Estación Candelaria en el río Pequení	43
4.1.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto	43

4.1.3.2. Nitratos	44
4.1.3.3. Fosfatos	45
4.1.3.4. <i>Escherichia coli</i>	45
4.1.3.5. Índice de Calidad de Agua	46
4.1.4. Estación Chico en el río Chagres	47
4.1.4.1. Temperatura y oxígeno disuelto	47
4.1.4.2. Nitratos	48
4.1.4.3. Fosfatos	49
4.1.4.4. <i>Escherichia coli</i>	50
4.1.4.5. Índice de Calidad de Agua	50
4.1.5. Estación Río Piedras en el Río Piedras	51
4.1.5.1. Temperatura y oxígeno disuelto	51
4.1.5.2. Nitratos	52
4.1.5.3. Fosfatos	53
4.1.5.4. <i>Escherichia coli</i>	53
4.1.5.5. Índice de Calidad de Agua	54
4.1.6. Estación Caño Quebrado Abajo en el río Caño Quebrado	55
4.1.6.1. Temperatura y oxígeno disuelto	55
4.1.6.2. Nitratos	56
4.1.6.3. Fosfatos	57
4.1.6.4. <i>Escherichia coli</i>	57
4.1.6.5. Índice de Calidad de Agua	58
4.1.7. Estación El Chorro en el río Trinidad	59
4.1.7.1. Temperatura y oxígeno disuelto	59
4.1.7.2. Nitratos	60
4.1.7.3. Fosfatos	61
4.1.7.4. <i>Escherichia coli</i>	61
4.1.7.5. Índice de Calidad de Agua	62
4.1.8. Estación Los Cañones en el río Cirí Grande	63
4.1.8.1. Temperatura y oxígeno disuelto	63
4.1.8.2. Nitratos	64
4.1.8.3. Fosfatos	65

4.1.8.4. <i>Escherichia coli</i>	65
4.1.8.5. Índice de Calidad de Agua	66
4.1.9. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	66
4.2. Ríos de la Región Occidental (ROCC)	72
4.2.1. Estaciones en la cuenca de Río Indio oeste	76
4.2.1.1. Estación El Silencio en Río Indio oeste	77
4.2.1.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto	77
4.2.1.1.2. Nitratos	78
4.2.1.1.3. Fosfatos	79
4.2.1.1.4. <i>Escherichia coli</i>	79
4.2.1.1.5. Índice de Calidad de Agua	80
4.2.1.2. Estación Tres Hermanas en Río Indio oeste	81
4.2.1.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto	81
4.2.1.2.2. Nitratos	82
4.2.1.2.3. Fosfatos	83
4.2.1.2.4. <i>Escherichia coli</i>	83
4.2.1.2.5. Índice de Calidad de Agua	84
4.2.1.3. Estación Boca de Uracillo en Río Indio oeste	85
4.2.1.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto	85
4.2.1.3.2. Nitratos	87
4.2.1.3.3. Fosfatos	87
4.2.1.3.4. <i>Escherichia coli</i>	88
4.2.1.3.5. Índice de Calidad de Agua	88
4.2.1.4. Estación Las Marías en río Uracillo	89
4.2.1.4.1. Temperatura y oxígeno disuelto	89
4.2.1.4.2. Nitratos	90
4.2.1.4.3. Fosfatos	91
4.2.1.4.4. <i>Escherichia coli</i>	91
4.2.1.4.5. Índice de Calidad de Agua	92
4.2.2. Estaciones en la cuenca del río Coclé del Norte	93
4.2.2.1. Estación Batatilla en río Toabré	94
4.2.2.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto	94

4.2.2.1.2. Nitratos	95
4.2.2.1.3. Fosfatos	96
4.2.2.1.4. <i>Escherichia coli</i>	96
4.2.2.1.5. Índice de Calidad de Agua	97
4.2.2.2. Estación Canoa en río Coclé del Norte	98
4.2.2.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto	98
4.2.2.2.2. Nitratos	99
4.2.2.2.3. Fosfatos	99
4.2.2.2.4. <i>Escherichia coli</i>	100
4.2.2.2.5. Índice de Calidad de Agua	101
4.2.3. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	101
5. Lagos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá	106
5.1 Lago Alhajuela	110
5.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto	110
5.1.2. Nitratos	114
5.1.3. Fosfatos	115
5.1.4. <i>Escherichia coli</i>	117
5.1.5. Índice de Calidad de Agua	119
5.1.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	121
5.2. Lago Gatún	127
5.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto	128
5.2.1.1. Perfiles verticales de temperatura y oxígeno disuelto	132
5.2.2. Nitratos	136
5.2.3. Fosfatos	139
5.2.4. <i>E. coli</i>	141
5.2.5. Índice de Calidad de Agua	144
5.2.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	145
5.3. Lago Miraflores	158
5.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto	158

5.3.2. Nitratos	161
5.3.3. Fosfatos	163
5.3.4. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	165
6. Proyectos especiales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá	172
6.1. Subcuenca del río Gatuncillo	177
6.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto	178
6.1.2. Nitratos	180
6.1.3. Fosfatos	181
6.1.4. <i>Escherichia coli</i>	183
6.1.5. Índice de Calidad de Agua	184
6.1.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	185
6.1.7. Modelo de calidad de agua	193
6.2. Subcuenca del río Tinajones	199
6.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto	200
6.2.2. Nitratos	202
6.2.3. Fosfatos	203
6.2.4. <i>Escherichia coli</i>	204
6.2.5. Índice de Calidad de Agua	205
6.2.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	205
6.3. Subcuenca del río Caño Quebrado	210
6.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto	211
6.3.2. Nitratos	213
6.3.3. Fosfatos	214
6.3.4. <i>Escherichia coli</i>	215
6.3.5. Índice de Calidad de Agua	216
6.3.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales	217
7. Conclusiones	222
8. Recomendaciones	227
9. Referencias	229

Índices de Tablas

Tabla 1.	Valores guías para calidad de aguas superficiales	22
Tabla 2.	Clasificación de las aguas según características químicas principales	27
Tabla 3.	Índice de Calidad de Agua (ICA), en su relación con los principales usos del agua	30
Tabla 4.	Ríos ROR: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	68
Tabla 5.	Ríos ROCC: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	103
Tabla 6.	Lago Alhajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	122
Tabla 7.	Profundidad promedio en las estaciones de muestreo en lagos	129
Tabla 8.	Coordenadas geográficas de las estaciones para perfiles verticales de temperatura y oxígeno disuelto en el lago Gatún	132
Tabla 9.	Datos utilizados en el análisis del perfil vertical de oxígeno disuelto y temperatura (Lago Gatún, junio-diciembre 2004)	134
Tabla 10.	Datos utilizados en el análisis del perfil vertical de oxígeno disuelto y temperatura (Lago Gatún, enero-abril 2005)	135
Tabla 11.	Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	147
Tabla 12.	Lago Miraflores: Registro de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	167
Tabla 13.	Subcuenca del río Gatuncillo: Registro de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	187
Tabla 14.	Subcuenca del río Tinajones: Registro de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	207
Tabla 15.	Subcuenca del río Caño Quebrado: Registro de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper	219

1. Introducción

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP), asume por mandato constitucional, luego de la transferencia de las instalaciones y áreas operativas de la antigua Zona del Canal a los panameños, la responsabilidad de la administración, uso, mantenimiento y conservación del recurso hídrico de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), en adición a las tareas relacionadas con la operación misma del Canal de Panamá. Es también la responsabilidad del principal usuario del agua de la Cuenca del Canal –la ACP-, el garantizar su disponibilidad en cantidad y calidad para el consumo humano de las ciudades de Panamá y Colón, y el tránsito de barcos por el Canal.

Para responder a este mandato, la ACP establece la Unidad de Calidad de Agua en el año 2001, cuyos primeros esfuerzos fueron orientados a instalar un laboratorio de calidad de agua de primer nivel y un programa de vigilancia y seguimiento de la calidad de agua en los ríos y lagos de la CHCP. Entre los resultados esperados de este programa, están el suministro periódico y fluido de datos confiables para las características de calidad de agua de los sitios estudiados; la generación de datos con aseguramiento de control de calidad de los mismos y la publicación anual de los datos obtenidos.

Lo anterior se ejecuta realizando mediciones, observaciones y vigilancia del ambiente en los lagos Alhajuela, Gatún y Miraflores. Además, se establecen estaciones de calidad de agua en las subcuencas de los ríos tributarios, que pueden verse afectados por descargas de origen doméstico, agroindustrial, pecuario, minero o urbanístico. Se pretende con la información generada por este programa de vigilancia, la implementación de una herramienta que contribuya a la caracterización de la calidad del agua tanto en áreas naturales como en áreas propensas a afectación ambiental dentro de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, con el fin de lograr una mejor evaluación y gestión de los recursos hídricos, al definir con mejor precisión la cantidad, calidad, distribución en tiempo y espacio de las masas de agua disponibles para

las actividades humanas y los ecosistemas naturales. También se contempla la identificación temprana de fuentes de contaminación, la caracterización de las actuales y nuevas fuentes de agua para el consumo humano y la consolidación de toda esta información en una base de datos de calidad de agua.

Esta base de datos permite caracterizar la calidad del agua de los diferentes cuerpos de agua de la Cuenca, y clasificar las aguas naturales superficiales como aptas o no para diferentes propósitos, y establecer pautas que garanticen el uso sostenible del recurso agua. Se ha propuesto, también, la identificación de los diferentes tipos y fuentes de contaminación que actualmente amenazan la salud del recurso.

Entre los principales usos que se le dan a las fuentes de agua superficiales de la CHCP, además de la navegación, está el abastecimiento de agua para el consumo humano, lo cual implica exigencias importantes en cuanto a su calidad y niveles de tratamiento adecuados, para que no sea fuente de enfermedades atribuibles a este recurso. Otro uso importante del agua que hace la población es el recreativo. Acostumbrados a convivir con su entorno, los ríos han sido fuente de recreación en las comunidades, que han disfrutado de sus aguas en balnearios y otras actividades recreativas.

El presente volumen II del Informe de Calidad de Agua contiene distintos análisis, consideraciones y comparaciones de algunos parámetros medidos con valores guías recomendados, respecto a varios usos arriba descritos, para el período 2003 a 2005, en las 62 estaciones del programa de vigilancia y seguimiento dentro de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. También se incluye la clasificación hidroquímica de los ríos principales, el análisis de los índices de calidad de agua, la estadística descriptiva y la variación espacial de algunos parámetros de calidad de agua de los cuerpos de agua dentro de la CHCP.

También se incluye en este informe, con el fin de predecir las variaciones de la calidad del agua tanto en el espacio como en el tiempo, los trabajos relacionados a la validación de un modelo de calidad de agua en la subcuenca del río Gatuncillo que permitirá desarrollar programas de protección del recurso hídrico a corto, mediano y largo plazo, garantizando de esta manera la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente para el desarrollo sostenible de la población.

El agua es un bien social y finito. Es un bien social porque es de todos, y es finito, porque sin la vigilancia y acciones que garanticen su conservación, no se puede contar con abundante agua de buena calidad. Por eso, si bien es el ser humano el que la puede deteriorar en calidad, también son los seres humanos, que organizadamente, pueden cuidarla y preservarla para el uso de todos.

1.1. Marco de referencia

La visión corporativa de la ACP incluye el desarrollo sostenible como uno de sus pilares fundamentales. Conceptualmente es concebido en una relación de equilibrio entre los componentes ambientales, económicos y sociales con vistas a satisfacer las necesidades de las actuales generaciones sin comprometer la disponibilidad de recursos de las futuras generaciones. Bajo esta visión la ACP introduce la dimensión social y ambiental en el manejo de cuencas, con la finalidad de desarrollar una gestión participativa del recurso hídrico, entendiendo al ser humano como el valor fundamental, y el cuidado de la cuenca como una responsabilidad compartida con sus pobladores.

Bajo una política de diálogo abierto con todas las organizaciones y la visión de creación de alianzas estratégicas para el cuidado de los recursos hídricos, la ACP, desarrolló una serie de experiencias socioambientales en la CHCP que permitieron la participación de representantes comunitarios, productivos e institucionales de las principales cuencas y subcuencas de la ROCC y la ROR, con el objetivo promover y fortalecer la gestión socioambiental en las comunidades, a fin de preservar el recurso hídrico y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Los programas, proyectos y actividades de manejo de cuenca en la Autoridad del Canal de Panamá, se apoyan en el concepto de administración de los recursos naturales, con énfasis en los recursos hídricos, con la participación social de los diferentes actores involucrados que interactúan dentro de la cuenca; interacciones que se dan entre pobladores y de ellos con los recursos naturales, siendo el eje integrador el recurso agua. Las unidades de gestión o manejo están representadas por las subcuencas y microcuencas que conforman la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

La situación social de la CHCP se palpa a nivel general de manera compleja, diversa, con diferencias muy marcadas referentes al desarrollo económico social

entre las diferentes regiones que la conforman. Derogada la Ley 44 de 1999, en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP) habitan aproximadamente 153 mil personas, con una densidad poblacional de 43 habitantes por km².

En el corredor transístmico, se desarrolla principalmente la actividad industrial y de servicios. En esta área la tasa de analfabetismo es de 4,7 por ciento y el 95 por ciento de las viviendas tienen luz eléctrica y pisos de concretos.

En la CHCP concurren grados de desarrollo heterogéneos, desde el punto de vista social, ambiental y económico. Los problemas sociales y ambientales están asociados al crecimiento urbano no planificado alrededor del corredor transístmico. El abordaje debe hacer énfasis en el mantenimiento de la calidad del agua, el ordenamiento del territorio y el mejoramiento en las condiciones de vida.

No obstante lo anterior, y sin lugar a dudas, la atención a la situación de la CHCP hoy es mejor que hace seis años cuando no había una entidad responsable por los recursos hídricos de esta área. Como resultado de la puesta en ejecución de los programas de la ACP en la región, hoy se conoce la realidad de áreas alejadas de las ciudades terminales así como también de la concentrada en el eje transístmico. Esto se ha logrado con la realización de múltiples reuniones con comunidades para temas tan amplios pero relacionados con la organización comunitaria, diagnósticos socioambientales, identificación de redes comunitarias culturales e históricas, levantamiento de información socio cultural, ambiental y socioeconómica; encuentros de intercambio, aplicación de modelos, construcción y rehabilitación de estaciones hidrometeorológicas, exposiciones públicas para el catastro y titulación de tierras, entre los más importantes. Esta base de estudios y diálogos con las comunidades han resultado en mayor atención y divulgación de los problemas que aquejan a los residentes de la CHCP.

Los problemas más críticos en la CHCP no son diferentes a los que están presentes en otras cuencas del país: infraestructura básica insuficiente, mal manejo de desechos sólidos, descargas de aguas servidas a los cuerpos de agua, desnutrición y prevalencia de enfermedades de origen hídrico y resultado de la falta de prácticas de saneamiento básico. Varios proyectos ejecutados a través del Fondo ACP-USAID han permitido la dotación de infraestructura básica en varias comunidades de la CHCP.

Las principales amenazas a la que se enfrenta la CHCP están relacionadas con la creciente presión de las actividades económicas y el crecimiento de la población, que inciden en la deforestación, erosión, sedimentación, pérdida de la calidad del agua, disminución de la biodiversidad, etc. Los estudios de monitoreo más recientes realizados conjuntamente por la ANAM y la ACP indican que la biodiversidad se mantiene estable en casi todos los sitios de estudio y la calidad de las aguas en los ríos estudiados se presenta de regular a buena. Los resultados de dicho monitoreo indican que la cobertura boscosa se encuentra en una situación de equilibrio dinámico desde hace unos 5 años; se reforestan y deforestan aproximadamente la misma cantidad de hectáreas. Esto es un aspecto positivo; sin embargo, los esfuerzos de vigilancia permanente continúan siendo importantes.

Existen algunas áreas donde hay una situación crítica; estos son casos aislados y puntuales, como los del área cercana a los ríos principales de la región transístmica de la Cuenca, Chilibre y Chilibrillo. Estas zonas están bajo una fuerte influencia antropogénica y evidencian una disminución en sus componentes de flora y fauna, tanto acuática como ribereña, y la calidad de sus aguas es desfavorable. No obstante, en cierto grado, estos mismos ríos recuperan la calidad de sus aguas; de forma natural se autodepuran antes de unirse al río Chagres, en el curso medio del mismo. Sin embargo, no dejan de ser sus aguas un riesgo para aquellas poblaciones que las utilizan para el abastecimiento y la recreación

Hay algunos puntos, especialmente en las zonas de los lagos con poca circulación de agua, donde la proliferación de macrófitas acuáticas genera algún nivel de eutroficación. Son puntos sobre los cuales se requiere un monitoreo permanente para evitar situaciones adversas. También existen áreas que requieren mayor atención, como el filo de Santa Rita, donde se están derribando matorrales altos y parches de bosques secundarios menores para transformarlos en plantaciones forestales, en especial de teca. Algunas son áreas con laderas pronunciadas y podrían estar contribuyendo a la erosión y arrastre de sedimentos hacia el río Gatún.

1.2. Acciones de la ACP orientadas a la protección del recurso hídrico

Como respuesta a las realidades encontradas en la CHCP, la ACP ha elaborado un plan de desarrollo sostenible y de gestión integrada de recursos hídricos que contiene programas sociales y ambientales definidos, con base a estudios comunitarios realizados en los últimos cinco años.

La creación de la Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica (CICH) ha producido un acercamiento y una coordinación más fluida entre diferentes instituciones que trabajan dentro de la Cuenca, facilitando la toma de decisiones en conjunto tendientes a mejorar las condiciones ambientales, económicas y sociales. Una de las medidas sobre las que se está trabajando es la integración de un grupo de indicadores ambientales, con los cuales se medirá el estado de la salud ambiental de la CHCP.

El establecimiento de leyes y sus reglamentaciones, como la ley 19 de 1997 (Orgánica de la ACP) y el acuerdo 116 de 27 de julio 2006 (reglamento sobre ambiente, cuenca hidrográfica y Comisión Interinstitucional de la CHCP), la ley 41 de 1998 (General de Ambiente), la ley 44 de 2002 (que establece el régimen administrativo especial para cuencas hidrográficas), la ley 5 de 2005 (de Delitos Ambientales), la ley 39 de 2005 (que modifica la Ley de Vida Silvestre), la ley 6

de 2006 (ley de urbanización del MIVI), la aprobación de políticas ambientales y otras, facultan a las diferentes instituciones a tomar medidas y acciones para disminuir el impacto humano en la CHCP.

La ACP, a través de su gestión de educación ambiental en la CHCP, facilita a la comunidad educativa un espacio de participación e intervención activa, para el reconocimiento de la problemática ambiental que los aqueja, la búsqueda de estrategias viables para su solución, la integración hacia una cultura ambiental con énfasis en la conservación y protección del recurso hídrico, y el desarrollo de proyectos ambientales educativos; en un marco de interinstitucionalidad con la ANAM, MEDUCA, MINSA y MIDA. Además, capacita a los docentes bajo la estrategia de "formación de formadores", distribuye materiales didácticos y atiende eventos ambientales, en los que facilita la comunicación entre las partes y brinda información para la comprensión de la dinámica y realidad de la CHCP.

La gestión de educación ambiental de la ACP promueve el desarrollo de una cultura hídrica en la Cuenca del Canal de Panamá; a través de programas dirigidos a la comunidad educativa y los habitantes de la Cuenca del Canal; así como a sus colaboradores. En los últimos tres años se han capacitado a poco menos de dos mil docentes; elaborado y distribuido materiales didácticos que facilitan la inserción de los temas ambientales en las aulas de 373 escuelas, beneficiando a miles de estudiantes. Se han organizado 81 grupos de Guardianes de la Cuenca integrado por dos mil estudiantes de primaria quienes con la ejecución de misiones ambientales en calidad de agua y manejo de desechos contribuyen a elevar la conciencia ambiental de sus comunidades.

El curso Nuestro Canal y su Cuenca ha promovido el desarrollo del pensamiento emprendedor en armonía con los recursos naturales de la Cuenca del Canal en poco más de mil estudiantes de 24 escuelas primaria; mientras que la conmemoración de fechas y eventos ambientales ha sido un puntal de concienciación tanto a nivel institucional como comunitario a través de foros,

actividades lúdicas y la participación en ferias como las de Churuquita; Santa Rosa y El Cacao.

Esta gestión continuará fortaleciendo la educación ambiental en la totalidad de las escuelas de la Cuenca, mediante acciones de capacitación, distribución de materiales didácticos, seguimiento a los Guardianes de la Cuenca en el desarrollo de nuevas misiones, se impartirán cursos que promuevan el pensamiento empresarial en el ámbito comunitario y la responsabilidad ambiental en los colaboradores de la ACP.

La Autoridad del Canal de Panamá (ACP) ejecuta desde 1998 un programa de reforestación y protección de los recursos hídricos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP). El mismo consta de tres proyectos

Proyecto de reforestación con especies nativas en el Corte Culebra

Desde 1998, la ACP desarrolla un proyecto de reforestación en el Corte Culebra, con un enfoque novedoso de restauración ecológica de áreas intervenidas, hasta el 2002 se reforestaron 70 hectáreas que promueven la recuperación de la cobertura vegetal en áreas perturbadas, disminuyen los procesos erosivos, mejoran la conservación del recurso hídrico e incrementan notablemente la biodiversidad, incidiendo directamente en el control de la maleza conocida como paja blanca (*Saccharum spontaneum*).

Proyecto de reforestación selectiva con especies nativas

La ACP ejecuta desde el 2001, proyectos de reforestación en la CHCP, con grupos comunitarios, con miras a la protección de los recursos hídricos, en armonía con el desarrollo de las actividades humanas. Como resultado, se mejoran las técnicas productivas tradicionales de roza y quema, que contribuyen paulatinamente al deterioro de los recursos naturales; se promueven alternativas para la seguridad alimentaria de los participantes, al tiempo que se reduce la presión humana sobre las áreas boscosas remanentes.

Silvicultura y comportamiento de especies nativas

Desde 2001, la ACP desarrolla, una colaboración con el Proyecto de Reforestación con Especies Nativas (PRORENA), proyecto de investigación científica liderado por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) y la Universidad de Yale, para la obtención de información sobre las especies utilizadas en los proyectos de reforestación de ACP. Estudiantes de la Universidad de Yale y la Universidad de Panamá, han realizado tesis de licenciatura y postgrado y se reciben visitas de científicos, profesores y estudiantes nacionales e internacionales. El trabajo ha permitido obtener información técnica y científica sobre la silvicultura de una mezcla de 24 especies nativas, la mayoría poco conocidas para una mejor toma de decisiones por parte de la corporación; diseñar estrategias viables para restaurar áreas intervenidas o invadidas por paja blanca; determinar especies promisorias de copa ancha, de rápido crecimiento, fijadoras de nitrógeno al suelo o que incrementen la biodiversidad; y establecer metodologías factibles para ser incorporadas a programas de reforestación por otras instituciones y organizaciones

La Autoridad del Canal de Panamá desarrolla el Programa de Hidrología Operativa y genera información hidrometeorológica a través de la instalación, operación y mantenimiento de una red de 69 estaciones hidrometeorológicas en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá (CHCP), para sustentar la toma de decisiones en la administración, mantenimiento, uso y conservación del recurso hídrico. En la mayoría de estas estaciones se registran y transmiten los datos de diferentes parámetros en tiempo real. La información recabada consiste en elevaciones de los ríos (16 sitios), elevaciones de los lagos (10), niveles de las mareas (2), precipitaciones (59), temperatura del mar (2) y datos meteorológicos como temperatura del aire, velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar total y presión barométrica (10).

Mensualmente, como mínimo, se realizan aforos en 16 estaciones hidrométricas y se miden sedimentos suspendidos en 13 estaciones. Los volúmenes de agua son calculados a partir de los datos registrados en las estaciones hidrométricas de la ACP instaladas en los principales ríos de la CHCP. Estos se generan a partir de un registro sistemático y continuo de los niveles y de las curvas de descarga (relación Nivel-Caudal) definidas a través de los aforos o mediciones periódicas del caudal; la información del caudal se procesa y se publica anualmente; tanto en medio impreso como digital (<http://www.pancanal.com/esp/mapa.html>). Los datos sobre el uso del agua son necesarios para evaluar el impacto de las actividades humanas en el ciclo hidrológico natural que, en muchos casos, puede ser afectado por el ser humano, especialmente cuando se deriva agua para otros usos como riego, industrias, ganadería, etc. Adicionalmente, las variaciones de la calidad del agua de un río pueden estar relacionadas con la variación de su caudal.

La información generada en las estaciones hidrometeorológicas, ayuda en la planificación de los proyectos prioritarios sobre el uso del agua para el suministro del consumo humano, industrial, operación de esclusajes del Canal, generación de energía eléctrica y control de inundaciones. Al mismo tiempo, a resolver problemas que incluyen los usos en competencia por el agua y la escasez de agua originada por la extracción excesiva de la fuente o por las sequías.

La Unidad de Calidad de Agua ha tenido como meta la validación de modelos de calidad de agua para los cuerpos de agua de la CHCP. Los crecimientos espontáneos y los asentamientos planificados, así como el desarrollo de actividades agropecuarias, industriales y de servicios en las áreas cercanas a las principales fuentes de agua en la CHCP, ejercen una fuerte presión sobre el recurso hídrico. Un modelo de calidad de agua permite determinar: la capacidad de los ríos para absorber la carga de estas actividades económicas y domésticas; la capacidad de recuperación de los cuerpos de agua,

determinando los puntos críticos de contaminación y las actividades que más inciden en ella. También, modelar las entradas de contaminantes que pueden hacer colapsar el sistema biótico del río, a puntos de no recuperación; identificar las áreas que son un peligro para la salud de la población. Finalmente, permite la mejor toma de decisiones para definir el otorgamiento o no de nuevos permisos para el desarrollo de actividades económicas y domésticas, asegurando de antemano que incorporen adecuados sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, basados en el análisis de la capacidad de carga de los ríos.

El sistema del Lago Gatún es un sistema artificial con más de 90 años de existencia, durante los cuales se le han realizado diferentes modificaciones. Los datos obtenidos por la Unidad de Calidad de Agua, de la Sección de Manejo de Cuenca, desde 2001 a la fecha permiten afirmar que la calidad del agua de la cuenca del río Chagres, los embalses Gatún y Alhajuela es muy buena (de buena a excelente). En el río Chagres, pasando por el lago Alhajuela, y hasta el curso medio a la altura en Gamboa, la calidad del agua cambia a lo largo del curso. La comparación de estos resultados con datos anteriores de los principales trabajos realizados que incluyen datos para áreas incluidas en el programa de vigilancia y seguimiento de la calidad del agua, permiten concluir en el mismo sentido: la calidad del agua del lago Gatún está dentro de las categorías de buena a excelente de acuerdo al Índice de Calidad de Agua (ICA). No obstante, se puede avanzar que la capacidad de asimilación del río Chagres es finita.

1.3. Alcance

En el Volumen II del Informe de Calidad de Agua 2003-2005 de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá se presentan los resultados del análisis e interpretación, aplicando métodos de estadística descriptiva, para los parámetros oxígeno disuelto, temperatura, nitratos, fosfatos, *E. coli*, a las muestras colectadas en las 62 estaciones del proyecto regular de vigilancia de calidad de agua que la ACP desarrolla en la CHCP. Se resaltan los valores máximos, mínimos, promedios y la mediana del parámetro, comparando esta última con valores guía recomendada por la EPA (1986) para usos relevantes de aguas naturales. También se utilizan algunos cationes y aniones determinados en la Unidad para la clasificación hidroquímica de las aguas, además de la utilización de nueve variables para el cálculo del ICA.

A la fecha, cabe señalar, se cuenta con resultados validados para otras diez (10) características correspondientes al mismo período (2003-2005), cuyo tratamiento a través de distintas herramientas permitirían evaluar la calidad de las aguas bajo otros perfiles diferentes a los presentados en este Volumen.

1.4. Conceptos generales

Temperatura

La temperatura desempeña un papel importante para determinar las condiciones de supervivencia de los seres vivos porque regula la vida y los índices de reproducción de algunas especies, dentro o fuera del agua, según el ciclo de vida. Es importante también porque puede afectar la habilidad del agua para retener oxígeno y la habilidad de los organismos para resistir a ciertos tipos de contaminantes.

Este parámetro influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

Oxígeno disuelto (OD)

La solubilidad del oxígeno en el agua depende de la temperatura: a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve. Por otra parte si el agua está contaminada, tiene muchos microorganismos y materia orgánica, la gran actividad respiratoria disminuye el oxígeno disuelto. Un nivel alto de OD indica que el agua es de buena calidad. Los valores guías de referencia sitúan el nivel mínimo adecuado en 5mg/l para proteger la vida acuática en ecosistemas dulceacuícolas.

Nitratos

Los nitratos suponen una fuente de nutrientes importante para ciertos organismos autótrofos. Una alta concentración de nitratos puede originar el llamado fenómeno de eutrofización, con un aumento en la población de estos organismos autótrofos que compiten por el oxígeno con otros organismos aerobios de mayor tamaño. Los nitratos son derivados del uso excesivo de fertilizantes, y pueden ocasionar una contaminación significativa en aguas superficiales y subterráneas. En los infantes, concentraciones superiores a los

44 mg/l de NO_3 , provoca metahemoglobinemia, o “la enfermedad de los bebés azules”.

Fosfatos

El fósforo generalmente está presente en las aguas naturales en forma de fosfatos. Los fosfatos se encuentran en los fertilizantes y los detergentes y pueden llegar al agua con el escurrimiento agrícola, los desechos industriales y las descargas de aguas negras. Los fosfatos, al igual que los nitratos, son nutrientes para las plantas. Estimulan el crecimiento de las algas y cianobacterias, que se reconocen con facilidad como capas de limo verde y pueden, eventualmente, cubrir la superficie del agua.

Sodio

Es un metal muy activo que no existe libre en la naturaleza. Ocupa el sexto lugar por su abundancia entre todos los elementos de la corteza terrestre. Todas las sales de sodio son muy solubles en agua; por ello es común encontrar aguas con sodio. En agua dulce el contenido de sodio es muy variable, generalmente entre 10 y 100 mg/l. En aguas residuales el sodio proviene principalmente de la orina, uno por ciento de cloruro de sodio; así como del contenido propio del agua de suministro y de las sales de uso industrial. En aguas de consumo humano no se limita la concentración de sodio a un valor específico; sin embargo, personas con enfermedades cardíacas, renales y circulatorias requieren de dietas bajas en sodio.

En aguas para irrigación, el sodio como bicarbonato o carbonato puede ser perjudicial para el suelo y las plantas; en tales condiciones tiende a aumentar la alcalinidad del suelo debido a la precipitación de carbonato de sodio; reduce la concentración de calcio del suelo y su permeabilidad; disminuye la fertilidad del suelo y perjudica las plantas. El sodio hace el suelo impermeable al aire y al agua; además, cuando el suelo se humedece, se vuelve plástico y pegajoso.

Potasio

El potasio en aguas está íntimamente relacionado con el sodio y algunas veces se acostumbra analizarlos conjuntamente. En general, se presenta en concentraciones menores que las del sodio.

Calcio

Suele ser el catión principal en la mayoría de las aguas naturales debido a su amplia difusión en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. En rocas sedimentarias aparece fundamentalmente en forma de carbonatos (calcita, dragonita y dolomita) o sulfatos (yeso y anhidrita). Los iones calcio disueltos en el agua forman depósitos en tuberías y calderas cuando el agua es dura, en relación con el pH, la temperatura y la concentración de magnesio. El calcio es un constituyente invariable de todas las plantas, ya que es esencial para su crecimiento; lo contienen como constituyente estructural y como ión fisiológico. El calcio se encuentra en el tejido blando, en fluidos tisulares y en la estructura del esqueleto de todos los animales.

Magnesio

Es el séptimo elemento en abundancia de la corteza terrestre y el tercero más abundante disuelto en el agua de mar. El magnesio es importante para la vida, tanto animal como vegetal por formar parte de la composición de la clorofila (porfirina-magnesio), que interviene en la fotosíntesis.

Sulfato

Se encuentra en casi todas las aguas naturales. La mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos y la existencia de residuos industriales. El sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia. Una alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza del agua. El contenido de sulfato de las aguas naturales es una

consideración importante para determinar si es posible utilizarlas para los abastecimientos de agua públicos e industriales, ya que es responsable del olor y la corrosión de las alcantarillas, que resultan de la reducción de los sulfatos a sulfuro de hidrógeno en condiciones anaeróbicas.

Bicarbonatos (alcalinidad)

Dado que la alcalinidad de aguas superficiales está determinada generalmente por el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, ésta se toma como un indicador de dichas especies iónicas. El bicarbonato constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad. Dicha especie iónica y el hidróxido son particularmente importantes cuando hay gran actividad fotosintética de algas y respiración celular o cuando hay descargas industriales en un cuerpo de agua.

Históricamente, la alcalinidad ha sido utilizada como un indicador de la productividad de lagos, donde niveles de alcalinidad altos indicarían una productividad alta y viceversa. Los carbonatos y bicarbonatos presentes en cuerpos naturales de agua dulce se originan, generalmente, del desgaste y disolución de rocas en la cuenca que contienen carbonatos tales como la piedra caliza.

Cloruro

Los cloruros aparecen en todas las aguas naturales en concentraciones que varían ampliamente. Logran acceso a las aguas naturales en muchas formas: el poder disolvente del agua introduce cloruros de la capa vegetal y desde las formaciones más profundas. Hay, por otro lado, un aporte importante a través del transporte en las masas de aire, y entradas debido a la erosión de los suelos.

Los excrementos humanos, principalmente la orina, contienen cloruros en una cantidad casi igual a la de los cloruros consumidos con los alimentos y el agua. Esta cantidad es, en promedio, unos 6 gramos de cloruros por persona por día, e incrementa el contenido de cloruro en las aguas residuales en unos 20 mg/l

por encima del contenido propio del agua. Por consiguiente, los efluentes de aguas residuales añaden cantidades considerables de cloruros a las fuentes receptoras. Los cloruros en concentraciones razonables no son peligrosos para la salud y son un elemento esencial para las plantas y los animales. En concentraciones por encima de 250 mg/l producen sabor salado al agua.

E. coli

Pertenece a la familia de las enterobacteriáceas y se caracteriza por poseer las enzimas β -galactosidasa y β -glucoronidasa. Abunda en las heces de origen humano y animal, alcanzando en las heces recientes concentraciones de 10^9 por gramo de bacteria. Se halla en las aguas residuales, los efluentes tratados y todas las aguas y suelos naturales que han sufrido una contaminación fecal reciente, ya sea procedente de seres humanos, de operaciones agrícolas o de animales y pájaros silvestres.

Recientemente se ha sugerido que *E. coli* puede existir e incluso proliferar en aguas tropicales que no han sido objeto de contaminación fecal de origen humano. No obstante, en regiones más remotas, no cabe excluir la contaminación fecal por animales silvestres, en particular pájaros.

2. Definición de términos

Agua dura: Nombre que se le da al agua con alto contenido de magnesio y calcio principalmente, aunque hay otros tipos de sustancias que también pueden contribuir a la dureza, debido a que estas sustancias dificultan la acción limpiadora de los jabones, porque impiden la formación de espuma.

Anión: Este término se refiere a partículas (iones) con carga negativa, que pueden tener tamaños distintos. Éstos pueden ser compuestos como los nitratos y nitritos o elementos como los cloruros o sulfatos.

Diagrama de caja y bigotes (Box and Whisker plot): El gráfico de caja y bigotes es una herramienta de análisis exploratorio de datos que permite analizar y resumir un conjunto de datos, univariante, dado. También permite estudiar la simetría de los datos, detectar valores atípicos y vislumbrar un ajuste de los datos a una distribución de frecuencias determinada.

Catión: Este término se utiliza para describir partículas (iones) con carga positiva que pueden tener tamaños distintos. Éstos pueden ser compuestos como el amonio y pueden ser elementos como los iones de calcio, magnesio, sodio o potasio.

Debajo del límite de detección del método (dl_{dm}): Término que se refiere a valores obtenidos que producen una señal que se encuentra por encima del 99 por ciento de probabilidad de diferencia con respecto al blanco.

Escherichia coli (E. coli): Es un miembro del grupo de bacterias coliformes fecales (termotolerantes), considerado como un organismo indicador de la contaminación fecal en las aguas.

Estratificación: Es lo que ocurre cuando las aguas se diferencian en estratos o capas superpuestas debido a diferencias en valores de temperatura y/o concentraciones de gases en disolución o solutos (por ejemplo, oxígeno disuelto). El agua actúa como dos cuerpos de diferentes densidades, uno flotando encima del otro.

Eutrofización: Enriquecimiento en nutrientes de las aguas de un río, un lago o un embalse. El exceso de nutrientes genera el crecimiento en abundancia de las algas y plantas en general, y otros organismos, los cuales, al morir, se descomponen. Los procesos de descomposición o putrefacción consumen una gran cantidad de oxígeno disuelto y se puede pasar de condiciones aeróbicas a anaeróbicas, con desprendimiento de gases que llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad; las aguas dejan de ser aptas para la mayor parte de los seres vivos. Como resultado final se tiene un ecosistema con condiciones alteradas y/o deterioradas, evolucionando de un medio acuático a uno terrestre. La alta concentración de algas y macrofitas produce problemas de sabor y olor en el agua potable, y algunos tipos de algas son tóxicas para los animales.

Gráfico de Piper: Este tipo de gráfico tiene como propósito principal, mostrar grupos de puntos de datos para poder apreciar y evidenciar muestras con composiciones similares. El diagrama, grafica los iones principales como porcentaje de miliequivalentes en 2 triángulos base. Los cationes totales y los aniones totales se establecen igualados al 100 por ciento y los puntos de datos, en los dos triángulos, son proyectados hacia una cuadrícula adyacente.

ICA: Índice de calidad de agua desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional de los Estados Unidos, es un método estandarizado para comparar la calidad de agua de varios cuerpos de agua.

Iones: Son partículas que pueden tener carga positiva o negativa. Esta carga se debe a un exceso o defecto de electrones. En el caso de los elementos metálicos, ocurre debido a la pérdida de electrones de valencia y, en los no metales, se debe a la ganancia de electrones. También existen iones en forma de compuestos, como los nitratos, en donde la combinación de los elementos que lo forman produce un exceso o defecto de electrones, causando dicha carga.

Kriging: Método estadístico de extrapolación utilizado, que permite calcular las condiciones de un área extensa que se encuentra entre puntos de muestreo y

que, por distintas razones, no sea posible obtener medidas directas en esas zonas.

Media: Conocida también como media aritmética o promedio es la tendencia central que se utiliza más a menudo. Se define como el cálculo resultante al sumar un conjunto de observaciones y dividirlo entre el número total de las observaciones efectuadas. Puede ser empleada como medida de resumen tanto de mediciones discretas como continuas.

Mediana: Es una medida de tendencia central que no es sensible al valor de cada medición. Se puede utilizar como medida resumen para las observaciones ordinales así como para las variables discretas y continuas. Se define como el percentil 50 de un conjunto de mediciones; por tanto, si un conjunto de datos contiene un total de observaciones n en las que n es impar, la mediana es el valor de la observación que está en medio de la lista ordenada y si n es par, la mediana se toma como el promedio de los dos valores centrales.

Software: Nombre que se le da a los programas informáticos que permiten la comunicación con la unidad de procesamiento central de un computador y que le permite a la computadora la realización de ciertas tareas.

Valor guía: Valores utilizados como referencia, estos pueden ser máximos o mínimos permisibles según estándares internacionales, que han sido definidos según la utilización que se le vaya a dar a un cuerpo de agua. Existe un valor para cada parámetro que se utiliza para los estudios de la calidad del agua según su uso. En estos momentos se utilizan los proporcionados por la EPA (Environmental Protection Agency) para aguas naturales.

3. Metodología

3.1. Manejo de datos

En el análisis de los datos de calidad de agua se seleccionaron, del total de los parámetros analizados, cuatro que dan cuenta de la condición química y microbiológica, siendo siempre los mismos para todas las estaciones: oxígeno disuelto, temperatura, nitratos, fosfatos y *E. coli* como indicador de contaminación fecal. Los resultados son comparados con los valores guía de la Agencia de los Estados Unidos para la Protección Ambiental (EPA-USA, 1986; tabla 1), de acuerdo a los siguientes criterios de calidad de agua:

- Concentración de oxígeno disuelto recomendado como mínimo óptimo para soporte de la vida acuática (5 mg/l).
- Mínimo recomendado para reducir riesgos de eutrofización en las aguas naturales con sustancias nutritivas como el nitrato (0,3 mg/l) y el fosfato (0,05 – 0,025 mg/l).

Tabla 1. Valores guías para calidad de aguas superficiales		
Parámetro	Valor guía	Definición
Temperatura	2,8°C	Máximo incremento diferencial de 2,8°C, sobre condiciones ambientales luego de la mezcla para ríos y arroyos..
	1,7°C	Máximo incremento diferencial de 1,7°C sobre condiciones ambientales luego de la mezcla para lagos.
	32,2°C	Máximo valor; puede variar caso por caso.
Oxígeno disuelto (OD)	5 mg/l	El valor no debe estar por debajo de 5mg/l como soporte adecuado para la vida acuática en aguas dulces.
Nitratos (NO ₃)	0,30 mg/l	En lagos con aguas tranquilas, concentraciones mayores a 0,30 mg/l (como N) estimulan el crecimiento de vegetación acuática y de algas.
Fosfatos (PO ₄)	0,05 mg/l	Como control de eutrofización, los valores no deben exceder de 0,05 mg/l (como P) en ríos que descargan a lagos o embalses.
	0,10 mg/l	Como control de eutrofización, no deben exceder de 0,10 mg/l en ríos que no descargan directamente a lagos o embalses.
	0,025	Como control de eutrofización, no deben exceder de 0,025 mg/l en lagos o embalses.
Sulfatos (SO ₄)	250 mg/l	Los valores no deben exceder el valor de referencia, excepto donde los análisis indiquen que niveles por encima de este valor no afectan el uso designado.

Tabla 1. Valores guías para calidad de aguas superficiales		
Parámetro	Valor guía	Definición
Bicarbonatos (alcalinidad)	20 mg/l	El valor debe ser de 20 mg/l o más como CaCO ₃ para el soporte de la vida acuática en aguas dulces.
Cloruros (Cl)	250 mg/l	Los valores no deben exceder 250 mg/l, excepto donde análisis indiquen que niveles por encima de este valor no afectan el uso designado.
Coliformes fecales	200 NMP/100ml	Los valores no deben exceder los 200 NMP/100ml para uso recreacional de contacto directo. Basado en no menos de 5 muestras en un mes.
	1.000 NMP/100ml	Los valores no deben exceder los 1000 NMP/100ml para uso recreacional de contacto secundario. Basado en no menos de 5 muestras en un mes.
	2.000 NMP/100ml	La media aritmética mensual no debe exceder los 2.000 NMP/100ml para uso de abastecimiento de agua para beber.

Fuente: United States Environmental Protection Agency (EPA), 1986. Quality Criteria for Water 1986. Office of Water Regulation and Standards, Washington DC 20460. 477 pp.

- Límites máximos de *E. coli* recomendado para uso recreativo con contacto directo (200 NMP/100ml); contacto secundario (1000 NMP/100ml), y abastecimiento de agua para beber (2000 NMP/100ml).

Los valores guías establecidos por la EPA para coliformes fecales están dados sobre la media aritmética mensual de no menos de cinco (5) muestras en un mes, por lo que su uso en el presente informe se ve limitado desde que se trata de datos puntuales obtenidos a través de una muestra en cada sitio con periodicidad mensual. Sin embargo, se utilizan como valores de referencia que permiten, considerando las limitaciones, hacer una aproximación a condiciones puntuales existentes.

3.2. Programas utilizados

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa “*STATISTICA release 7*”. Los gráficos de perfiles verticales para el lago Gatún se realizaron con el Programa Sigma Plot v10.0. Para realizar los diagramas de Piper, se utilizó la versión de demostración de un software disponible en la Web (Rockware, Inc. 2005).

3.3. Estadística descriptiva

En el presente informe, todos los valores que se encontraron por debajo del dldm fueron considerados y se utilizó el valor medio correspondiente a éste. Los datos que se encuentran por “debajo del límite de detección del método” (dldm), pueden ser reemplazados por el propio valor del límite de detección o por el valor medio de éste, en cuyo caso su uso en análisis estadísticos inferenciales se ven limitados. Cuando una proporción significativa de los datos (>25 por ciento), está por dldm y han sido reemplazados por un valor “asignado” deben utilizarse métodos estadísticos avanzados para hacer inferencias (Monitoring Guidelines, 2000).

Todos los datos, incluyendo valores atípicos y valores extremos, están incluidos bajo la forma de tablas en el Volumen I del presente Informe de Calidad de Agua de la CHCP 2003-2005. Las tablas propias a los ríos ROR (5, 6 y 7) y ROCC (8, 9 y 10); lagos: Ahajuela (11, 12 y 13), Gatún (14, 15 y 16) y Miraflores (17, 18 y 19), y las Subcuencas de Gatuncillo (19, 20 y 21), Tinajones (22, 23 y 24) y Caño Quebrado (25, 26 y 27), contienen los valores máximos, mínimos y promedios, ICA y registros generales respectivamente.

3.3.1. Diagrama de caja y bigotes

El diagrama de caja y bigotes permite analizar y resumir un conjunto de datos univariante dado. Esta herramienta de análisis exploratorio de datos permite estudiar la simetría de los datos, detectar valores atípicos y vislumbrar un ajuste de los datos a una distribución de frecuencias determinada. Un diagrama de caja o caja de dispersión (conocida en inglés como boxplot), trata, al igual que un histograma, de dar una idea de la distribución de los datos. Sin embargo, para construirla, no es necesario hacer una subdivisión en clases de frecuencia. La construcción de una caja de dispersión, se basa en el cálculo de la mediana, los percentiles, etc. La caja de dispersión está compuesta por los siguientes elementos (figura 1):

- Un rectángulo que agrupa al 50 por ciento de los datos. En su parte inferior está el percentil veinticinco y en la parte superior el percentil setenta y cinco.

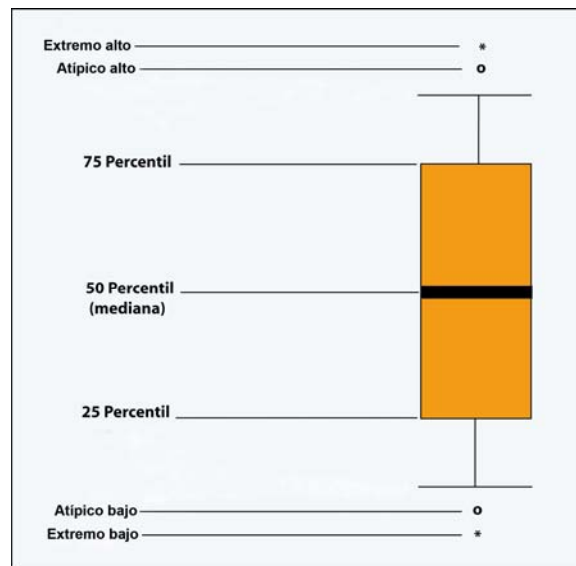


Figura 1. Diagrama de caja.

- El rectángulo está dividido por una línea, que representa a la mediana.
- Del rectángulo salen dos líneas (“bigotes”), una hacia arriba y otra hacia abajo. Estas líneas agrupan cada una al 25 por ciento de los datos (los datos inferiores, la línea de abajo, y los datos superiores, la línea de arriba).
- En ocasiones, se marca con estrellas o asteriscos ciertos puntos especiales: son aquellos puntos que corresponden a valores demasiados alejados del resto de valores. En ocasiones, estos valores, pueden tratarse de datos aberrantes (es decir, puede haber habido un error en la toma o digitación de los datos), o bien datos atípicos, que están correctos pero, simplemente, no son como los demás.

En las figuras de oxígeno disuelto, la línea roja indica el valor guía de 5 mg/l y la línea punteada indica el límite de detección del método utilizado de 0,10 mg/l. Para los nitratos, la línea roja indica el valor guía (0,3 mg/l) y la línea punteada indica el límite de detección del método utilizado (0,01 mg/l). En el caso de los fosfatos, la línea roja indica el valor guía (0,1 mg/l; 0,05 mg/l; 0,025 mg/l)

utilizado como máximo y la línea punteada indica el límite de detección del método utilizado (0,020 mg/l). Para los coliformes totales, la línea roja indica el valor guía (200 NMP/100 ml) utilizado como máximo para actividades de recreación de contacto directo. En la mayoría de los diagramas de caja de la concentración de *E. coli* se utilizó escala semi-logarítmica.

3.3.2. Diagramas hidroquímicos de Piper

Para definir las distintas características hidroquímicas presentes en el agua, se utilizó el diagrama de Piper, del cual se obtiene la clasificación de las aguas por los iones dominantes, a partir del promedio de los datos correspondientes a todas las muestras obtenidas en el período analizado; en este caso agosto de 2004 a diciembre de 2005, para las estaciones de muestreo.

También, los diagramas de Piper o Triangulares son representaciones gráficas que muestran sintéticamente las características químicas principales del agua, facilitando su clasificación. Son ideales para representar tres componentes (aniones, cationes y la interacción entre ambos) en forma simultánea; así, brindan la posibilidad de representar muchos análisis en un mismo gráfico, sin dar origen a confusiones (figura 2). Las aguas químicamente semejantes se encontrarán agrupadas, y pueden clasificarse por su ubicación en el diagrama de acuerdo a 13 categorías (tabla 2). Existen distintas variantes de estos diagramas. En este caso, se utiliza:

- Un triángulo para los cationes mayoritarios: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), y la suma de sodio y potasio ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$), cada uno de ellos incrementándose en el sentido de las agujas del reloj;
- Otro triángulo para los aniones mayoritarios: cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^-), y la suma carbonato y bicarbonato ($\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-$), cada uno de ellos incrementándose en el sentido contrario a las agujas del reloj; y,
- Un diagrama romboidal integrador, en el que se representan la suma de los cationes ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) y ($\text{Na}^+ + \text{K}^+$) en un par de lados paralelos y

complementarios, mientras en el otro par de lados se presenta la suma de aniones ($\text{CO}_3^- + \text{HCO}_3^-$) y su complementario ($\text{SO}_4^- + \text{Cl}^-$).

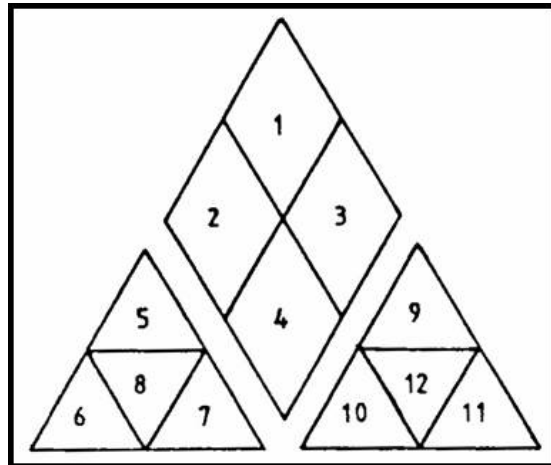


Figura 2. Diagrama de Piper o Triangulares (Fuente: http://www.bdh.lapampa.gov.org/common/themes/pampa/help/Diagrama_hidroq_micos...).

Tabla 2. Clasificación de las aguas según características químicas principales	
Nº	Clasificación
1	Aguas sulfatadas y/o cloruradas, cálcicas y/o magnésicas.
2	Aguas bicarbonatadas cálcicas y/o magnésicas.
3	Aguas cloruradas cálcicas y/o magnésicas.
4	Aguas bicarbonatadas sódicas.
5	Aguas magnésicas.
6	Aguas cálcicas.
7	Aguas sódicas.
8	Aguas magnésicas, cálcicas y sódicas.
9	Aguas sulfatadas.
10	Aguas bicarbonatadas.
11	Aguas cloruradas.
12	Aguas sulfatadas, bicarbonatadas
13	Aguas cloruradas.

3.4. Interpolaciones

En la elaboración de los mapas de distribución de concentraciones de las variables descritas para el lago Gatún se utilizó el método Kriging ordinario. El método Kriging ordinario fue seleccionado luego de determinar la dependencia espacial de las variables, mediante el análisis geoestadístico índice de Moran, con la utilización de ARC GIS 9.0. El índice de Moran, es la técnica más antigua y más típica para la detección y medición de la autocorrelación espacial y su diseño es similar al coeficiente de correlación de Pearson.

El Kriging, es una técnica de interpolación que usa la dependencia espacial existente entre las observaciones para estimar los valores de una variable en lugares no muestreados, sin sesgo y con mínima varianza. La semivarianza es una medida de la similitud entre observaciones, a mayor similitud, menor semivarianza. El gráfico de semivarianza contra distancia se conoce como semivariograma y contiene información sobre la zona de influencia o zona en la que existe dependencia espacial, condiciones de anisotropía y continuidad de la variable en el espacio. En el Kriging, el valor estimado es la suma lineal de los pesos de las observaciones próximas y estos son estimados por un análisis espacial geoestadístico basado en el semivariograma. Los pesos utilizados son función del semivariograma, especialmente de la varianza aleatoria o “nugget”, de la configuración de los puntos de muestreo y del lugar de la estimación. Se utilizaron los modelos donde los semivariogramas observados mejor se ajustaron. Este método es uno de los más utilizados y es considerado como uno de los interpoladores más exactos ya que los valores estimados en los puntos de observación coinciden con los valores medidos.

En los lagos Alhajuela y Miraflores se utilizó el método de la Distancia Inversa Ponderada o “IDW” (Inverse Distance Weighted), debido a que existen menos de diez (10) puntos de entrada. El IDW asume que cada punto de monitoreo tiene una influencia local que disminuye con la distancia. El IDW pondera los valores

de las variables estudiadas con aquellos puntos que están más cerca y disminuye con aquellos que están más lejos de él.

Para este análisis se utilizaron datos promedios de cada variable estudiada correspondiente al período 2003-2005 e información de cada estación de muestreo, con el objetivo de estudiar la variabilidad espacial de algunas características del agua como oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos y *E. coli* en los lagos Gatún, Alhajuela y Miraflores, así como del Índice de Calidad de Agua (ICA), en los lagos Gatún y Alhajuela.

3.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

En el cálculo del ICA se aplicó una ecuación que genera un valor entre 0 y 100, el cual califica la calidad del agua. Este valor, y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación de un cuerpo de agua determinado (véase Informe de Calidad de Agua, Volumen I). Para la clasificación de la calidad de agua en cada sitio de muestreo se empleó una tabla que muestra las calificaciones (descriptores) y colores propuestos para presentar el índice (tabla 4, Volumen I). Cada categoría está definida por un conjunto de valores para las principales características de calidad de agua (físicas, químicas y biológicas) y puede ser asociada a diferentes usos (tabla 3).

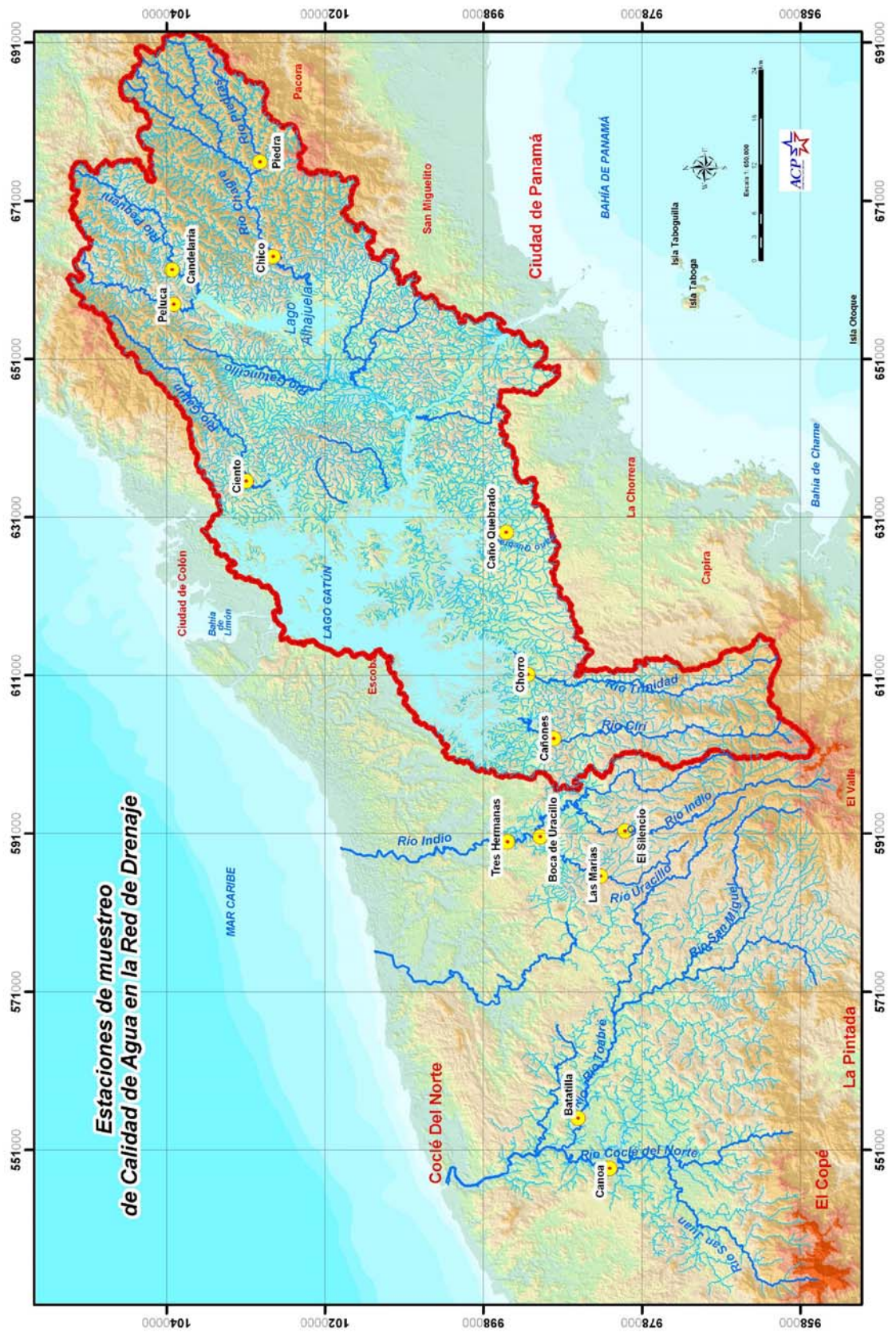
El ICA fue calculado para cada mes (período 2003-2005) en todas las estaciones de muestreo del Programa de Vigilancia de la Calidad de Agua, excepto en el lago Miraflores donde no se realizan análisis de coliformes fecales y DBO, necesarios para el cálculo del índice, debido a que este lago no tiene uso de abastecimiento de agua cruda para consumo humano.

Tabla 3. Índice de Calidad de Agua (ICA) en su relación con los principales usos del agua												
Uso	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	ICA
General	Muy contaminada						Ligeramente contaminada			Limpia		
Categoría o clase (agua)	V				IV		III			II		I
Abastecimiento público de agua	No aceptable				Dudoso		Tratamiento necesario; viene a ser muy costoso			Requiere purificación menor	No requiere purificación	
Recreación	No aceptable		Apariencia de contaminación obvia	Sólo en embarcaciones	Dudosamente para contacto con el agua	Indicios aún de contaminación; necesidad de conteo de bacterias		Aceptable para todos los deportes				
Peces, moluscos y vida silvestre	No aceptable			Peces para pesca deportiva	Peces para pesca de línea solamente	Dudosamente para peces sensitivos	Peces marginales	Aceptable para todos los peces				
Navegación	No aceptable			Apariencia obvia de contaminación	Aceptable							
Transporte - agua tratada	No aceptable	Aceptable										
	10	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	ICA

CLASIFICACIÓN	RANGO	COLOR
Muy malo	0-25	Rojo
Malo	26-50	Naranja
Medio	51-70	Amarillo
Bueno	71-90	Verde
Excelente	91-100	Azul

Fuente: varios autores. Traducción libre.

4. Estaciones en ríos de la CHCP



El oxígeno disuelto se halló dentro de valores aceptables para la vida acuática en el 100 por ciento de las muestras. El parámetro *E. coli* excedió el valor guía de 200 NMP/100 ml para uso recreativo con contacto directo en 105 muestras (48,17 por ciento) del total (véase página 23). De éstas, 16 muestras (7,34 por ciento) corresponden a la estación Ciento; 29 muestras (13,30 por ciento) a las estaciones Peluca, Candelaria, Chico y Río Piedras; 11 (5,05 por ciento), a Caño Quebrado; y 49 muestras (22,48 por ciento), a las estaciones El Chorro y Los Cañones. Esta condición, de carácter puntual, puede estar más relacionada a la presencia de animales silvestres y ganado que a asentamientos humanos.

El menor porcentaje de muestras que exceden para *E. coli* se encuentra en las estaciones ubicadas en la cuenca del lago Alhajuela, donde habitan muy pocas personas, y en las partes altas de los ríos Chagres (incluye Río Piedras), Pequení y Boquerón (áreas del Parque Nacional Chagres), donde la cobertura del suelo es de bosques, por lo tanto, la carga de contaminantes en términos generales es baja. Esto último se manifiesta en la buena calidad del agua de estos ríos que, además, cuentan con una alta capacidad de dilución y autodepuración debido a los volúmenes de agua que transportan.

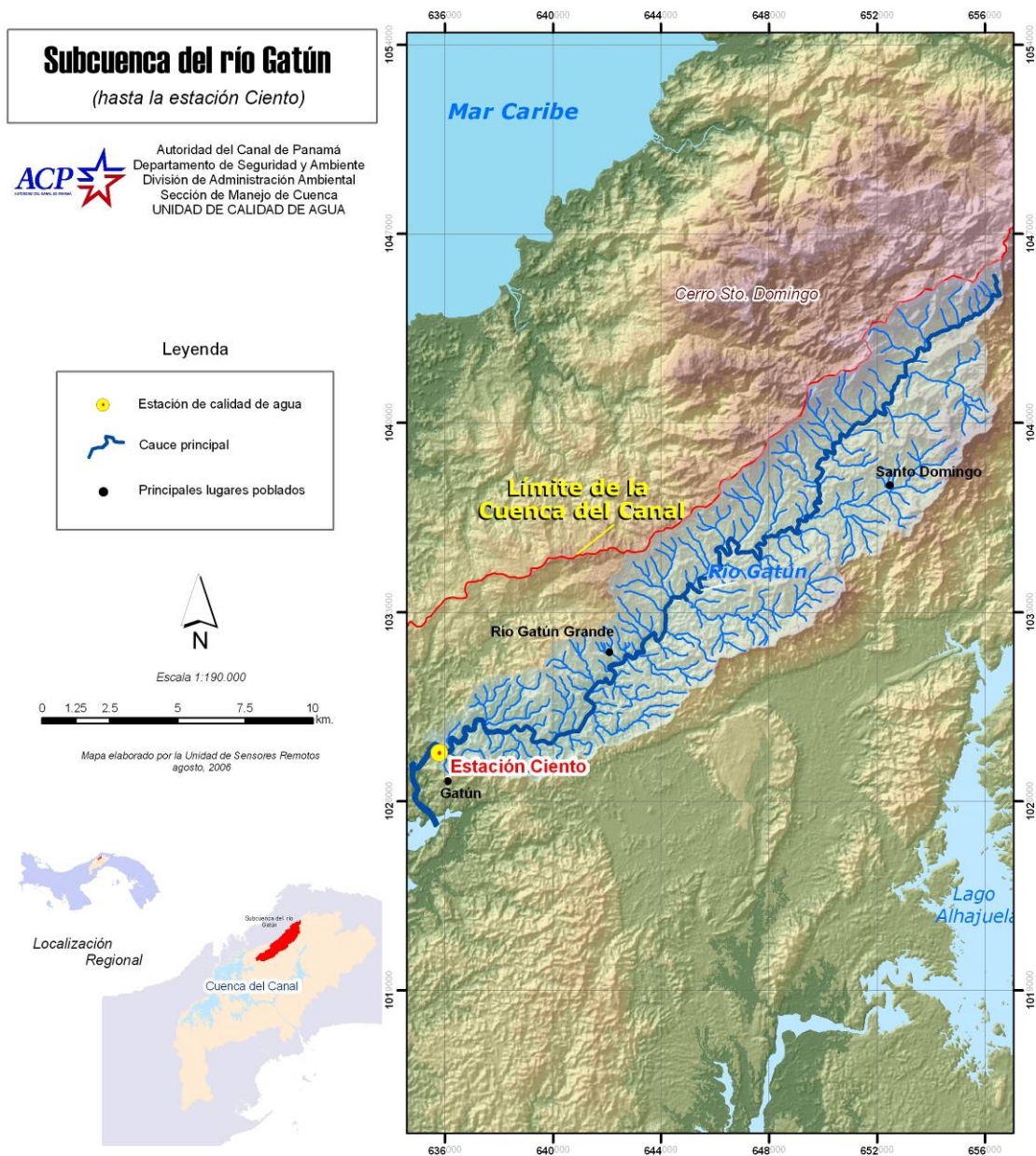
La estación Ciento, ubicada en la subcuenca del río Gatún, presentó 16 muestras (7,34 por ciento) que exceden el valor guía para coliformes fecales. La calidad del agua en esta estación se ve influida, principalmente, por las acciones que se derivan de los poblados Nuevo Veraguas y Santo Domingo así como de La Llana. Esta última comunidad está ubicada en la parte alta de la subcuenca y en sus inmediaciones se dan actividades de agricultura de subsistencia y ganadería, las cuales pueden ser una fuente no puntual de entrada de coliformes fecales (*E. coli*). Cabe señalar que la mayor influencia del corredor transístmico sobre la calidad del agua del río Gatún se da aguas abajo de la estación Ciento.

El mayor número de muestras que excedieron el valor guía para coliformes fecales se encontró en las subcuencas ubicadas en el área oeste, con 49 muestras (22,48 por ciento): estación El Chorro, ubicada en la subcuenca del río Trinidad, estación Los Cañones, en la subcuenca del río Cirí Grande, y estación Caño Quebrado Abajo, en la subcuenca del río Caño Quebrado. En estas subcuencas se dan actividades de ganadería, agricultura y deforestación que contribuyen, como fuentes no puntuales, en el incremento de los valores de este parámetro. De las 105 muestras que excedieron el valor guía de 200 NMP/100 ml para coliformes fecales, 75 (71,43 por ciento) se ubicaron entre 200 y 1000 NMP/100 ml calificando para uso recreacional de contacto secundario.

Cabe señalar que del total de muestras analizadas (218) en todo el período (2003-2005), 199 (91,28 por ciento) resultaron aptas para abastecimiento de agua previo tratamiento, encontrándose valores por debajo de los 2000 NMP/100 ml.

En cuanto al Índice de Calidad del Agua, de un total de 245 valores obtenidos para el período 2003-2005, calculados a partir de los datos de las estaciones de los ríos ROR, el 8 por ciento de los cuerpos de agua monitoreados están en la clasificación de excelente (valores de ICA mayores a 91) y el 92 por ciento restante tiene valores de entre 71 y 90, clasificándole como buena. Estos resultados, sugieren que la calidad del agua en los principales ríos de la ROR, en las estaciones de muestreo y aguas arriba de ellas, es adecuada para el abastecimiento de agua potable, uso recreativo (contacto directo y/o indirecto) y soporte de la vida acuática.

4.1.1. Estación Ciento en río Gatún



4.1.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto

Los valores de temperatura variaron de un mínimo de 24,3°C registrado tanto en el 2004 como en el 2005 a un máximo de 26,7°C en el 2005, siendo el rango de 2,4°C para todo el período de muestreo. Los valores promedios registrados

fueron de 25,7°C en el 2003, y 25,4°C en el 2004 y 2005. La mediana indica que la temperatura fue de 25,4°C en todo el período de muestreo (figura 3).

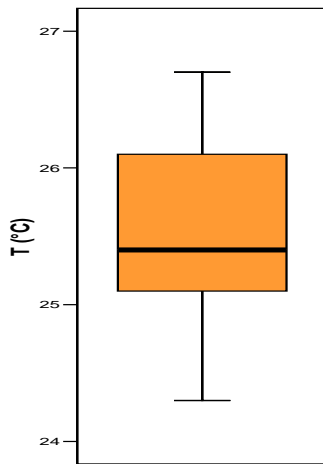


Figura 3 Diagrama de caja de los valores de la temperatura en la estación Ciento, 2003-2005.

Las concentraciones del oxígeno disuelto variaron de un mínimo de 5,59 mg/l en el 2003 a un máximo de 9,49 mg/l (2005). Los valores promedios fueron 7,40; 8,05 y 8,15 mg/l para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.

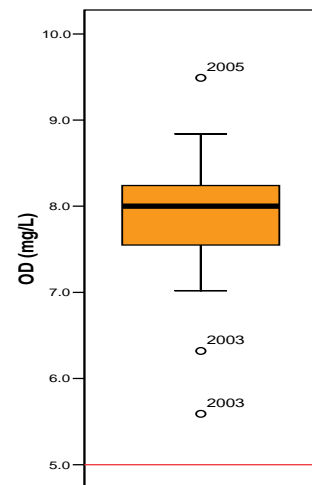
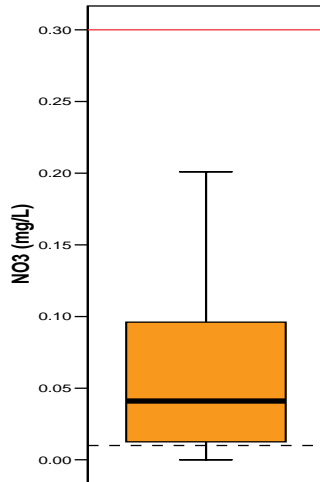


Figura 4. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Ciento 2003-2005.

La mediana para el OD fue de 8,0 mg/l, existiendo un valor atípico alto en el año 2005 y dos bajos en el 2003 (figura 4). Se observa también que todos los valores incluyendo los atípicos bajos, se encontraron sobre los 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida en condiciones adecuadas para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.1.2. Nitratos

El valor mínimo de nitratos (0,000 mg/l) se registró en los años 2003 y 2005, y el máximo en el año 2005 (0,201 mg/l), siendo el rango de 0,201 mg/l. Los valores promedios registrados fueron de 0,057; 0,056 y 0,074 mg/l para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.



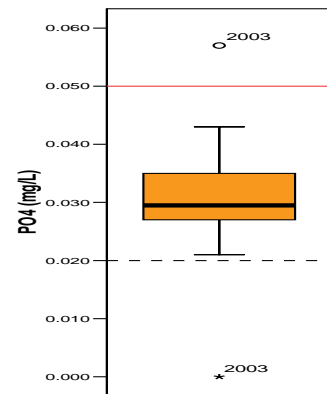
La mediana fue de 0,041 mg/l, encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 5).

Figura 5. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Ciento, 2003-2005.

4.1.1.3. Fosfatos

Los valores más bajo (0,000 mg/l) y más alto (0,057 mg/l) de fosfatos se registraron en el año 2003. Los valores promedios fueron de 0,033; 0,031 y 0,030mg/l para los años 2003, 2004 y 2005 respectivamente.

La concentración mediana fue de 0,030 mg/l, estando por debajo del valor guía (0,05mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses (figura 6).



En el año 2003 se registró un valor atípico alto que sobrepasa el valor guía y un valor extremo bajo.

Figura 6. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación Ciento, 2003-2005

4.1.1.4. *Escherichia coli*

Los resultados del análisis microbiológico del agua en la estación Ciento, indican que las concentraciones de *E. coli* variaron de un mínimo de 5,0 NMP/100 ml en

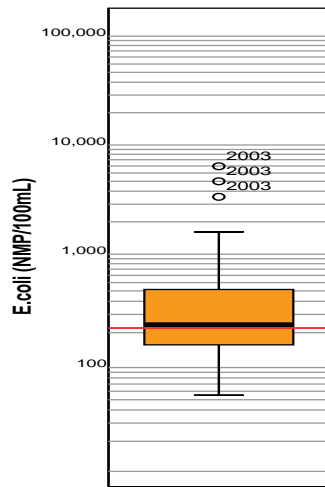


Figura 7 Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Ciento, 2003-2005.

el 2003 a un máximo de 5.855 NMP/100 ml, también en el 2003, señalando un amplio rango de 5.850 NMP/100 ml. Los valores promedios registrados fueron 1.537; 281 y 357 NMP/100 ml para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.

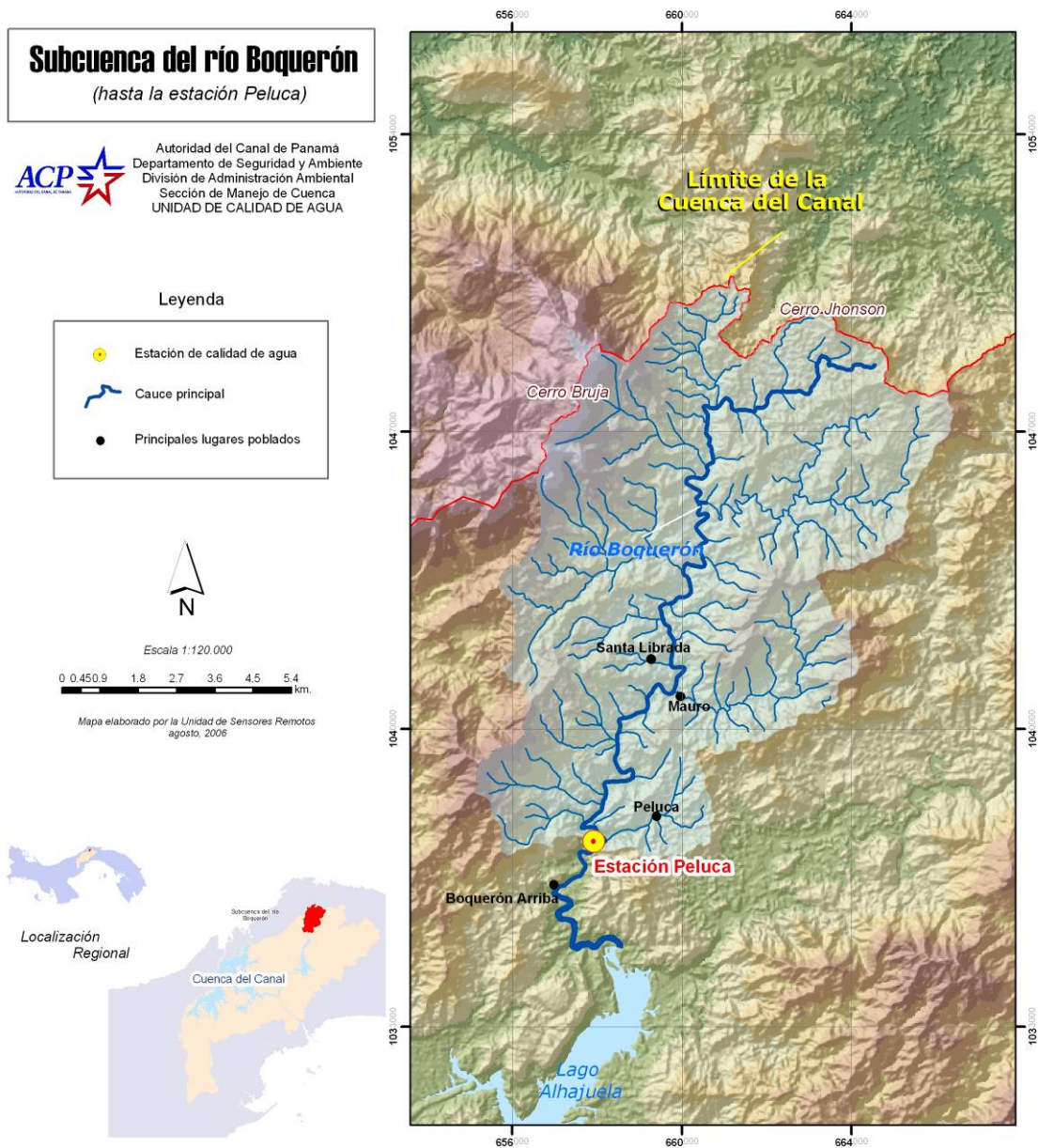
En la figura 7 se observa que la concentración mediana de *E. coli* se encontró ligeramente por encima de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo.

En términos generales, más del 50 por ciento de los valores sobrepasan el valor guía, incluyendo tres valores atípicos altos encontrados en el 2003.

4.1.1.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período analizado (2003-2005), sugieren que el agua en esta estación se ubica dentro de tres clasificaciones, “media”, “buena” y “excelente”, para el 3; 91 y 6 por ciento de los valores, respectivamente. Estos resultados permiten clasificar, en términos generales, la calidad del agua en esta estación como buena durante este período (97por ciento de los valores en buena y excelente).

4.1.2. Estación Peluca en el río Boquerón



4.1.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto

Los valores de temperatura variaron del valor más bajo (23,8°C) al más alto (27,9°C) en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 25,8°C; 25,3°C y 25,5°C para el 2003, 2004 y 2005, respectivamente. La mediana para

la temperatura fue de 25,5°C, existiendo un valor atípico alto en el año 2004 (figura 8).

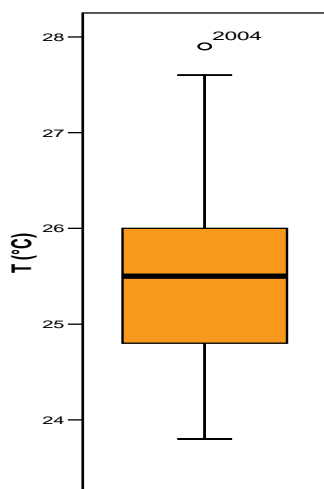


Figura 8. Diagrama de caja de los valores de la temperatura en la estación Peluca, 2003-2005

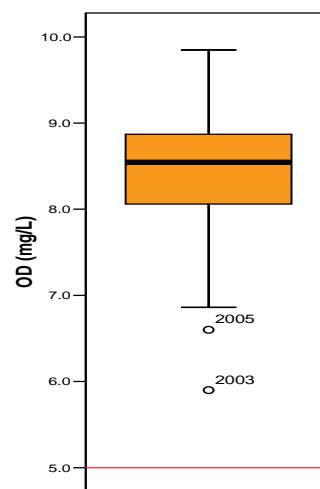


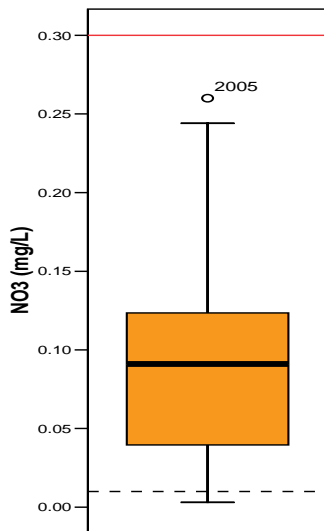
Figura 9. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Peluca, 2003-2005

Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron de un mínimo de 5,90 mg/l en el 2003 a un máximo de 9,85 mg/l en el 2005, con un rango de 3,9 mg/l en todo el período. Los valores promedios fueron de 2,94; 8,50 y 8,72 mg/l para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente. La mediana sugiere que el OD fue de 8,5 mg/l, existiendo dos valores atípicos bajos en los años 2003 y 2005 (figura 9).

Se observa también que todos los valores, incluyendo los atípicos bajos, se encontraron sobre los 5,0 mg/l, valor guía utilizado para la vida de la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.2.2. Nitratos

Los nitratos variaron de un mínimo de 0,003 mg/l registrado en el año 2003 a un máximo de 0,260 mg/l en el año 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,082; 0,092 y 0,096 mg/l para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.



En la figura 10 se observa que la concentración mediana de nitratos fue de 0,091 mg/l, por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización, existiendo un valor atípico alto en el año 2005 que tampoco excede el valor guía.

Figura 10. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO_3) en la estación Peluca, 2003-2005.

4.1.2.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron de un mínimo de 0,002 mg/l a un máximo de 0,042 mg/l registrados en el año 2003, siendo el rango de 0,040 mg/l. Los valores promedios registrados fueron de 0,022 mg/l para el 2003 y 2004 y 0,021 mg/l para el 2005.

La mediana de fosfatos fue de 0,021 mg/l, encontrándose por debajo del valor guía (0,05mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses (figura 11).

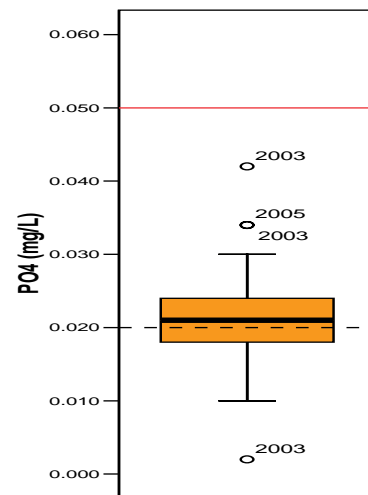


Figura 11. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO_4) en la estación Peluca, 2003-2005.

En la figura 11 se observa un valor atípico bajo en el año 2003 y tres atípicos altos (dos en el 2003 y uno en el 2005). Cabe señalar que los valores atípicos altos no exceden el valor guía y que aproximadamente el 35 por ciento de los valores se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado.

4.1.2.4. *Escherichia coli*

Los resultados del análisis microbiológico del agua de la estación Peluca sugieren que las concentraciones de *E. coli* variaron de entre un mínimo de 5,0 NMP/100 ml registrados en el 2003 y 2005, y un máximo de 15.648 NMP/100 ml registrado en el 2004, señalando un amplio rango de variación. Los valores

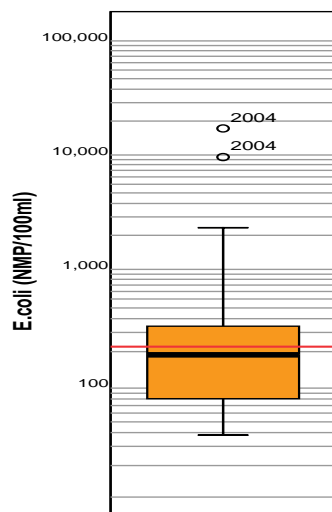


Figura 12. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Peluca, 2003-2005

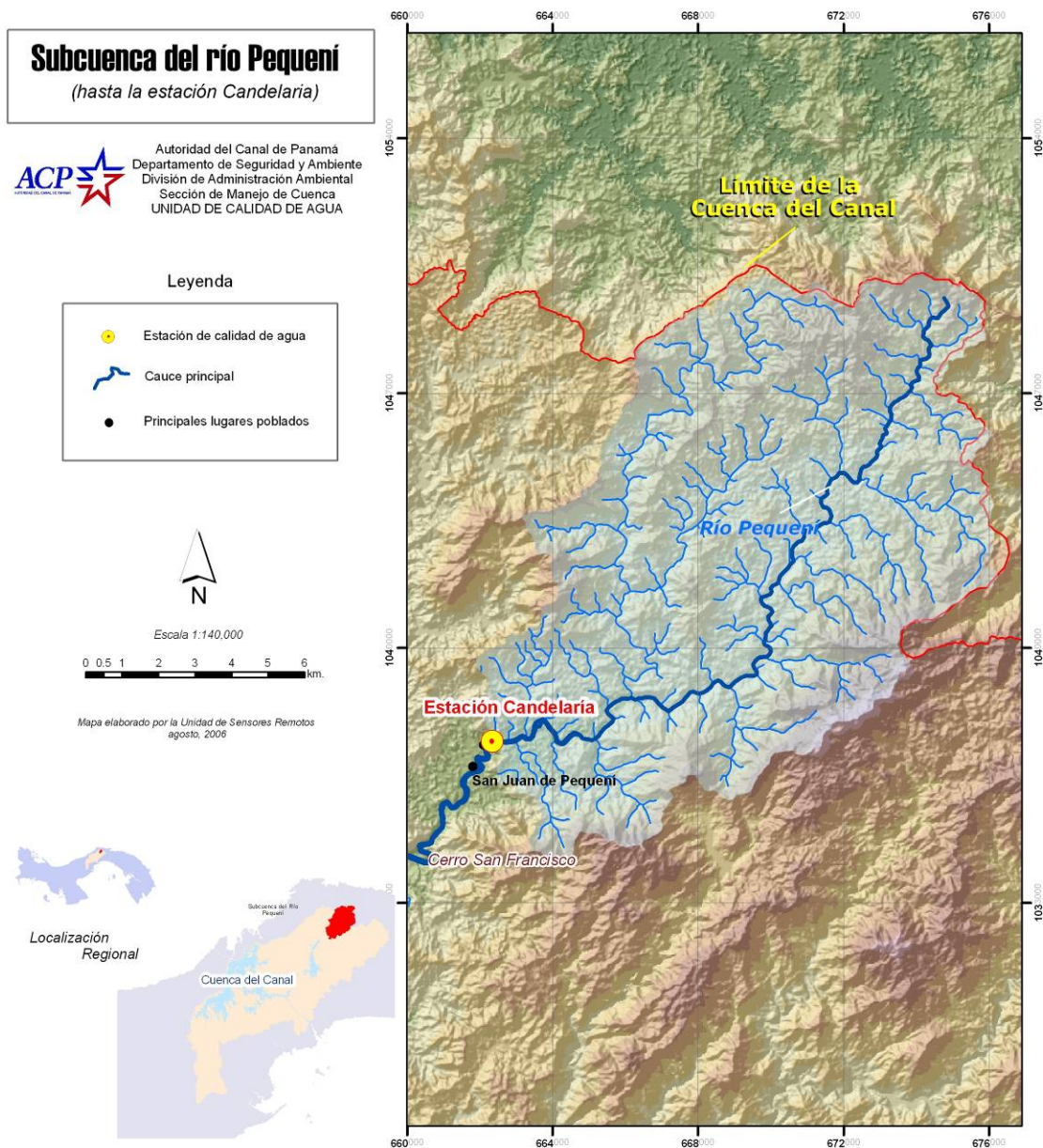
promedios registrados fueron de 389; 2.217 y 130 NMP/100 ml para los años 2003, 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana de *E. coli* se encontró ligeramente por debajo de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto; sin embargo, aproximadamente un 45 por ciento de los valores exceden el valor guía, encontrándose entre estos dos valores atípicos altos que sobrepasan en gran medida a este valor.

4.1.2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período analizado (2003-2005), indican que el agua en esta estación se ubica dentro de dos clasificaciones, “buena” y “excelente”, estando constituidas por el 94 y 6 por ciento de los valores, respectivamente.

4.1.3. Estación Candelaria en el río Pequení



4.1.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto

Los valores de temperatura variaron entre un mínimo de 23,7°C registrado en el 2005 y un máximo de 28,4°C registrado en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 26,3; 25,6 y 25,4°C en los años 2003; 2004 y 2005

respectivamente. La mediana indica que la temperatura fue de 25,7 °C durante el período de muestreo (figura 13).

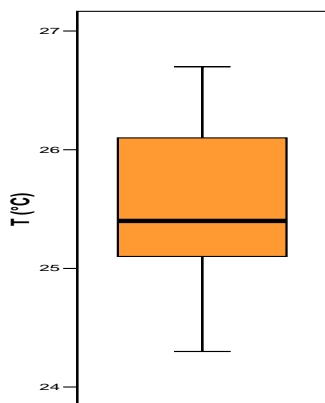


Figura 13. Diagrama de caja de los valores de la temperatura en la estación Candelaria, 2003-2005

Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron entre un mínimo de 6,3 mg/l en el 2003 y un máximo de 9,6 mg/l registrado en el 2004. Los valores promedios fueron 8,1; 8,4 y 8,5 mg/l para los años 2003, 2004 y 2005 respectivamente.

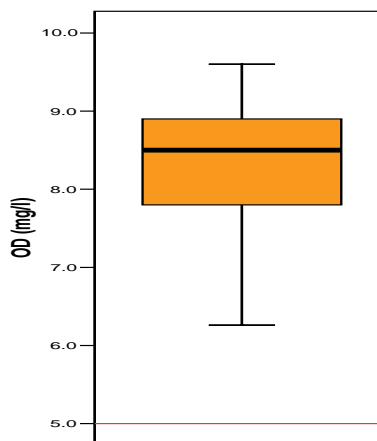


Figura 14. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Candelaria, 2003-2005.

En la figura 14 se observa que tanto la mediana (8,5 mg/l) como todos los valores registrados en el período se encuentran sobre los 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida en condiciones adecuadas para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.3.2. Nitratos

Las concentraciones de nitratos variaron de un mínimo de (0,000 mg/l) registrado en el 2004 y 2005 a un máximo de 0,274 en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,074; 0,086 y 0,088 mg/l para los años 2003, 2004 y 2005 respectivamente.

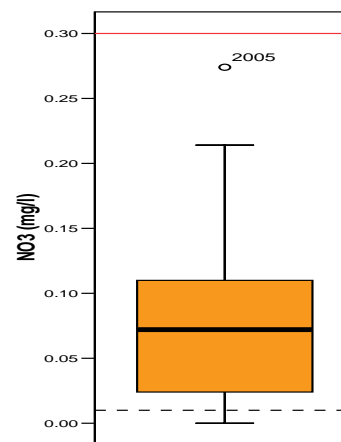
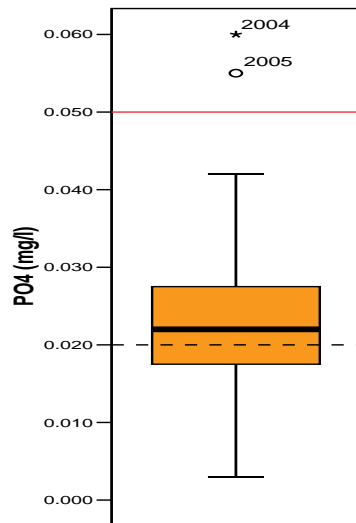


Figura 15. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Candelaria, 2003-2005

En la figura 15 se indica que la mediana fue de 0,072 mg/l, encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor

utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización. Se observa un valor atípico alto que no llega a exceder el valor guía. Menos del 15 por ciento de los datos se encontraron por debajo del límite de detección del método.

4.1.3.3. Fosfatos



Las concentraciones de fosfatos variaron de un mínimo de 0,003 a un máximo de 0,060 mg/l registrados en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 0,024 en el 2003 y 2005 y 0,023 en el 2005. La mediana fue de 0,022 mg/l, estando por debajo del valor guía (0,05mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses, en poco más de dos veces (figura 16).

Figura 16. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO_4) en la estación Candelaria, 2003-2005

Se observa, en el año 2005, un valor atípico alto y en el 2004 un valor extremo, que sobrepasan el valor guía.

4.1.3.4. *Escherichia coli* (*E. coli*)

Los resultados del análisis microbiológico del agua, sugieren que las concentraciones de *E. coli* variaron de un mínimo de 10 NMP/100 ml en el 2005 a un máximo de 4.130 NMP/100 ml, registrado en el 2003, señalando un amplio rango de variación. Los valores promedios registrados fueron 597; 317 y 163 NMP/100 ml para el 2003, 2004 y 2005 respectivamente.

En la figura 17 se indica que la mediana de *E. coli* fue de 126 NMP/100 ml, encontrándose por debajo de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto; sin embargo, en términos generales,

aproximadamente el 25 por ciento de los valores sobrepasan el valor guía, incluyendo dos valores atípicos altos encontrados en el 2003 y 2004.

4.1.3.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período analizado (2003-2005), sugieren que el agua en esta estación se ubica dentro de dos clasificaciones, “buena” y “excelente”, estando constituidas por el 94 y 6 por ciento de los valores respectivamente. Estos resultados nos llevan a clasificar, en términos generales la calidad del agua en esta estación como buena durante este período.

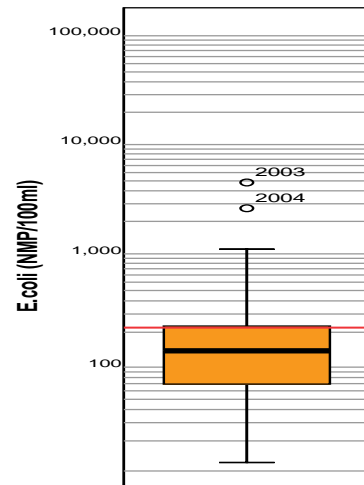
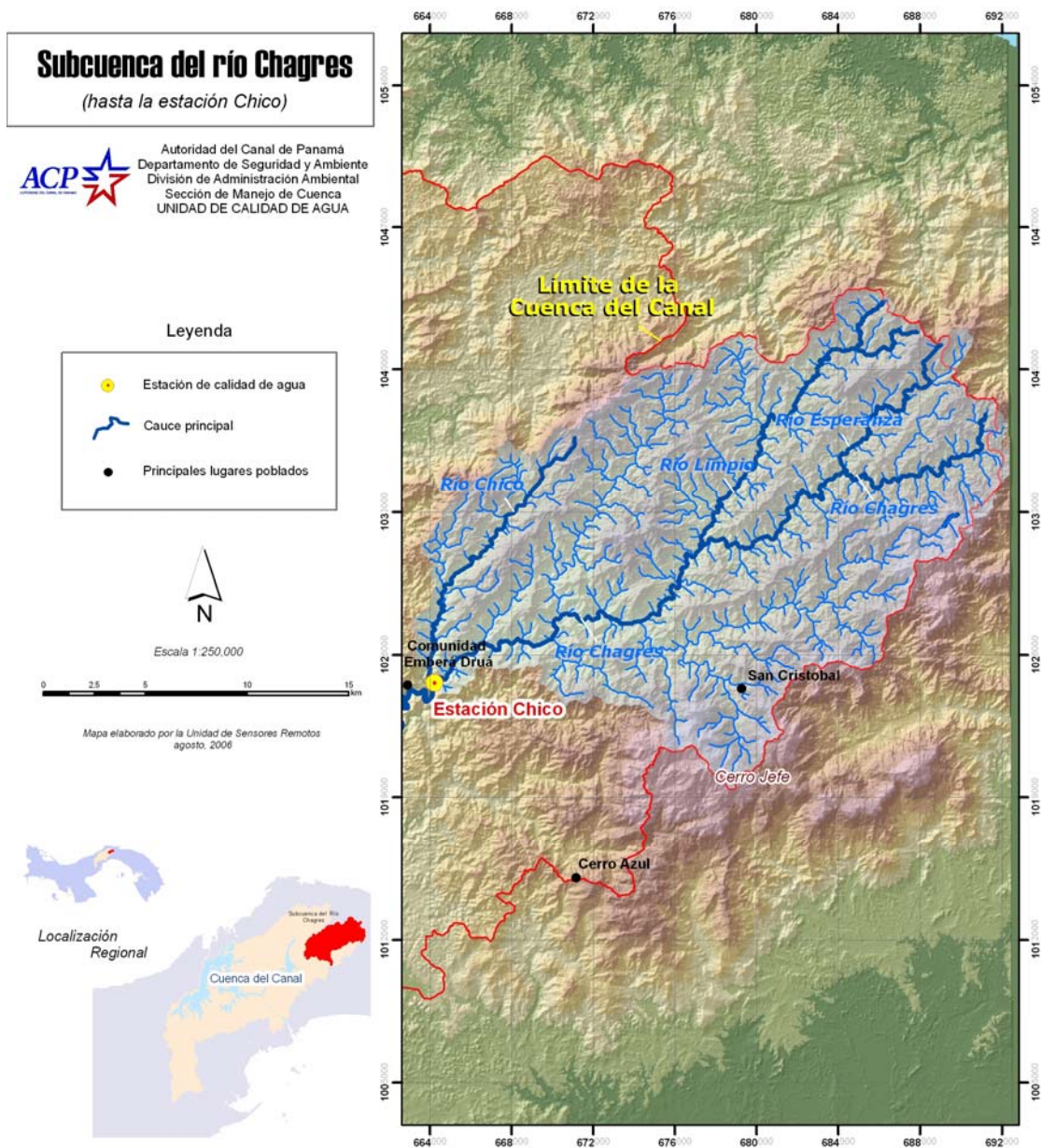


Figura 17. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Candelaria, 2003-2005

4.1.4. Estación Chico en el río Chagres



4.1.4.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor más bajo para la temperatura en la estación fue de 24,0°C registrado en el 2004 y el más alto de 27,9°C, en el 2005. Los valores promedios fueron 25,5; 25,1 y 25,6°C en el 2003; 2004 y 2005, respectivamente. La mediana fue de 25,1°C, existiendo dos valores atípicos altos en el año 2005 (figura 18).

Las concentraciones oxígeno disuelto (OD) variaron del valor más bajo (5,79 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (9,20 mg/l) que se registró en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 7,78; 8,29 y 8,47 mg/l para los años 2003; 2004 y 2005 respectivamente. En la figura 19, se observa que la mediana del OD fue de 8,4 mg/l, existiendo dos valores atípicos bajos en el 2005.

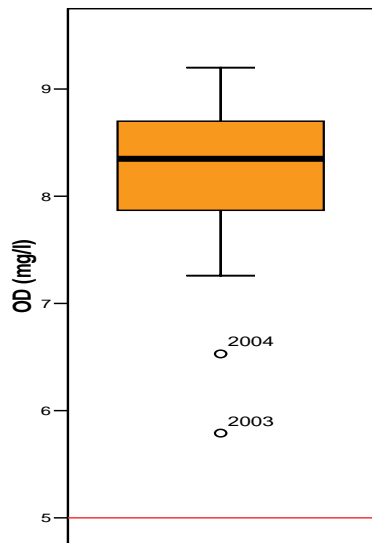


Figura 19. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Chico, 2003-2005.

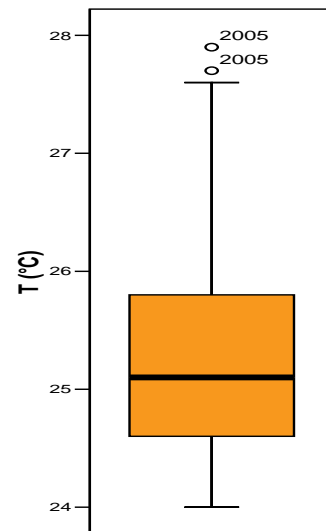


Figura 18. Diagrama de caja de los valores de temperatura en la estación Chico, 2003-2005.

Todos los valores, incluyendo los atípicos bajos, se encontraron por encima de 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida en condiciones adecuadas para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.4.2. Nitratos

Los nitratos variaron entre el valor más bajo (0,000 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (0,277 mg/l), registrado en el 2005. Los valores promedios fueron 0,087; 0,101 y 0,118 mg/l registrados en el 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana de nitratos fue de 0,084 mg/l valor que se encuentra muy por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 20).

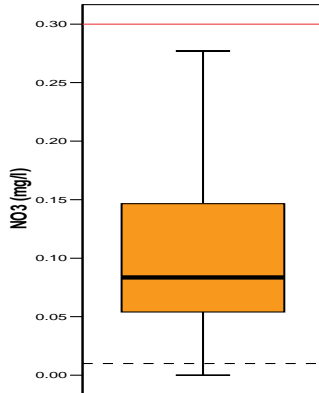


Figura 20. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO_3) en la estación Chico, 2003-2005.

Menos del 10 por ciento de los valores registrados se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado.

4.1.4.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron en el período de muestreo, entre el valor más bajo (0,000 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (0,038 mg/l), registrado en el 2005. Los valores promedios fueron 0,015; 0,013 y 0,015 mg/l para los años 2003; 2004 y 2005 respectivamente.

La mediana de fosfatos fue de 0,013 mg/l, encontrándose muy por debajo del valor guía (0,05 mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses, existiendo dos valores atípicos alto en el 2003 y 2005 que tampoco sobrepasa el valor guía (figura 21).

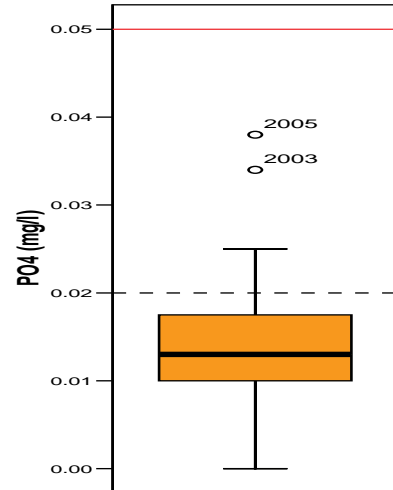
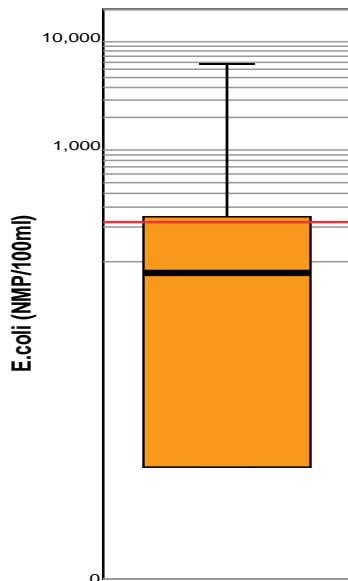


Figura 21. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO_4), en la estación Chico, 2003-2005.

Cabe señalar que un alto porcentaje de los valores (aproximadamente 83 por ciento) se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado.

4.1.4.4. *Escherichia coli*

Las concentraciones de *E. coli* variaron entre el valor más bajo (10 NMP/100 ml) registrado en los tres años de muestreo y el más alto 5.731 NMP/100 ml



registrado en el 2004 sugiriendo alta variabilidad entre las mismas. Los valores promedios registrados fueron 97; 709 y 147 NMP/100 ml para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

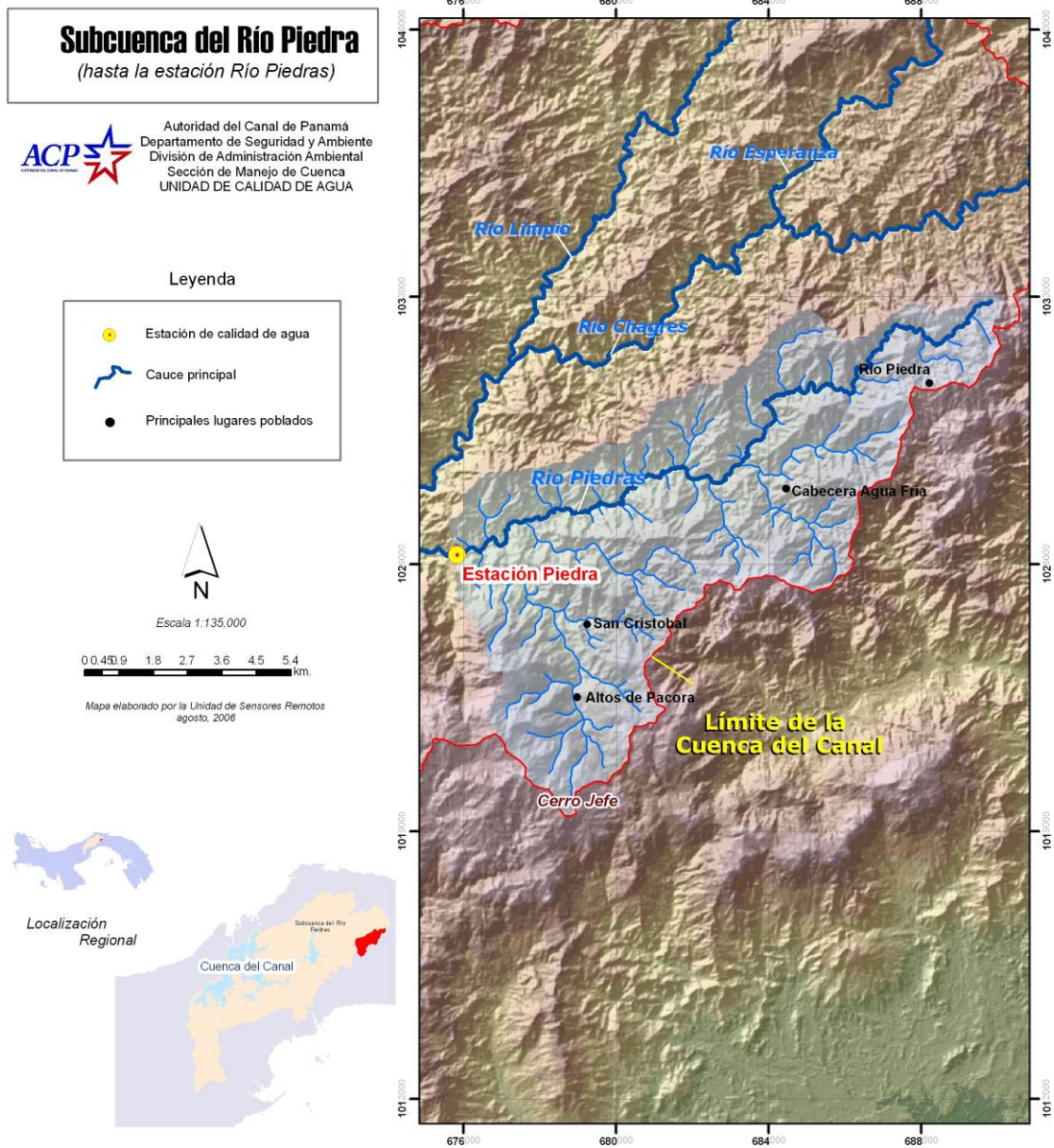
La mediana de *E. coli* (74 NMP/100 ml) se encontró muy por debajo de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto; no obstante, se observa que poco más del 25 por ciento de los valores están por encima de este valor en esta estación (figura 22).

Figura 22. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli*, en la estación Chico, 2003-2005

4.1.4.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período considerado en este análisis (2003-2005), indican que el 69 por ciento de los valores del ICA caen dentro de la clasificación “buena calidad” y el 31 por ciento restante dentro de la clasificación de “excelente calidad”.

4.1.5. Estación Río Piedras en el Río Piedras



4.1.5.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor más bajo para la temperatura fue de 22,9°C registrado en el 2005 y el más alto de 26,2°C en el 2004. Los valores promedios fueron de 24,2°C en el 2004; y 24,1°C en el 2005. La mediana para la temperatura fue de 24,2°C, existiendo un valor atípico alto en el año 2004 (figura 23).

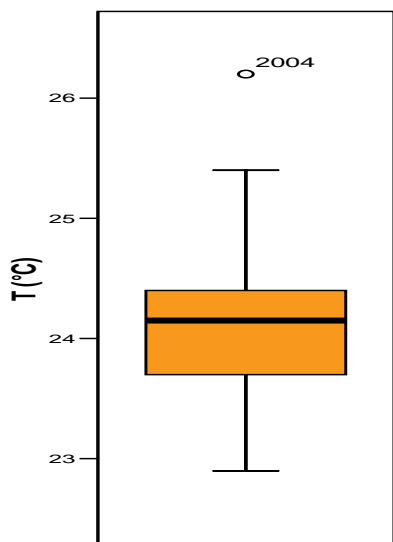


Figura 23. Diagrama de caja de los valores de la temperatura en la estación Río Piedras, 2004-2005

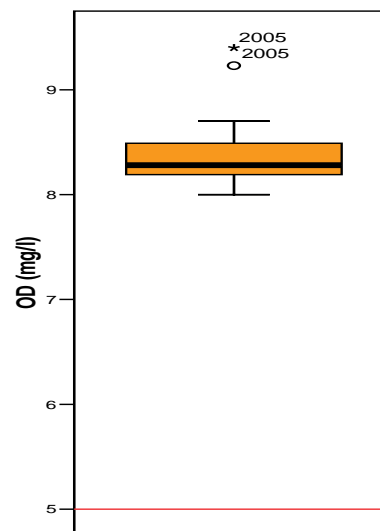


Figura 24. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Río Piedras, 2004-2005.

Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron del valor más bajo de 8,0 mg/l en el 2004 al más alto de 9,4 mg/l en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 8,2 y 8,5 mg/l para los años 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana del OD fue de 8,3 mg/l, existiendo dos valores atípicos altos en el 2005 (figura 24). Todos los valores, incluyendo los atípicos bajos, se encontraron muy por encima de 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.5.2. Nitratos

Los nitratos variaron entre el valor más bajo (0,042 mg/l) al más alto (0,156 mg/l), ambos registrados en el año 2004. Los valores promedios fueron 0,098 y 0,090mg/l registrados en el 2004 y 2005 respectivamente. La concentración mediana de nitratos fue de 0,094 mg/l estando muy por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 25).

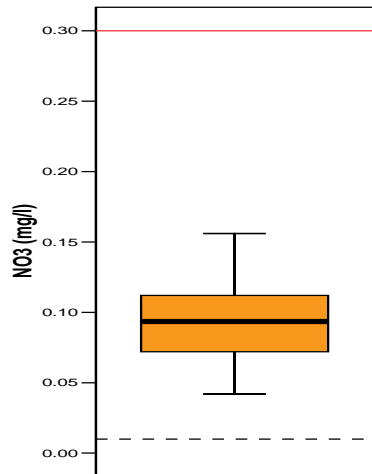


Figura 25. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Río Piedras, 2004-2005

4.1.5.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron en el período de muestreo, entre el valor más bajo (0,005 mg/l) al más alto (0,036 mg/l), ambos registrados en el año 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,022 g/l para los años 2003 y 2004 y 0,021 mg/l para el 2005.

La mediana de fosfatos fue de 0,016 mg/l, encontrándose por debajo del valor guía (0,05mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses, existiendo un valor atípico alto en el 2005 que tampoco sobrepasa el valor guía (figura 26)..

4.1.5.4. *Escherichia coli*

Las concentraciones de *E. coli* variaron entre el valor más bajo (10 NMP/100 ml) registrado en el 2004 y 2005 y el más alto 725 NMP/100 ml registrado en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 111 y 164 NMP/100 ml para los años 2004 y 2005, respectivamente.

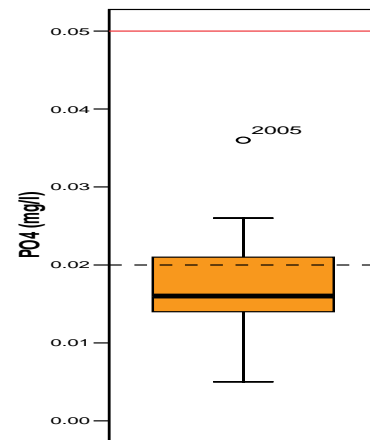


Figura 26. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación Río Piedras, 2004-2005.

La mediana de *E. coli* (83 NMP/100ml) se encontró por debajo de 200 NMP/100ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo; sin embargo, aproximadamente, un 25 por ciento de los valores está por encima de éste (figura 27).

4.1.5.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período considerado para este análisis (2004-2005), sugieren que el agua en esta estación se ubica dentro de dos clasificaciones, “buena” y “excelente”, estando constituidas por el 91 y 9 por ciento de los valores, respectivamente.

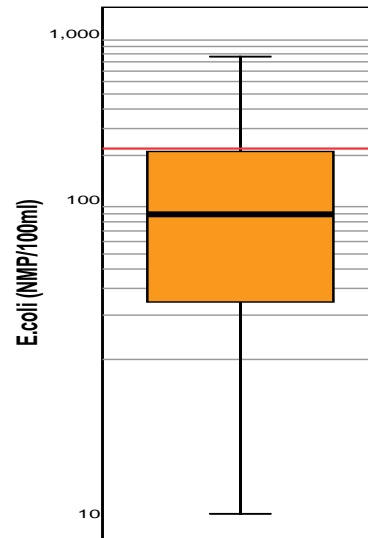
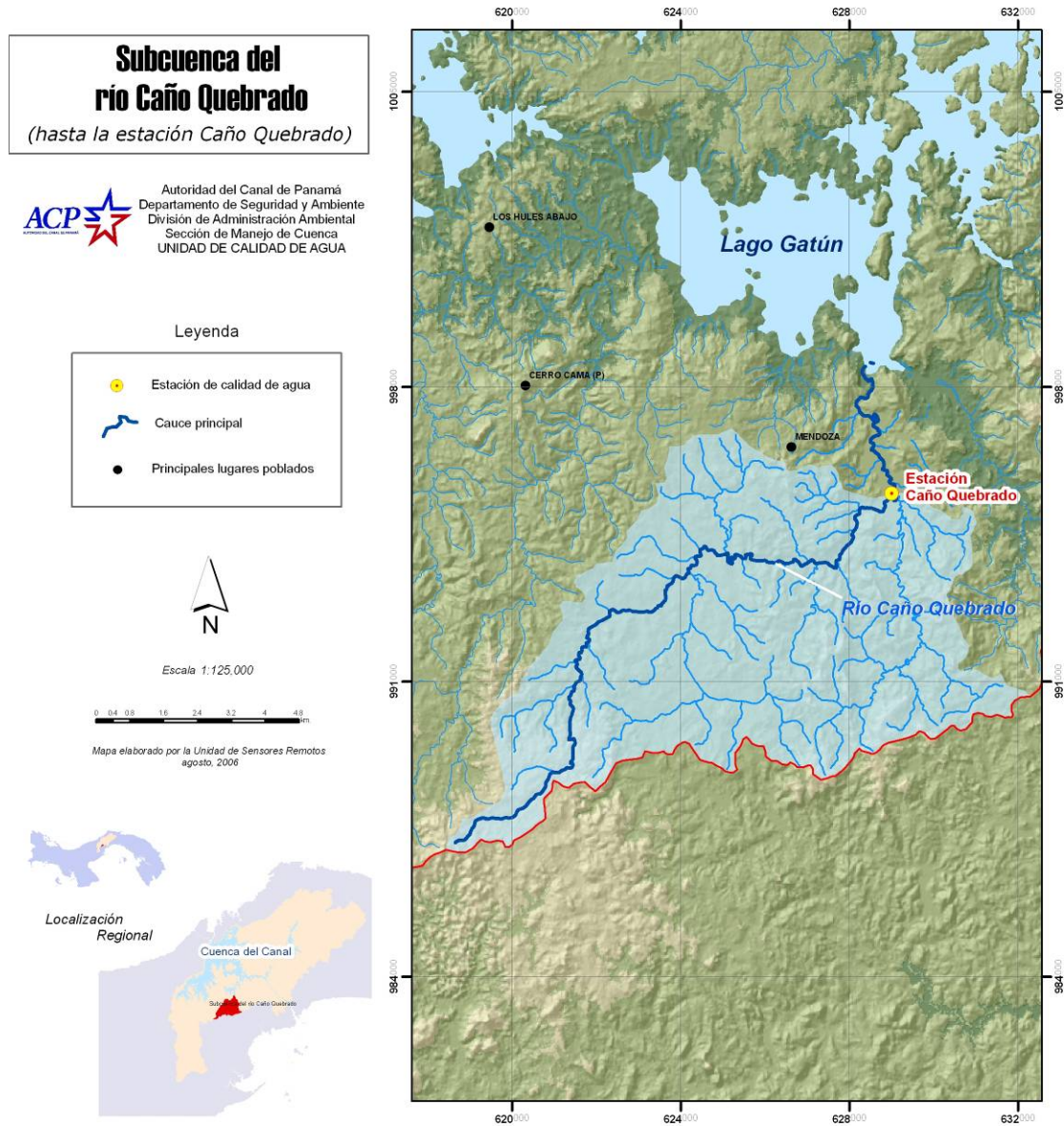


Figura 27. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Río Piedras, 2004-2005.

4.1.6. Estación Caño Quebrado Abajo en el río Caño Quebrado

El análisis de los datos en esta estación se realizó con los registros obtenidos en el período julio de 2004 a diciembre de 2005.



4.1.6.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor más bajo para la temperatura fue de 25,1°C registrado en el 2005 y el más alto de 27,2°C, también en el 2005. Los valores promedios fueron 26,0 y

26,2°C en el 2004 y 2005 respectivamente. La mediana fue de 26,1°C en todo el período, existiendo un valor atípico alto en el 2005 (figura 28).

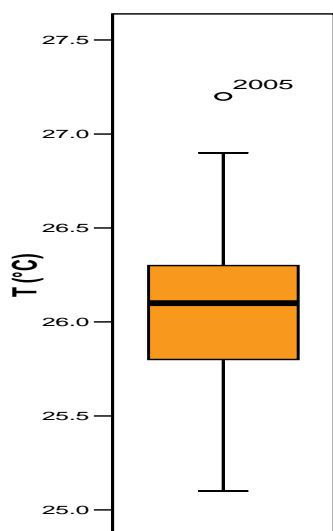


Figura 28. Diagrama de caja de los valores de temperatura en la estación Caño Quebrado Abajo, 2004-2005

En cuanto al oxígeno disuelto, las concentraciones variaron de 5,78 mg/l a 9,03 mg/l, valores más bajo (registrado en el 2005) y más alto (registrado en el 2003), respectivamente. Los valores promedios registrados fueron de 8,05 y 7,34 mg/l para los años 2004 y 2005 respectivamente.

En la figura 29, se observa que la mediana del oxígeno disuelto fue de 7,60 mg/l, existiendo dos valores atípicos altos en el 2004 y un valor extremo bajo en el 2005.

Todos los valores incluyendo el extremo bajo, se encontraron por encima de 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.6.2. Nitratos

Los nitratos variaron entre el valor más bajo (0,053 mg/l) registrado en el 2005 al más alto (0,260 mg/l), registrado en el 2005. Los valores promedios fueron 0,136 y 0,139 mg/l registrados en el 2004 y 2005, respectivamente.

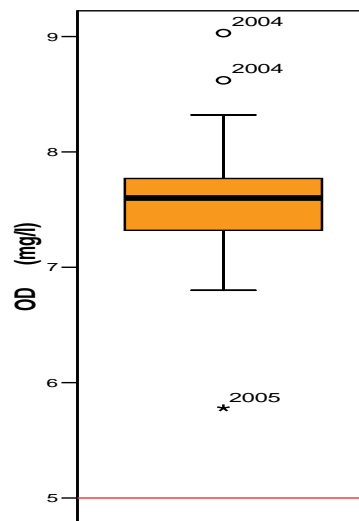


Figura 29. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Caño Quebrado Abajo, 2004-2005.

La mediana de nitratos fue de 0,128 mg/l en todo el período, concentración que se encuentra muy por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como referencia del máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 30).

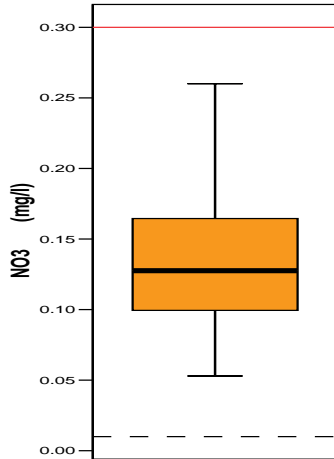


Figura 30. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Caño Quebrado Abajo, 2004-2005.

4.1.6.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron en el período de muestreo, entre el valor más bajo (0,010 mg/l) registrado tanto en el 2004 como en el 2005 al más alto (0,030 mg/l), registrado en el 2005. El valor promedio fue 0,010 mg/l para ambos años.

La mediana de fosfatos fue 0,010 mg/l, encontrándose muy por debajo del valor guía (0,05 mg/l), al igual que cuatro valores extremos altos encontrados en el 2004 y 2005 (figura 31)..

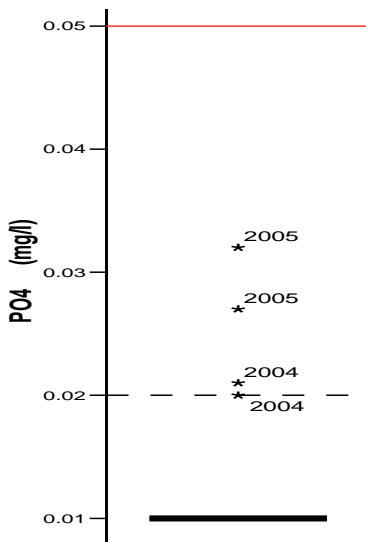


Figura 31. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄), en la estación Caño Quebrado Abajo, 2004-2005.

4.1.6.4. *Escherichia coli*

Las concentraciones de *E. coli* variaron entre el valor más bajo (132 NMP/100 ml), registrado en el 2005, y el más alto, 1644 NMP/100 ml, registrado igualmente en el 2005. Los valores promedios registrados fueron 296 y 438 NMP/100 ml para los años 2004 y 2005, respectivamente.

En la figura 32 se observa que tanto la mediana de *E. coli* (300 NMP/100 ml) como el 75 por ciento de los

valores, se encontraron por encima de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo.

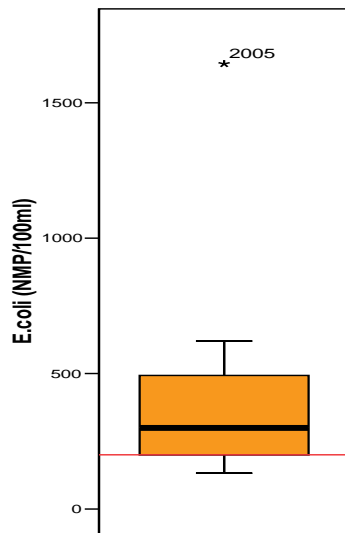
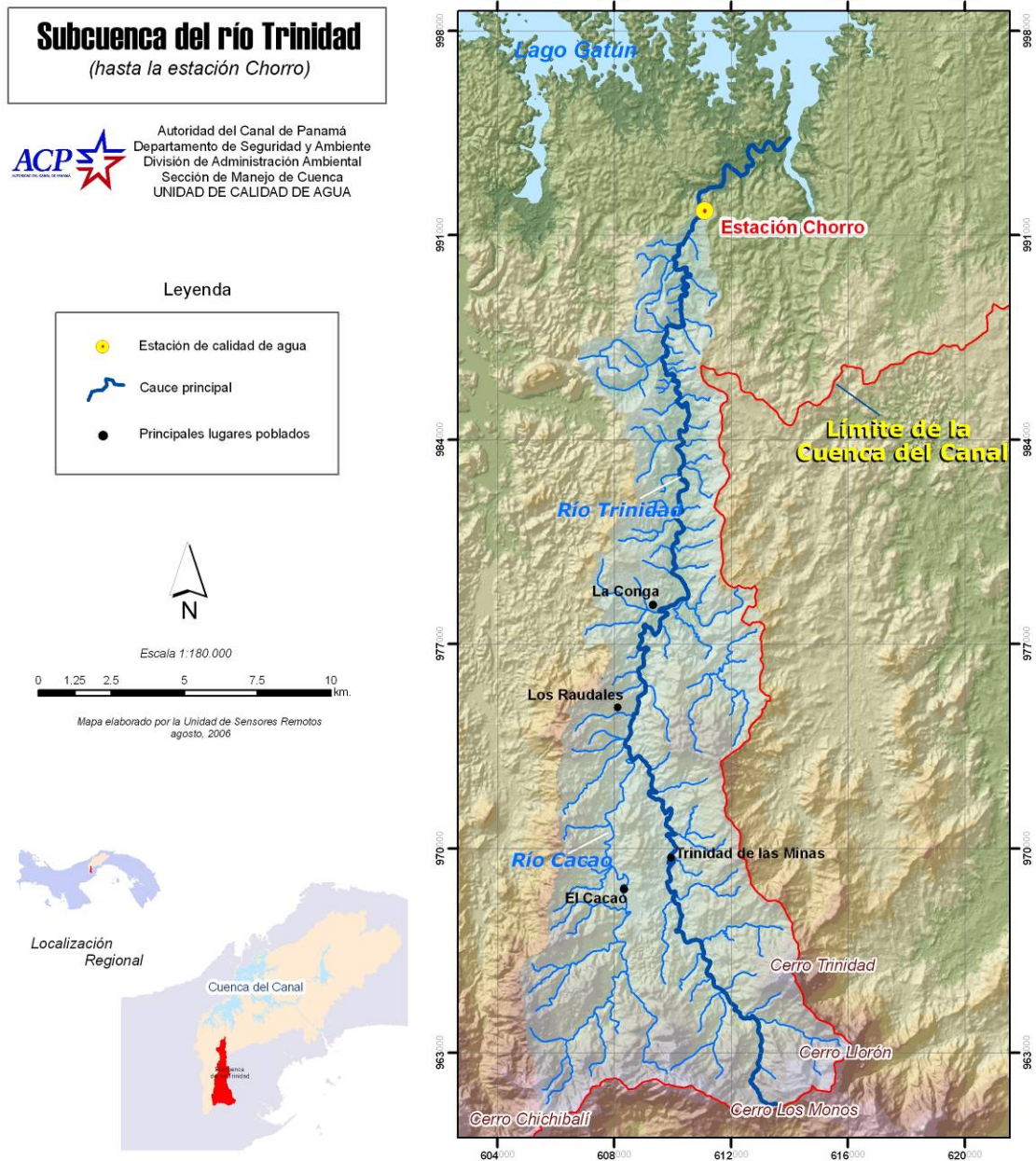


Figura 32. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli.*, en la estación Caño Quebrado Abajo, 2004-2005.

4.1.6.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Los valores calculados del ICA para cada mes durante el período considerado en este análisis (2003-2005) indican que el 94 por ciento de los valores del ICA caen dentro de la clasificación “buena calidad” y el 6 por ciento restante dentro de la clasificación “excelente calidad”.

4.1.7. Estación El Chorro en el río Trinidad



4.1.7.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor más bajo para la temperatura en la estación fue de 24,4°C registrado en el 2004 y el más alto, 27,4°C, en el 2003. Los valores promedios fueron 26,2

26,0 y 25,9°C en el 2003; 2004 y 2005, respectivamente. La mediana en esta estación fue de 26,2°C en todo el período de muestreo (figura 33).

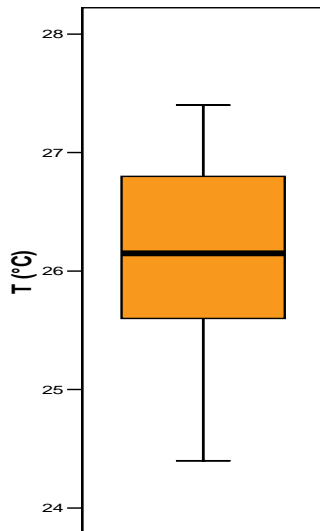


Figura 33. Diagrama de caja de los valores de temperatura en la estación El Chorro, 2003-2005

En cuanto al oxígeno disuelto, las concentraciones variaron de 5,67 mg/l, valor más bajo registrado en el 2003, a 8,69 mg/l, valor más alto que se registró en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 7,48; 8,11 y 8,03 mg/l para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

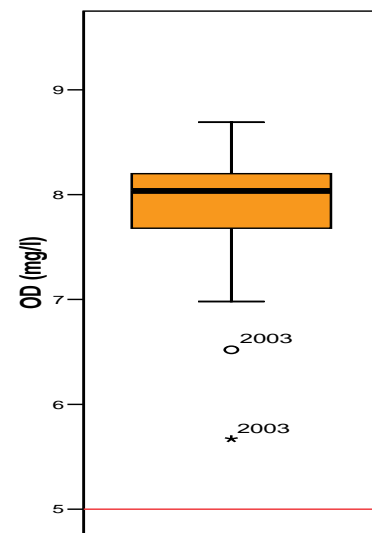


Figura 34. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación El Chorro, 2003-2005.

En la figura 34, se observa que la mediana del oxígeno disuelto fue de 8,00 mg/l, existiendo un valor atípico bajo y uno extremo en el 2003.

Todos los valores incluyendo el atípico y extremo bajos, se encontraron por encima de 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida en condiciones adecuadas para la mayoría de las especies acuáticas.

4.1.7.2. Nitratos

Los nitratos variaron entre el valor más bajo (0,000 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (0,334 mg/l), registrado en el 2004. Los valores promedios fueron 0,061; 0,067 y 0,050 mg/l registrados en el 2003; 2004 y 2005 respectivamente.

La mediana de nitratos fue de 0,034 mg/l encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 35).

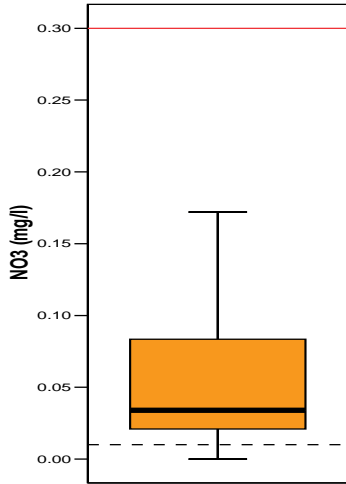


Figura 35. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación El Chorro, 2003-2005

4.1.7.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron en el período de muestreo, entre el valor más bajo (0,000 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (0,038 mg/l), registrado también en el 2005. El valor promedio fue de 0,19 mg/l en los tres años de muestreo.

La mediana de fosfatos fue de 0,020 mg/l, encontrándose por debajo del valor guía (0,05 mg/l)

establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses, existiendo dos valores atípicos en el 2003, uno alto que tampoco excede el valor guía y uno bajo (figura 36).

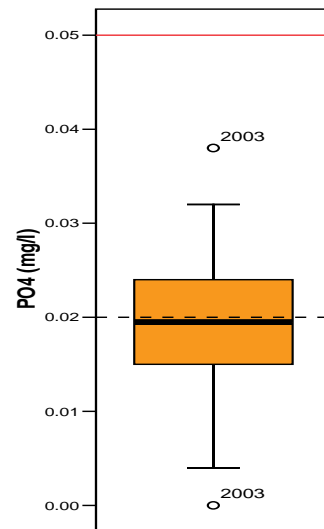


Figura 36. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄), en la estación El Chorro, 2003-2005.

4.1.7.4. *Escherichia coli*

Las concentraciones de *E. coli* variaron entre el valor más bajo, 20 NMP/100 ml, registrado en el 2003 y el más alto, 18.514 NMP/100 ml, registrado en el 2004 sugiriendo alta variabilidad en el período. Los valores promedios registrados fueron 596; 2.147 y 2.124 NMP/100 ml para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana de *E. coli* (408 NMP/100 ml) así como más del 50 por ciento de los valores, se encontraron por encima de 200 NMP/100 ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo (figura 37).

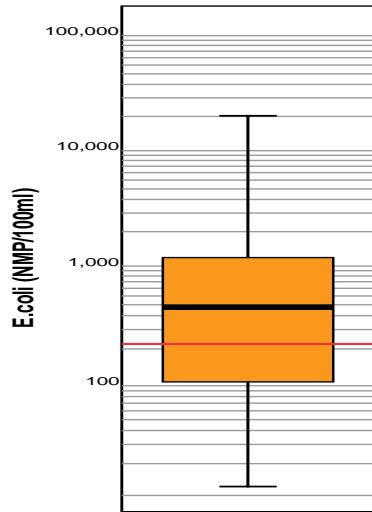
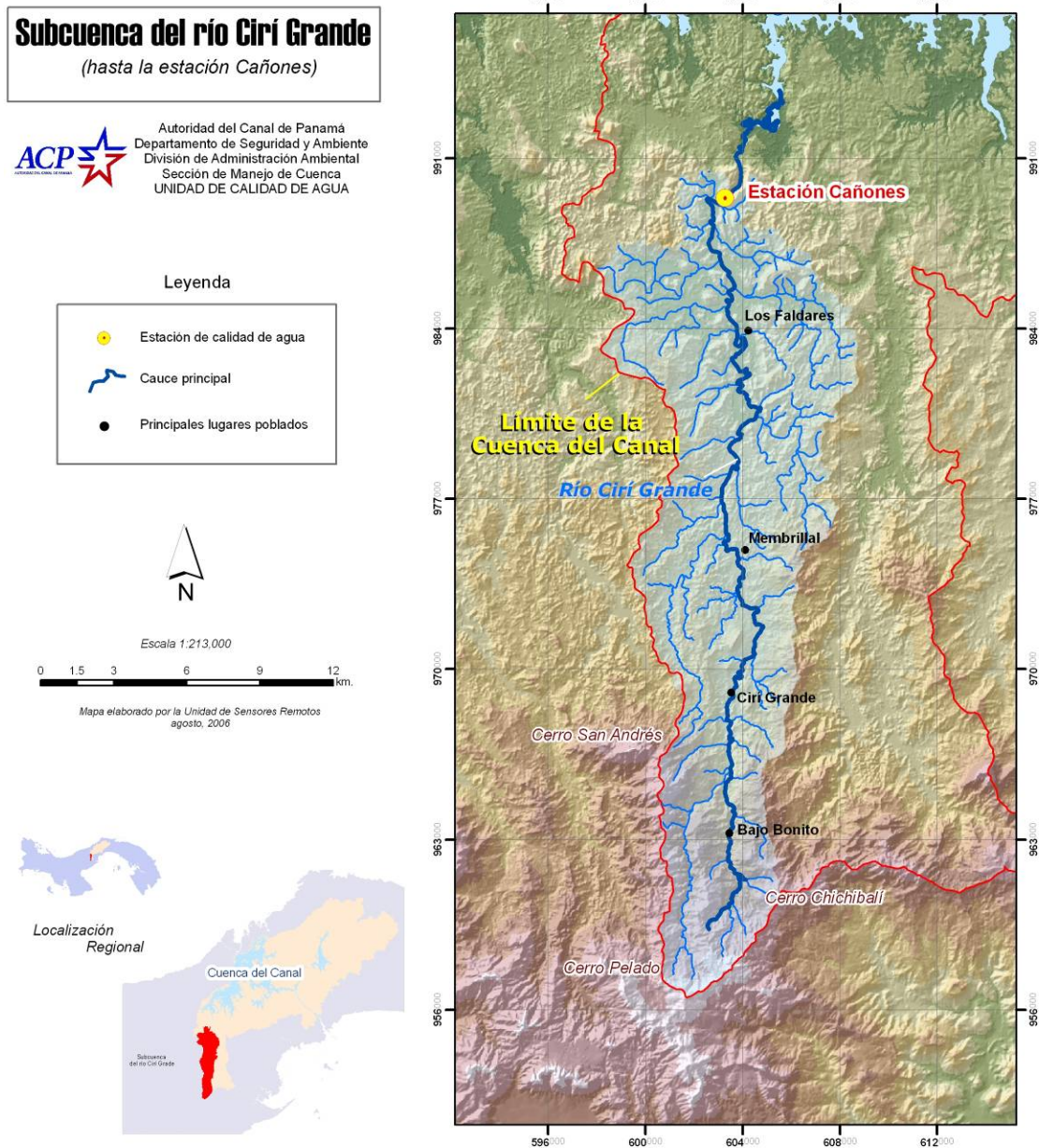


Figura 37. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli*, en la estación El Chorro, 2003-2005.

4.1.7.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Todos los valores calculados del ICA (100 por ciento) ubican la calidad del agua en esta estación dentro de la clasificación “buena calidad”

4.1.8. Estación Los Cañones en el río Ciri Grande



4.1.8.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor más bajo para la temperatura en la estación fue de 24,1°C registrado en el 2004 y el más alto, de 27,0°C en el 2003. Los valores promedios fueron 25,6°C registrado en el 2003 y 2004, y 25,8°C, en el 2005. La mediana en esta estación fue de 25,7°C en todo el período de muestreo (figura 38).

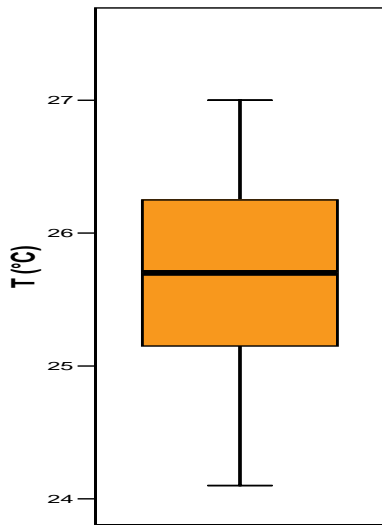


Figura 38. Diagrama de caja de los valores de temperatura en la estación Los Cañones, 2003-2005

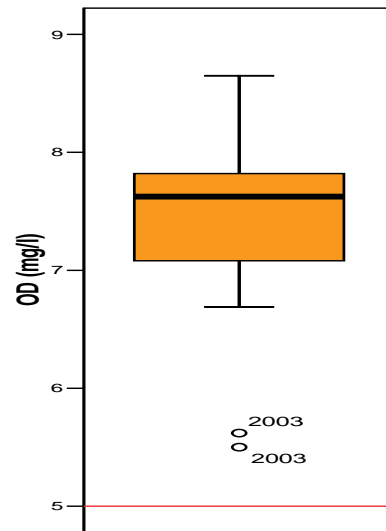


Figura 39. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Los Cañones, 2003-2005.

Las concentraciones de oxígeno disuelto, variaron del valor más bajo, 5,50 mg/l (2003) al más alto, 8,65 mg/l (2005). Los valores promedios registrados fueron de 6,99; 7,79 y 7,57 mg/l para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente. La mediana del oxígeno disuelto fue de 7,6 mg/l, existiendo dos valores atípicos bajos en el 2003 (figura 39).

Todos los valores se encontraron por encima de 5,0 mg/l, valor guía utilizado como mínimo de manera generalizada que permite la vida para la mayoría de las especies acuáticas en condiciones adecuadas.

4.1.8.2. Nitratos

Los nitratos variaron entre el valor más bajo (0,011 mg/l) registrado en el 2003 al más alto (0,286 mg/l), registrado en el 2004. Los valores promedios fueron 0,080; 0,092 y 0,065 mg/l registrados en el 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana de nitratos fue de 0,064 mg/l encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor guía utilizado como máximo para evitar procesos de eutrofización (figura 40).

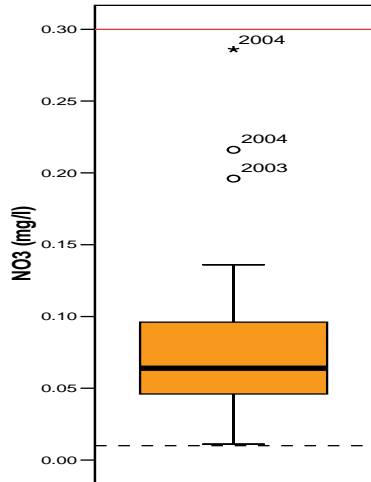


Figura 40. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Los Cañones, 2003-2005

Existen dos valores atípicos (2003 y 2004) y uno extremo (2004) que tampoco sobrepasan el valor guía.

4.1.8.3. Fosfatos

Los fosfatos variaron en el período de muestreo, entre el valor más bajo (0,001 mg/l) registrado en el 2003 y 2005 al más alto (0,025 mg/l) registrado en el 2003. Los valores promedios fueron 0,012 mg/l (2003) y 0,019 mg/l, registrado en el 2004 y 2005.

La mediana de fosfatos fue de 0,008 mg/l, encontrándose por debajo del valor guía (0,05 mg/l) establecido como máximo para prevenir procesos de eutrofización en ríos que descargan sus aguas directamente a lagos o embalses (figura 41).

4.1.8.4. *Escherichia coli*

Las concentraciones de *E. coli* variaron entre el valor más bajo, 111 NMP/100 ml, y el más alto, 6.910 NMP/100 ml, registrados en el 2003 indicando alta variabilidad en el período. Los valores promedios registrados fueron 1.174; 3.255 y 4.884 NMP/100 ml para los años 2003; 2004 y 2005, respectivamente.

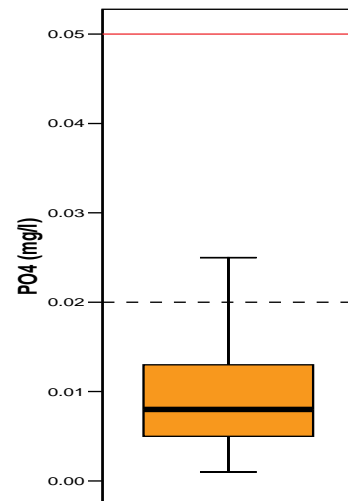


Figura 41. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación Los Cañones, 2003-2005.

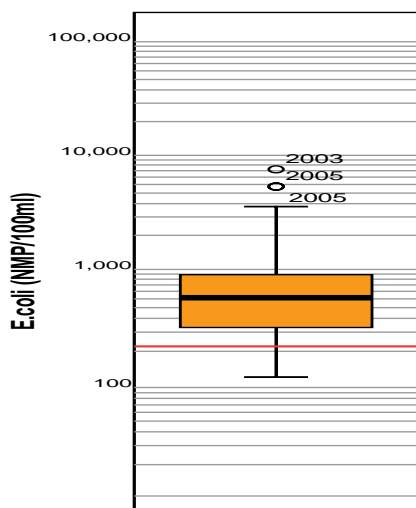


Figura 42. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli*, en la estación Los Cañones, 2003-2005.

La mediana de *E. coli* (408 NMP/100 ml) así como cerca del 90 por ciento de los valores, se encontraron por encima de 200 NMP/100 ml en esta estación de muestreo, valor guía de referencia, establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo (figura 42).

4.1.8.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Todos los valores calculados del ICA (100 por ciento) ubican la calidad del agua en esta estación dentro de la clasificación “buena calidad”

4.1.9. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales

El resultado del análisis para identificar los iones dominantes, muestra que el bicarbonato (HCO_3) para los aniones, y calcio (Ca^{++}), y magnesio (Mg^{++}) para los cationes, indica que el 50 por ciento de las estaciones en la ROR se clasifican como cálcico-bicarbonatadas (Ca-HCO_3) y el otro 50 por ciento como sódico-bicarbonatadas (Na-HCO_3) agrupadas en dos grupos (círculos). Entre las primeras están las estaciones Ciento, Peluca, Candelaria, Río Piedras y, entre las segundas, las estaciones Chico, Caño Quebrado, El Chorro y Los Cañones (figura 43).

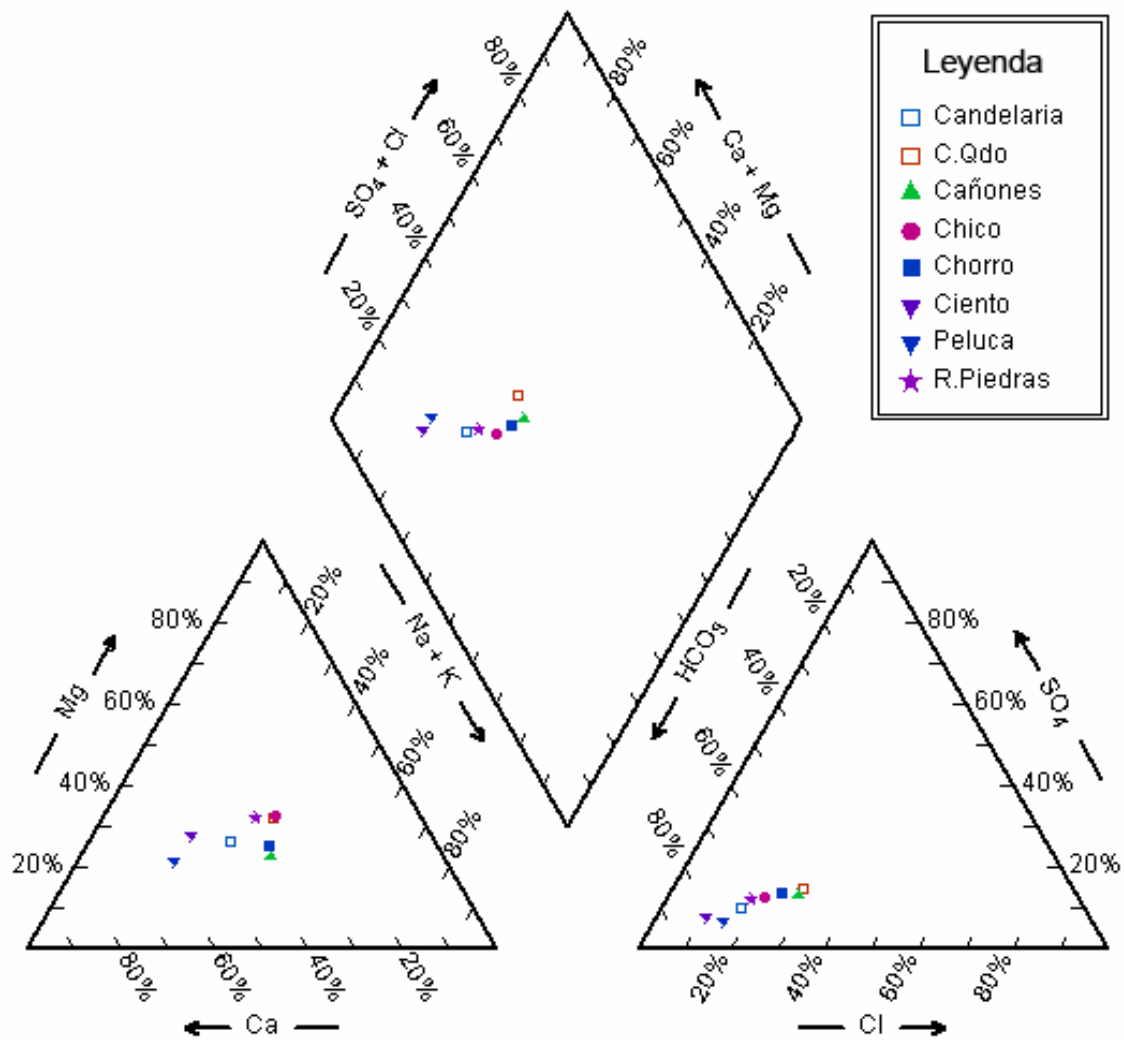


Figura 43. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas de los ríos en la ROR.

Tabla 4. Ríos ROR: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
CAN	09/08/04	15	3,7	5	3,0	,83	1,3	4,1
	10/06/04	21	3,0	6	3,5	,68	1,5	4,6
	11/11/04	16	2,4	5	2,8	,69	1,3	2,9
	12/09/04	22	3,5	5	4,2	,74	1,8	6,1
	01/05/05	26	3,5	7	3,5	,74	1,9	7,4
	02/01/05	22	3,3	7	3,0	,88	1,8	6,2
	03/01/05	25	3,5	10	4,5	,90	2,1	5,1
	04/06/05	25	s/d	8	4,9	,63	2,2	5,5
	05/03/05	22	5,3	7	5,9	1,33	2,1	7,1
	06/01/05	23	4,8	7	4,9	1,13	1,8	6,5
	07/05/05	13	1,0	5	4,8	,57	1,3	5,1
	08/03/05	16	5,1	6	3,5	,78	1,2	7,0
	09/13/05	21	2,2	5	7,4	,90	3,1	5,5
	10/04/05	14	4,6	5	2,9	,88	1,4	5,8
	11/08/05	23	2,6	6	17,4	,89	3,2	3,0
12/01/05	21	,0	5	4,9	,90	1,9	9,1	
CAQ	09/02/04	19	2,9	4	2,6	,65	1,9	4,6
	10/13/04	15	2,4	4	2,9	,70	2,2	3,2
	11/16/04	15	1,8	4	2,7	,51	1,9	2,8
	12/13/04	14	3,3	3	4,3	,60	2,7	4,8
	01/26/05	12	2,9	6	3,4	,74	2,6	5,0
	03/09/05	32	2,0	6	4,8	,81	3,5	4,8
	04/14/05	23	5,5	6	4,2	1,23	3,1	4,4
	05/12/05	18	3,9	6	4,2	,92	3,2	4,9
	06/09/05	18	4,1	5	3,1	,86	1,1	6,6
	07/14/05	20	7,7	4	3,3	,90	1,1	5,0
	08/11/05	17	4,1	4	6,7	,93	1,7	8,7
	09/15/05	15	2,6	4	2,9	,70	2,2	5,6
	10/12/05	15	7,5	4	2,0	,78	1,4	5,1
11/21/05	17	2,2	4	3,1	,51	2,2	5,4	
12/14/05	17	,4	4	3,2	,55	2,1	7,7	

Tabla 4. Ríos ROR: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
CDL	09/21/04	50	5,9	8	12,9	,57	4,8	6,3
	10/07/04	48	5,7	9	11,2	,55	4,2	6,7
	11/16/04	47	4,5	8	10,7	,57	3,9	4,8
	12/28/04	54	4,4	9	11,9	,55	4,5	8,0
	01/26/05	42	4,8	4	8,4	,62	3,8	6,7
	02/24/05	48	6,5	10	10,9	,63	4,4	8,2
	03/29/05	55	6,1	9	11,7	,67	4,7	7,4
	04/28/05	45	3,9	9	11,7	,68	3,9	7,8
	06/02/05	42	4,0	8	10,3	,70	3,3	7,8
	06/30/05	42	3,8	10	10,1	,66	3,3	5,6
	07/28/05	66	4,1	10	10,8	1,40	3,7	6,7
	08/30/05	52	3,0	8	11,5	,63	3,9	7,7
	09/13/05	45	3,1	8	9,6	,60	3,7	6,7
	10/27/05	53	6,5	11	12,2	,61	4,4	4,0
	11/29/05	46	3,6	8	11,6	,57	4,0	10,2
12/30/05	52	2,7	9	11,9	,60	4,2	6,3	
CHI	09/09/04	28	7,3	6	4,6	,34	3,1	4,2
	10/07/04	33	5,5	6	5,5	,35	3,5	5,2
	11/08/04	33	5,3	6	6,4	,32	3,8	4,5
	12/02/04	35	3,7	8	5,6	,28	3,7	6,7
	02/24/05	30	5,6	9	5,0	,31	3,5	7,7
	03/29/05	36	4,0	8	5,3	,39	3,9	7,4
	06/01/05	27	5,9	7	5,1	1,27	2,9	7,1
	06/30/05	32	5,8	9	6,4	,43	3,3	5,5
	07/26/05	37	4,5	9	7,4	,43	3,8	6,5
	08/24/05	35	2,8	7	5,7	,38	3,5	7,5
	09/15/05	29	6,5	6	4,7	,40	3,1	5,5
	10/27/05	35	3,7	8	5,6	,38	3,8	3,5
	11/29/05	36	3,8	8	5,2	,32	4,0	9,6
12/30/05	36	,1	7	6,2	,30	3,6	6,5	

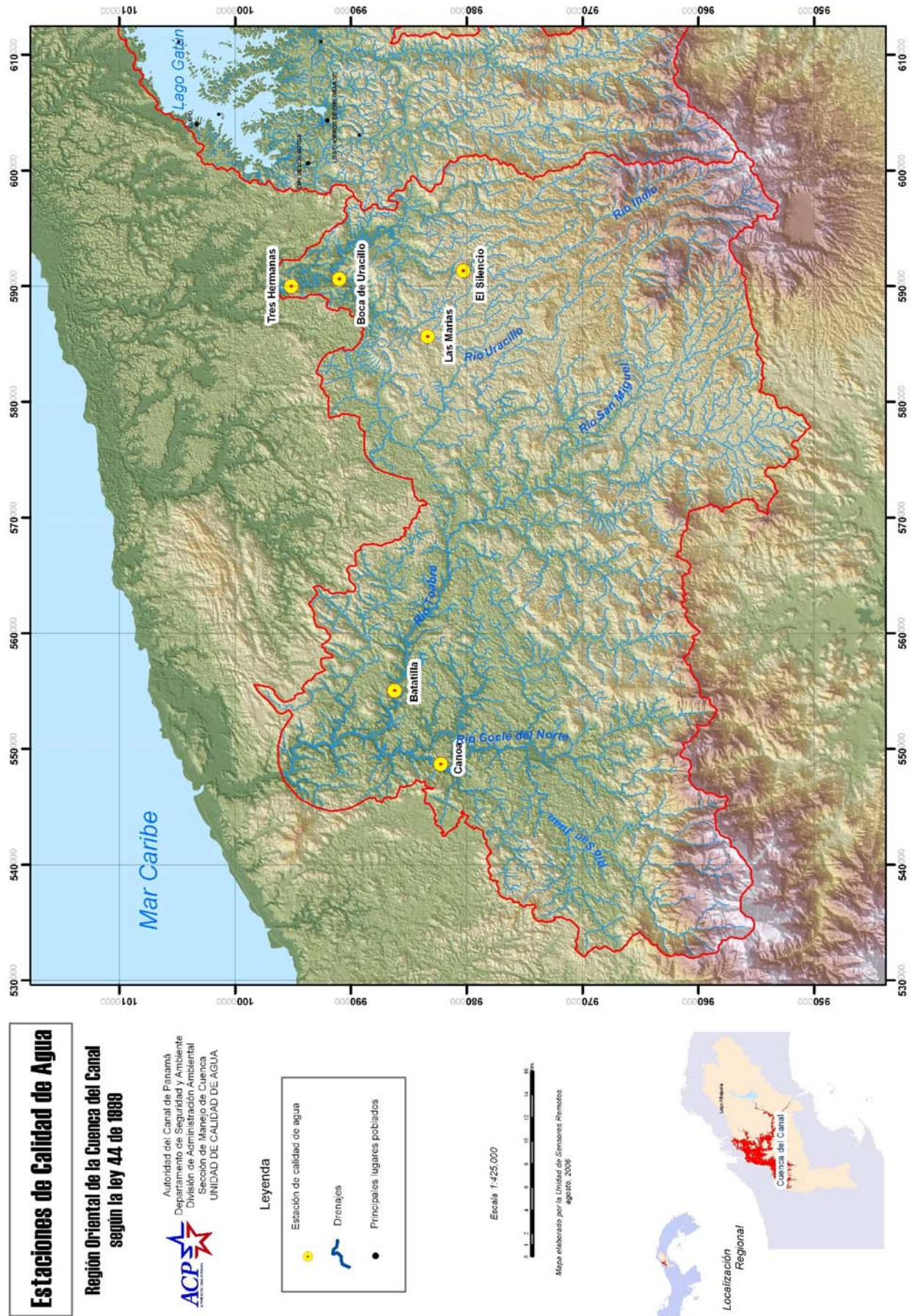
Tabla 4. Ríos ROR: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
CHR	09/08/04	30	5,9	6	5,6	,92	2,4	5,9
	10/06/04	31	6,2	6	6,0	1,11	2,5	6,3
	11/11/04	26	5,3	6	4,7	,97	2,1	5,8
	12/09/04	31	4,1	7	6,0	,94	2,5	7,7
	01/05/05	34	5,9	9	6,0	,92	2,7	8,4
	02/02/05	34	4,7	10	6,9	1,23	3,1	8,4
	03/01/05	38	6,5	10	7,8	1,25	3,4	6,8
	04/06/05	38	s/d	9	7,6	1,62	3,4	7,1
	05/03/05	35	6,9	10	9,0	1,60	3,1	8,8
	06/01/05	33	5,6	8	8,1	1,36	2,8	9,0
	07/05/05	35	3,8	7	8,2	1,18	2,7	6,4
	08/03/05	23	10,0	7	5,5	1,26	1,9	7,9
	09/13/05	29	4,9	6	5,4	1,13	2,4	6,9
	10/04/05	39	5,8	6	3,9	1,15	1,8	6,9
	11/08/05	32	4,7	7	s/d	1,04	3,2	3,6
12/01/05	31	1,6	7	6,8	,99	2,7	10,7	
CNT	09/07/04	74	5,3	7	17,8	,61	6,0	7,5
	10/05/04	75	3,7	7	17,9	,59	6,2	4,1
	11/11/04	60	4,0	7	13,8	,66	4,7	4,2
	12/09/04	68	5,0	8	16,4	,64	5,6	5,8
	01/05/05	81	3,9	9	17,5	,58	6,4	6,2
	02/01/05	75	3,6	10	17,3	,75	7,5	5,5
	03/01/05	82	4,4	11	18,1	,76	6,8	4,2
	04/06/05	54	s/d	11	13,7	1,05	5,0	6,4
	05/03/05	75	4,6	9	17,3	1,04	7,1	6,1
	06/01/05	60	10,3	7	15,3	,93	4,6	6,3
	07/05/05	84	3,3	8	19,3	,84	6,0	4,8
	08/02/05	64	5,5	8	16,9	1,04	4,7	6,6
	09/01/05	s/d	3,2	8	19,2	,79	6,7	5,6
	10/05/05	72	7,6	8	17,6	,81	5,8	6,3
	11/14/05	52	7,3	6	31,8	,90	4,6	4,3
12/06/05	81	1,8	7	17,9	,70	6,0	8,9	

Tabla 4. Ríos ROR: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
PLC	09/07/04	73	5,6	7	20,7	,52	4,7	4,8
	10/05/04	70	4,5	7	19,7	,50	4,5	6,4
	11/11/04	56	4,2	7	14,9	,53	3,7	7,3
	12/09/04	45	5,5	6	13,1	,56	3,2	8,0
	01/05/05	69	4,1	9	18,6	,44	4,6	9,8
	02/01/05	67	4,8	9	18,7	,61	4,6	7,8
	03/01/05	80	4,4	8	19,9	,63	4,9	6,7
	04/06/05	49	s/d	8	14,3	,81	3,6	7,2
	05/03/05	66	3,0	10	18,0	1,05	4,4	8,3
	06/01/05	63	4,7	8	20,3	,64	3,7	8,6
	07/05/05	77	2,1	8	22,6	,64	4,3	5,7
	08/02/05	65	5,0	7	19,2	,80	3,9	9,1
	09/01/05	s/d	3,5	8	21,6	,60	4,9	8,0
	10/05/05	67	5,8	8	20,4	,60	4,6	7,3
	11/14/05	72	7,6	7	25,2	,63	4,6	6,3
12/06/05	80	,1	8	21,9	,60	4,7	11,7	
RPD	09/08/04	37	5,2	6	7,4	,33	4,0	4,3
	10/14/04	40	4,4	7	7,6	,36	4,3	6,0
	11/08/04	37	5,0	7	6,7	,34	4,0	5,1
	12/02/04	41	3,4	8	7,3	,29	4,3	6,5
	02/23/05	42	5,5	9	7,2	,40	4,7	6,8
	03/10/05	44	2,3	8	7,1	,36	4,6	5,7
	04/19/05	41	5,1	8	7,2	,41	4,5	4,4
	05/03/05	40	4,2	8	7,6	,44	4,3	7,3
	06/07/05	39	4,0	7	7,2	,38	3,8	7,1
	07/05/05	47	2,8	8	8,7	,39	2,1	5,0
	08/03/05	35	7,5	8	6,2	,53	1,8	7,3
	09/01/05	s/d	4,9	7	7,7	,40	4,7	6,9
	10/24/05	25	15,4	6	4,4	,47	3,2	2,6
	11/22/05	43	4,6	8	6,4	,37	4,2	8,8
	12/12/05	44	3,0	8	7,9	,39	4,3	9,0

4.2. Ríos de la Región Occidental (ROCC)



El análisis de los datos para las estaciones ubicadas en la ROCC se realizó con los registros obtenidos en el período 2004 a 2005.

De las 114 muestras analizadas, el 100 por ciento de los registros de las concentraciones de oxígeno disuelto en los ríos de la ROCC mostraron niveles por encima del óptimo recomendado para favorecer el sostenimiento de vida acuática; de igual forma, todas las concentraciones de nitratos detectadas mostraron niveles por debajo del máximo recomendado para este parámetro. Sólo 23 muestras cumplieron con los valores guías para todos los parámetros analizados en este informe. Sólo una muestra (0,9 por ciento) sobrepasa el valor guía para los fosfatos. El 90 de las muestras (79,1 por ciento) presentaron valores más altos que los valores guías para coliformes fecales para actividades de recreación de contacto directo (véase página 23); un 38 por ciento del total de las muestras analizadas está dentro de los límites para el uso por contacto secundario y 20 por ciento, para uso en abastecimiento público previo tratamiento.

Los niveles más altos de *E. coli* se observaron, principalmente, en la estación Tres Hermanas, ubicada en la parte media- baja de la subcuenca del río Indio oeste, y la estación Batatilla, ubicada en la parte baja del río Toabré, tributario del río Coclé del Norte. En los alrededores de estas estaciones se ubica la mayor concentración de asentamientos humanos de la Región Occidental. Aguas arriba de la estación Tres Hermanas se ubican las comunidades Barrio Indio, El Vallecito, Las Marías Arriba y Los Uveros. Adicionalmente, respecto a la estación Tres Hermanas, los resultados obtenidos pudieran estar relacionados con otras actividades, eminentemente agrícolas y ganaderas, que se realizan para el autoconsumo y para fines comerciales, principalmente con la costa abajo de Colón, mismas que se desarrollan a lo largo de ambos márgenes del tramo medio-bajo de Río Indio oeste. También cabe señalar que aguas arriba de esta estación hidrométrica y de calidad de agua confluye, al curso principal, el río

Teriá en cuyos alrededores se ubican unas 5 comunidades, siendo las principales El Ahogado, Santa Rosa, Bella Vista, Tres Hermanas.

En términos generales, se registró una mejor calidad del agua en la estación Las Marías, ubicada en el tramo alto del río Uracillo, afluente del Río Indio oeste. Esta área posee el menor porcentaje de suelos dedicados a asentamientos humanos de la región (cuatro comunidades que representan sólo el 3 por ciento de la población de la cuenca del Río Indio oeste).

Por otro lado, los valores registrados en la estación Batatilla reflejan, de alguna manera, la gran variedad de actividades desarrolladas aguas arriba de la misma. Esta subcuenca presenta una gran diversidad de actividades humanas, ya que la mayor parte de su territorio está destinado a distintos tipos de desarrollos (fincas de naranjas, plantaciones forestales, ganaderas, agricultura de subsistencia, etc.). Estas actividades contribuyen con diversos tipos de aportes difusos de contaminantes, entre ellos los coliformes fecales (*E. coli*). También existen, aguas arriba de la estación de muestreo, comunidades densamente pobladas como Tambo, Toabré, Boca de Chigri, el Caño de San Miguel y Tulú Centro, entre otras, que pudieran incidir en la calidad del recurso.

En la cuenca del río Coclé del Norte se verificó una mejor calidad de agua en la estación Canoa, sobre el río Coclé del Norte, condición que se ve favorecida, de alguna manera, al poseer cerca de la mitad del territorio de la cuenca cubierto de bosques maduros, secundarios y rastrojos, con presencia de bosques ribereños. Respecto a los usos predominantes del suelo, se desarrollan actividades agrícolas y ganadería a pequeña escala. Cabe mencionar que la alta capacidad de dilución de las sustancias que pudieran ser acarreadas desde el suelo y aguas arriba, es favorecida por los grandes volúmenes de agua que transporta el río, y que contribuye a la autodepuración del mismo.

Respecto al cálculo del Índice de calidad de agua para el período, la categoría de media se observa en uno (1) por ciento de las muestras, mientras que el 93 por ciento pertenece a la categoría de buena calidad, y el 6 por ciento entran en la clasificación de excelente calidad. Los registros de mejor calidad se dieron, principalmente, en las estaciones de El Silencio y Las Marías, y los más bajos en Batatilla y Tres Hermanas.

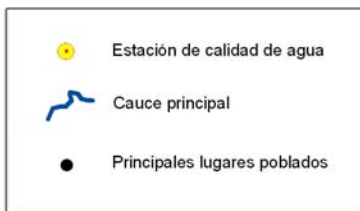
4.2.1. Estaciones en la cuenca de Río Indio oeste

Subcuenca del río Indio



Autoridad del Canal de Panamá
Departamento de Seguridad y Ambiente
División de Administración Ambiental
Sección de Manejo de Cuenca
UNIDAD DE CALIDAD DE AGUA

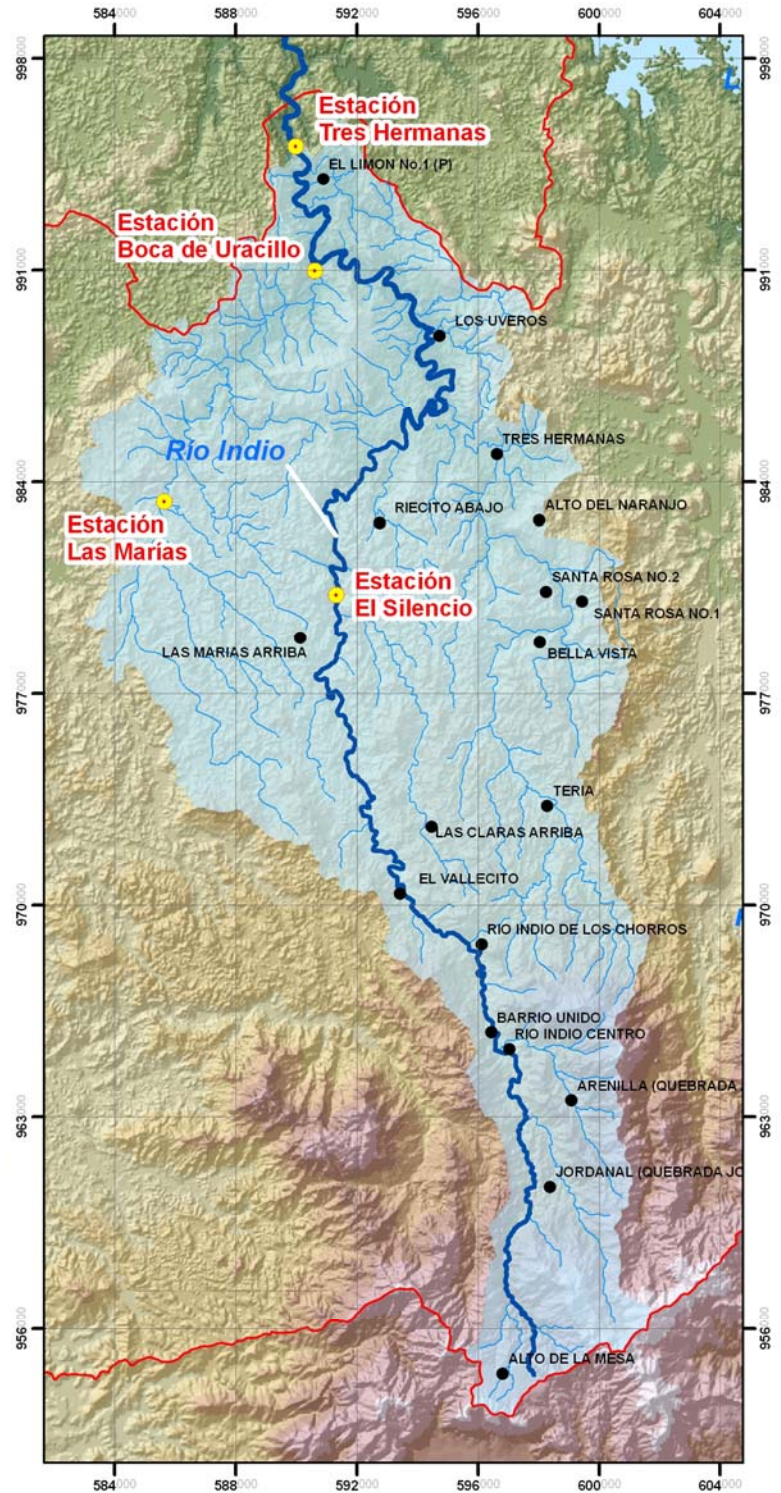
Leyenda



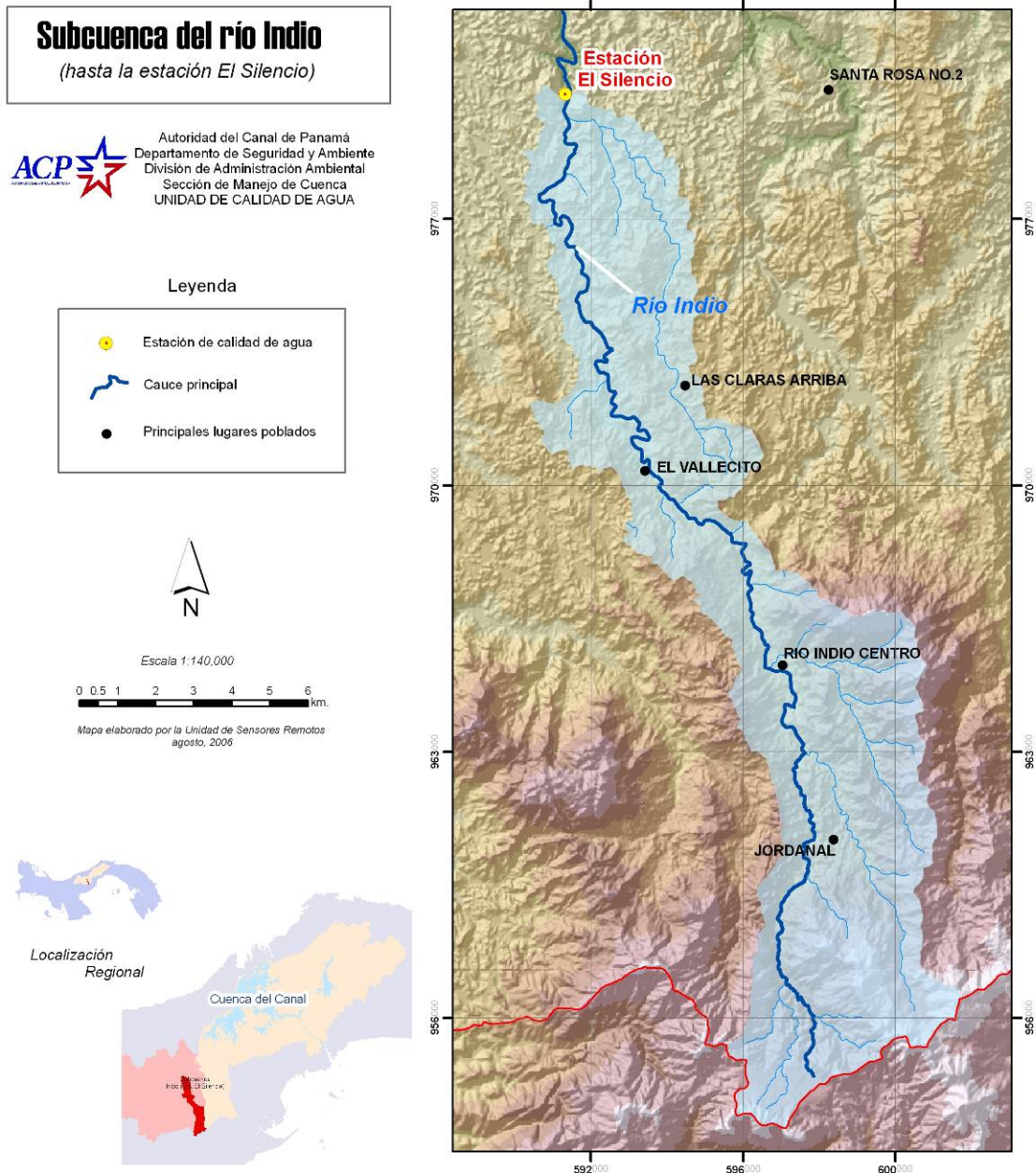
Escala 1:220000



Mapa elaborado por la Unidad de Sensores Remotos
agosto, 2006



4.2.1.1. Estación El Silencio en Río Indio oeste



4.2.1.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor mínimo registrado para la temperatura en todo el período de muestreo fue de 23,1°C observado en el 2005, y el valor máximo de 26,8°C registrado en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 25,1°C y 25,4°C para el

2004 y 2005, respectivamente. La mediana para el período fue 25,7°C (figura 44).

En cuanto al oxígeno disuelto, las concentraciones variaron de un mínimo de 7,87 mg/l en el 2004 a un máximo de 8,80 mg/l registrado en el 2005. Los valores promedios fueron 8,11 y 8,33 mg/l para los años 2004 y 2005, respectivamente.

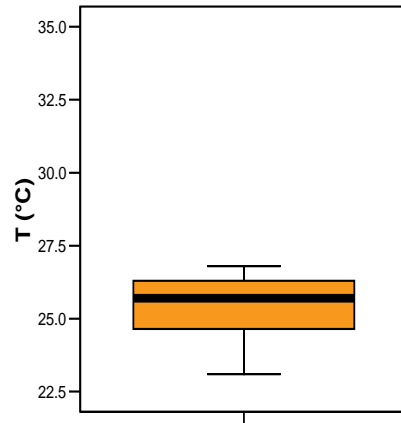


Figura 44. Diagrama de caja de los valores de temperatura de la estación El Silencio, Río Indio oeste, 2004-2005.

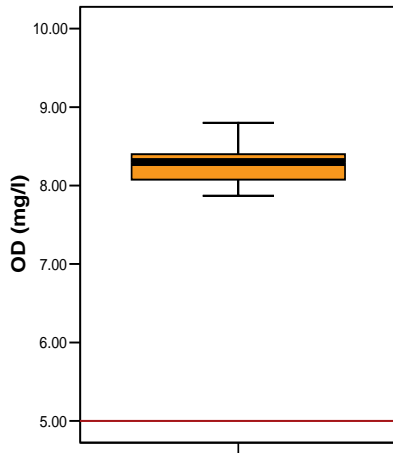


Figura 45. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD), de la estación El Silencio, Río Indio oeste, 2004-2005.

La mediana del oxígeno disuelto fue de 8,30 mg/l, valor que se ubica por encima de 5,0 mg/l (figura 45), sugiriendo condiciones adecuadas para la vida acuática.

4.2.1.1.2. Nitratos

Los valores mínimo (0,001 mg/l) y máximo de nitratos (0,217 mg/l), se registraron en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,121 y 0,104 mg/l para los años 2004 y 2005 respectivamente.

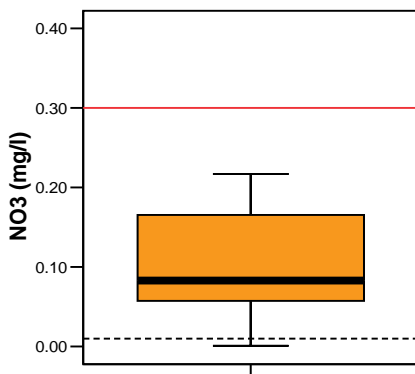


Figura 46. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) para la estación El Silencio, Río Indio oeste, 2004-2005.

La mediana de nitratos durante el período fue de 0,083mg/l, encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor de referencia utilizado como máximo recomendado para evitar eutrofización (figura 46).

4.2.1.1.3. Fosfatos

Los valores mínimos (0,004 mg/l) y máximo (0,019 mg/l) de fosfatos se registraron en el año 2005. El valor promedio registrado fue 0,008 mg/l para el 2004 y 2005. La mediana de fosfatos fue de 0,008 mg/l, encontrándose muy por debajo del valor guía (0,1mg/l) establecido como máximo para prevenir eutrofización en ríos que no descargan directamente a lagos o embalses, como es el caso de los ríos de esta región.

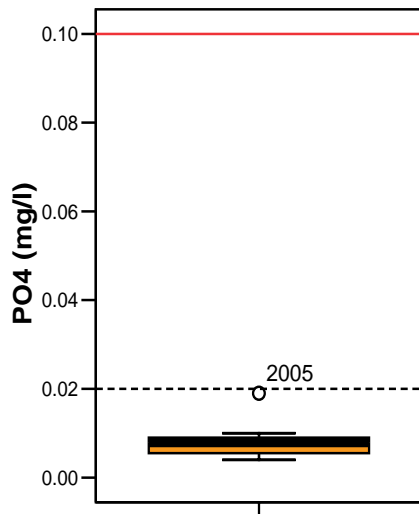


Figura 47. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO_4) de la estación El Silencio, Río Indio oeste, 2004-2005.

En el 2005 se registró un valor de fosfatos atípico alto respecto al conjunto de datos, sin embargo, todos los valores registrados, incluso el señalado, se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado (figura 47).

4.2.1.1.4. *Escherichia coli*

Los resultados del análisis microbiológico del agua de la estación El Silencio, indican que las concentraciones de *E. coli* variaron de un mínimo de 104 NMP/100ml en el 2005, a un máximo de 4.611 NMP/100ml en 2004, señalando un rango de 4.507 NMP/100ml. Los valores promedios registrados fueron de 1.828 y 722 NMP/100ml para los años 2004 y 2005, respectivamente.

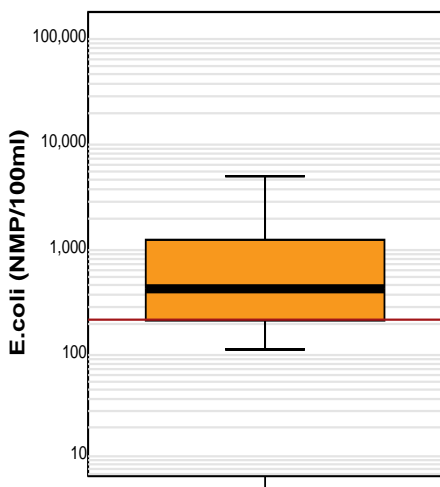


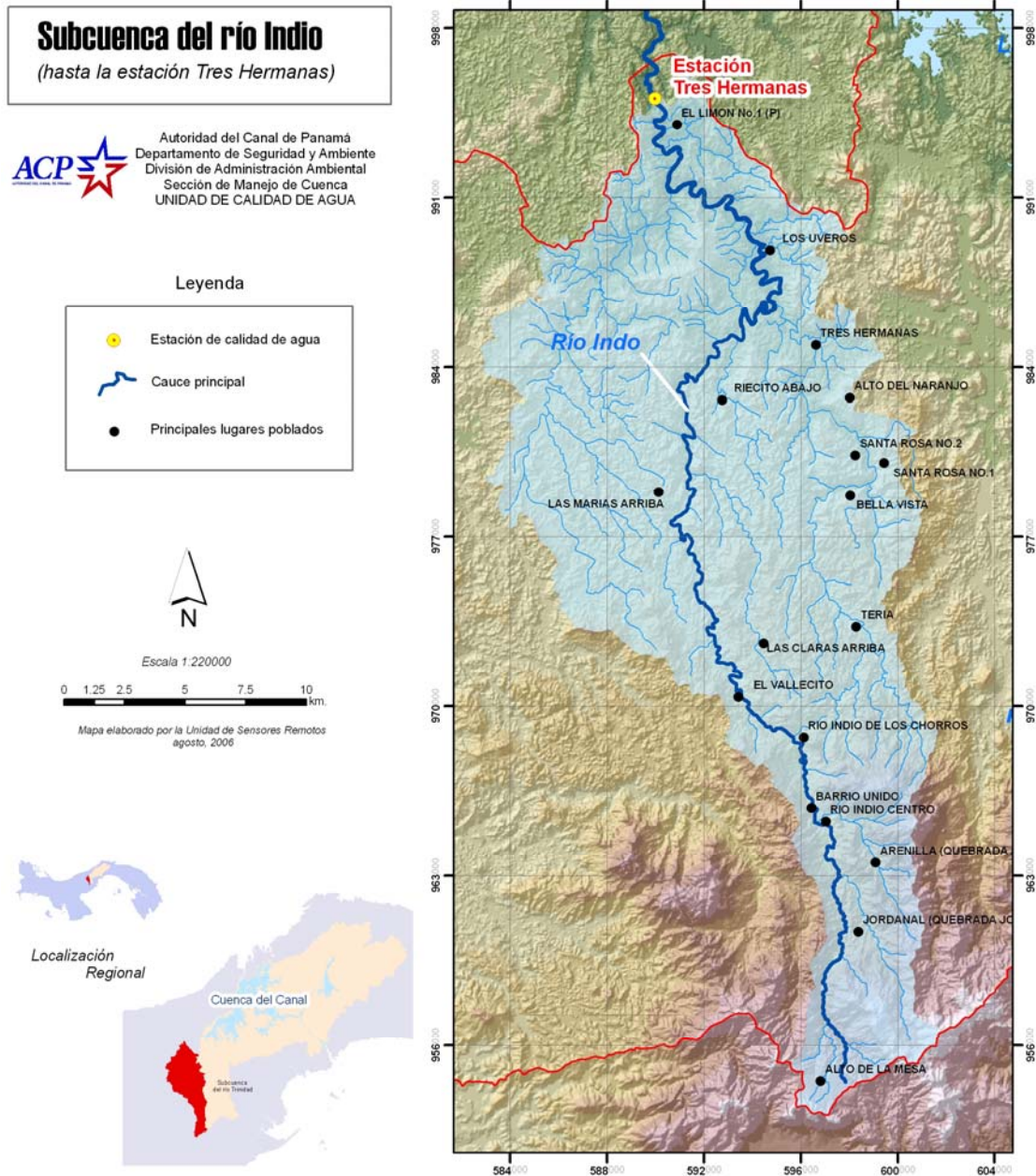
Figura 48. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* para la estación El Silencio, Río Indio oeste, 2004-2005.

La mediana, 396 NMP/100ml, sobrepasa los 200 NMP/100ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo (figura 48). El 75 por ciento de los valores registrados sobrepasan el valor guía de referencia.

4.2.1.1.5. Índice de calidad de agua

El Índice de Calidad de Agua calculado a 15 muestras de la Estación El Silencio, da como resultado que el 87 por ciento de las mismas califican en la categoría de buena y el 13 por ciento restante son clasificadas como excelente para diversos usos.

4.2.1.2. Estación Tres Hermanas en Río Indio oeste



4.2.1.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto

Los valores de temperatura registraron un mínimo de 24,7°C en 2004 y un máximo de 28,7°C el mismo año. Los valores promedios fueron 26,1°C y 26,3°C

para los años 2004 y 2005, respectivamente. Durante el período se observó una mediana de 25,8°C (figura 49).

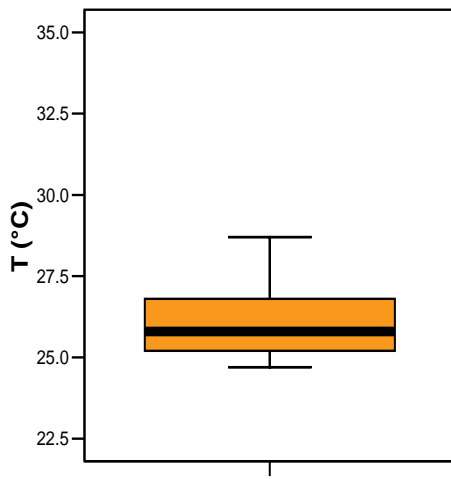


Figura 49. Diagrama de caja de los valores de temperatura en la estación Tres Hermanas, Río Indio oeste, 2004-2005.

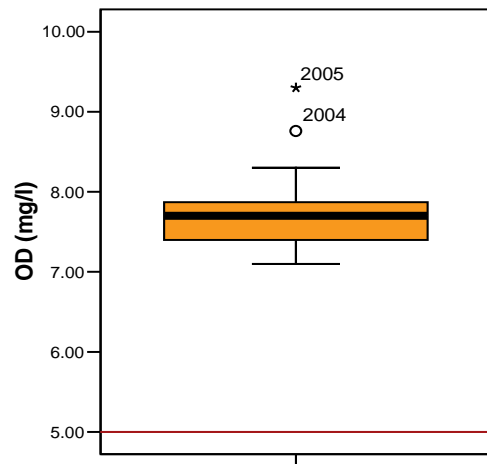


Figura 50. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Tres Hermanas, Río Indio oeste, 2004-2005.

La concentración mínima registrada de oxígeno disuelto fue de 7,10 mg/l en el 2004 y la máxima de 9,30 mg/l en el 2005; los valores promedio fueron 7,71 mg/l en el 2004 y 7,82 mg/l en el 2005.

La mediana del parámetro fue de 7,70 mg/l y se registró un valor atípico alto (2004) y uno extremo alto (2005). Cabe señalar que todos los valores se encontraron por encima de lo recomendado como adecuado para la vida acuática (figura 50).

4.2.1.2.2. Nitratos

El registro de la concentración de nitratos más bajo fue de 0,012 mg/l (2005), y el más alto fue de 0,268 mg/l

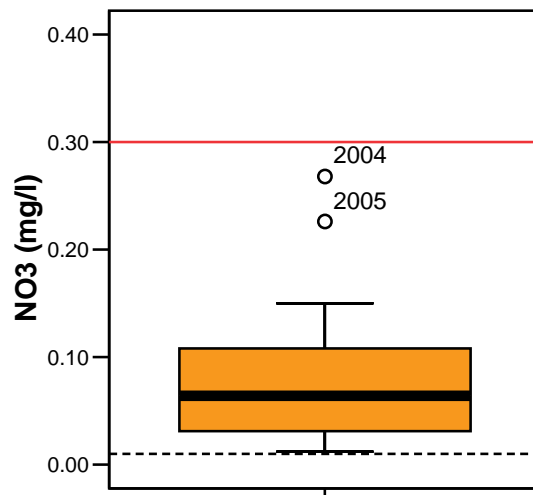


Figura 51. Diagrama de caja de las concentraciones de nitratos (NO₃) en la estación Tres Hermanas, Río Indio oeste, 2004-2005.

(2004); los promedios correspondientes al 2004 y 2005 fueron 0,085 mg/l y 0,080 mg/l, respectivamente. La mediana del parámetro para el período fue de 0,064 mg/l (figura 51). Se registraron dos valores atípicamente altos, uno en el 2004 y otro en el 2005. Todos los registros se ubicaron por debajo de lo recomendado para evitar la eutrofización.

4.2.1.2.3. Fosfatos

Se registró para este parámetro un valor mínimo de 0.000 mg/l y máximo de 0,014 mg/l en los años 2005 y 2004 respectivamente. Los registros promedio reportados fueron 0,007mg/l en 2004 y 0,009 en 2005).

La mediana de fosfatos durante el período fue de 0,007 mg/l, y se registró en 2005 un valor atípico y otro extremo; no obstante, todos los registros se ubican muy por debajo del valor guía generalizado como máximo para prevenir eutrofización en ríos que no descargan directamente a lagos o embalses (figura 52).

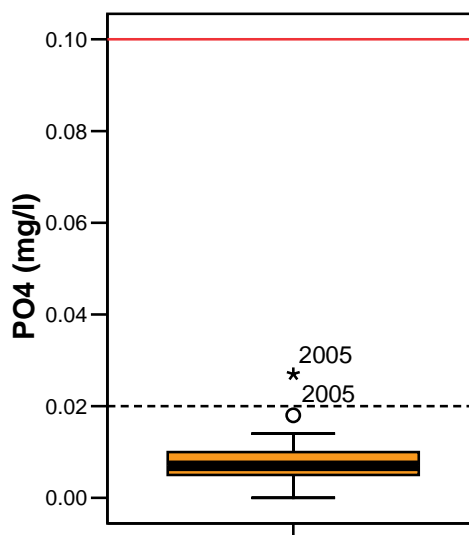


Figura 52. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) para la estación Tres Hermanas en el Río Indio oeste, 2004-2005.

4.2.1.2.4. *Escherichia coli*

Los registros microbiológicos del agua de la estación Tres Hermanas indican que las concentraciones de *E. coli* variaron de un mínimo de 99 NMP/100ml en el 2004 a un máximo de 4.884 NMP/100ml el mismo año. Los valores promedios registrados fueron de 1.149 y 3.089 NMP/100ml para los años 2004 y 2005 respectivamente (figura 53).

La mediana registrada para el período fue 638 NMP/100ml, la cual está por encima del valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo. En el 2004 se registró un valor extremo y en el 2005 un valor atípico respecto al conjunto de datos.

4.2.1.2.5. Índice de calidad de agua

Los valores del ICA obtenidos para 22 muestras de la estación Tres Hermanas; muestran que el 91 por ciento de éstas se clasifican como buena, y el 9 por ciento se considera excelente para una diversidad de usos como el abastecimiento humano, recreación y sostenimiento de la vida acuática.

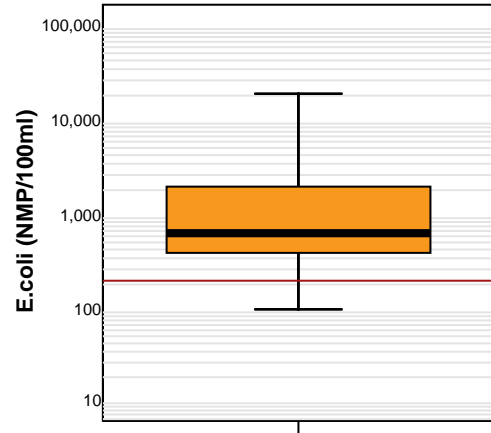
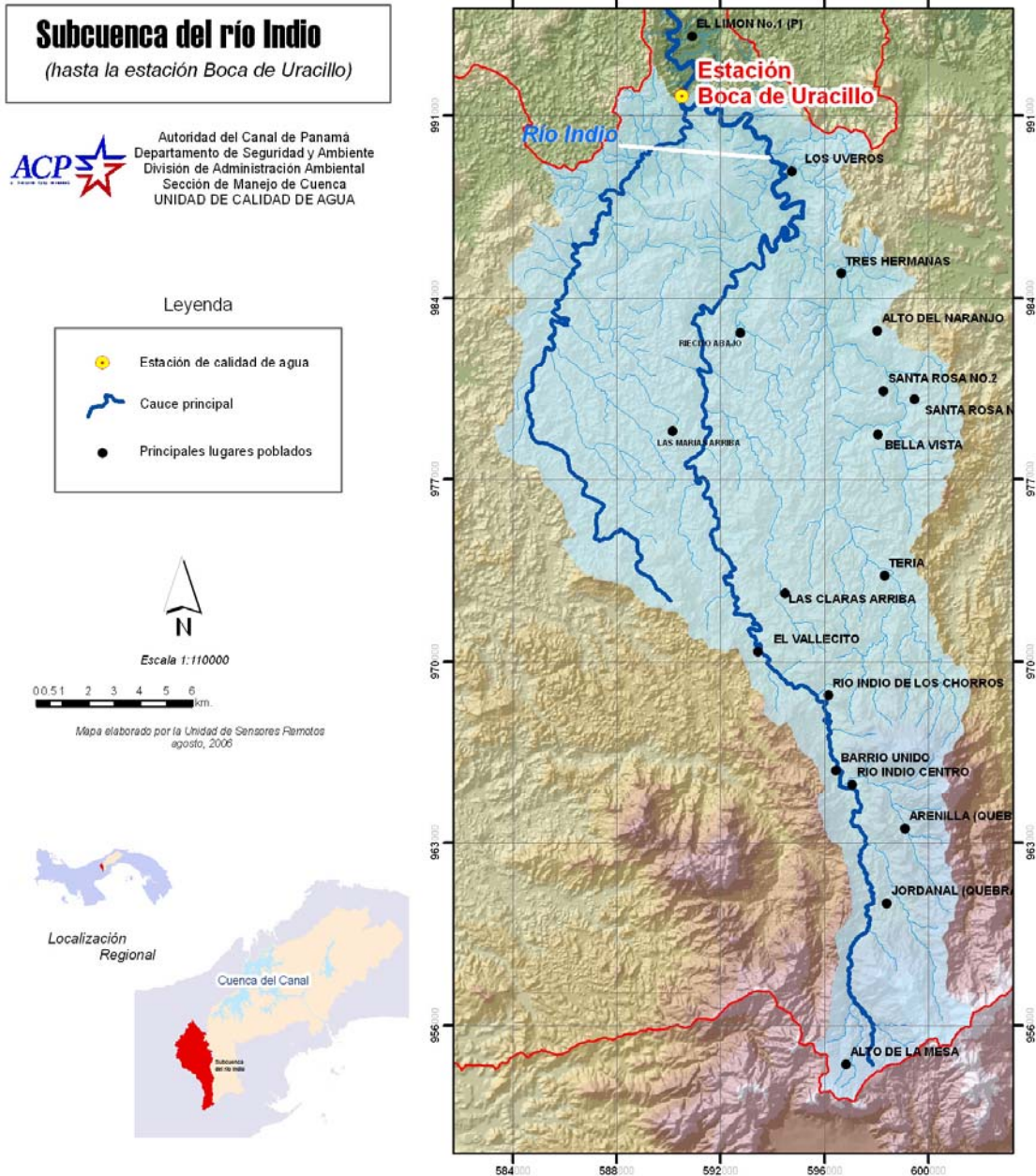


Figura 53. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* para la estación Tres Hermanas en el Río Indio oeste, 2004-2005.

4.2.1.3. Estación Boca de Uracillo en Río Indio oeste



4.2.1.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura máxima registrada durante el período de análisis fue 29,9°C y la mínima de 24,7°C, ambas en 2004. Los valores promedios registrados fueron de 26,4°C y 26,3°C para el 2004 y 2005, respectivamente. La mediana del

parámetro para el período fue de 26,3°C, registrándose un valor atípico en 2004 (figura 54)

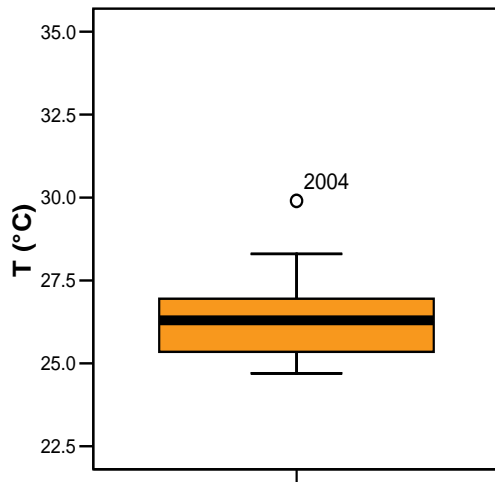


Figura 54. Diagrama de caja de la temperatura en la estación Boca de Uracillo, Río Indio oeste, 2004-2005.

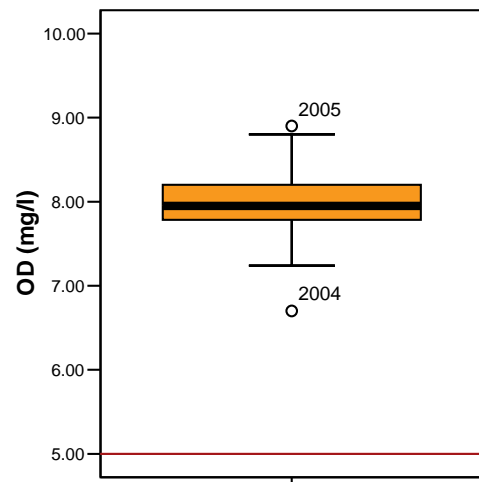


Figura 55. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Boca de Uracillo, Río Indio oeste, 2004-2005.

Las concentraciones de oxígeno disuelto encontradas durante el período de estudio, registraron valores mínimos de 6,70 mg/l y máximo de 8,90 mg/l en el 2005 (figura 55). Los valores promedios fueron 7,84 y 8,09 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente.

El valor de la mediana de oxígeno disuelto fue de 7,95 mg/l; se registraron valores atípicos, uno bajo y otro alto, en 2004 y 2005 respectivamente, no obstante, se observa que en todos los casos los valores se encontraron sobre los 5,0 mg/l, indicando condiciones adecuadas para el sostenimiento de la vida acuática.

4.2.1.3.2. Nitratos

Este parámetro registró como mínimo valor 0,005 mg/l y máximo 0,347mg/l en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,070 y 0,103 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente.

El parámetro registró una mediana de 0,044 mg/l y dos valores atípicos, uno en el 2004 y otro en el 2005, siendo este último el único en el conjunto de datos que estuvo por encima del valor guía máximo recomendado para evitar eutrofización (figura 56).

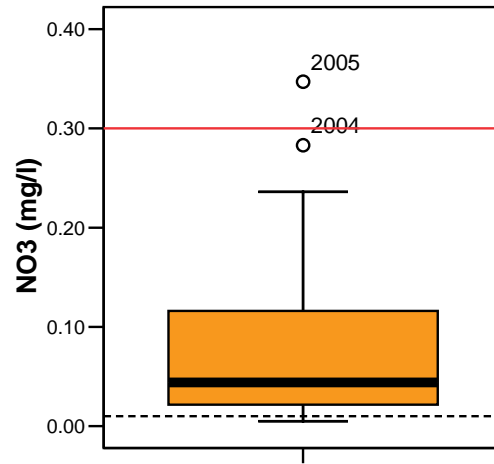
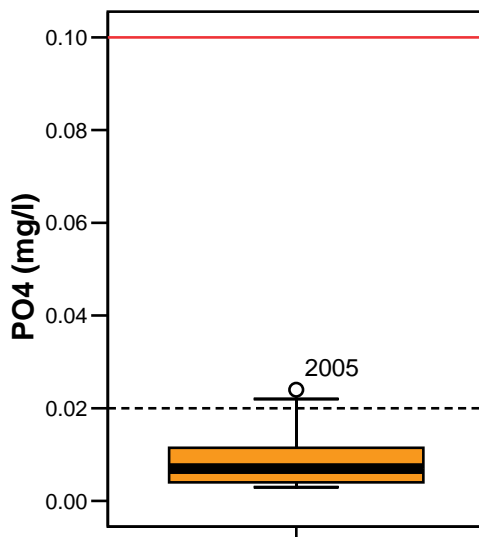


Figura 56. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO₃) en la estación Boca de Uracillo, Río Indio oeste, 2004-2005.

4.2.1.3.3. Fosfatos

El valor mínimo registrado para este parámetro fue 0,003 mg/l (ambos años) y el máximo fue 0,024 mg/l registrado en 2005. El promedio anual 2004 fue de 0,010 mg/l y en 2005 de 0,008 mg/l.



La mediana de fosfatos para el período fue de 0,007 mg/l, con un registro atípico respecto al conjunto de datos en 2005; sin embargo, todos los resultados están por debajo del límite máximo recomendado para evitar la eutrofización (figura 57).

Figura 57. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación de Boca de Uracillo, Río Indio oeste, 2004-2005.

4.2.1.3.4. *Escherichia coli*

Los registros microbiológicos realizados en la estación Boca de Uracillo, indican que los contenidos de *E. coli* mostraron un mínimo de 97 NMP/100ml en el 2004 y un máximo de 11.370 NMP/100ml en 2005. Los valores promedios registrados fueron de 891 y 2.706 NMP/100ml para los años 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana del parámetro fue 676 NMP/100ml, valor que está por encima del establecido como guía para uso recreativo con contacto directo (figura 58).

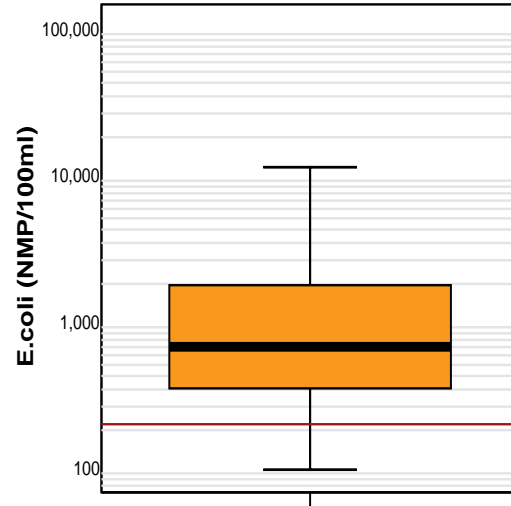
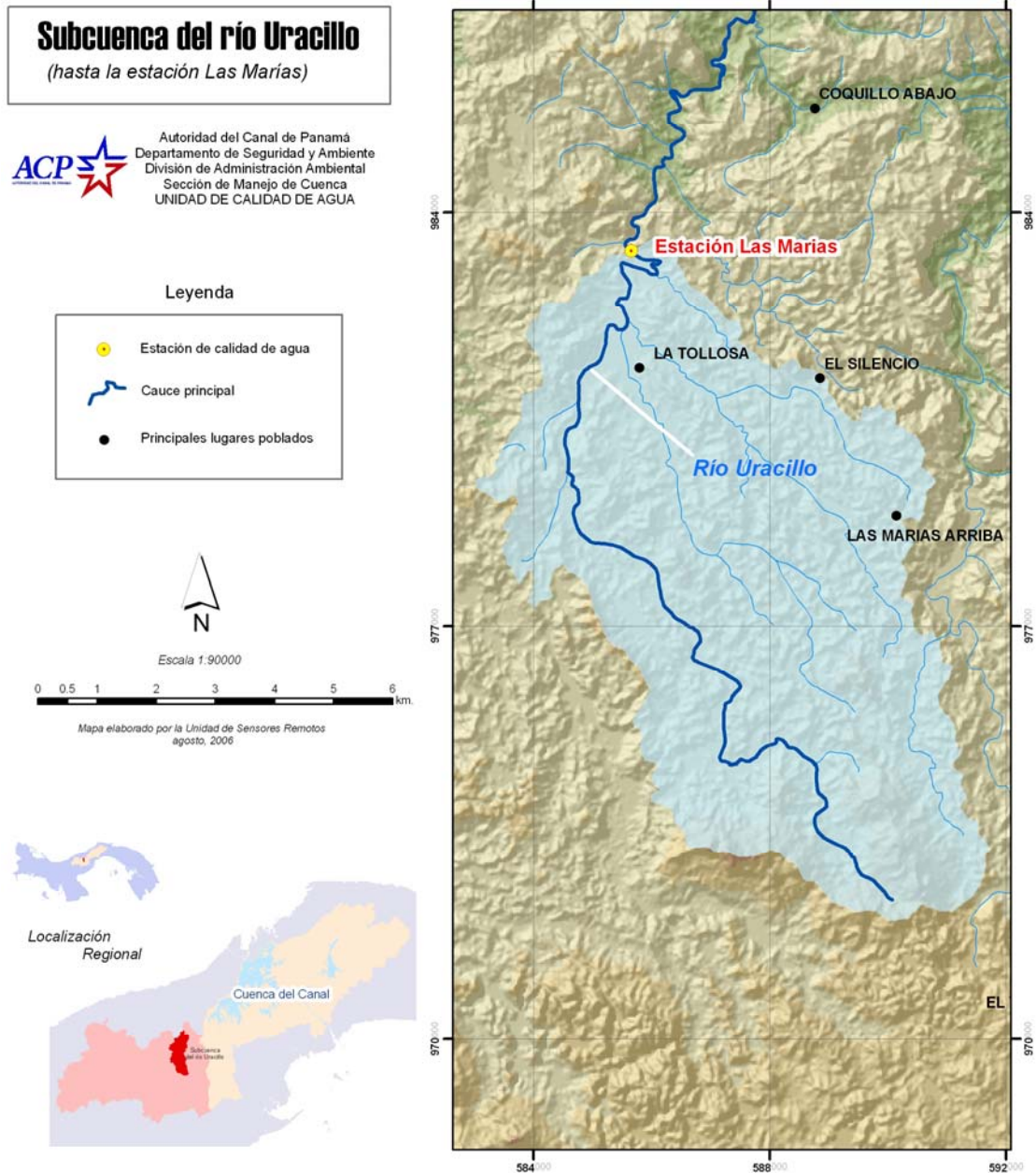


Figura 58. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Boca de Uracillo, río Indio, Río Indio oeste, 2004-2005.

4.2.1.3.5. Índice de calidad de agua

Los valores obtenidos del cálculo del índice de calidad de agua para 23 muestras de la estación Boca de Uracillo muestran que el 91 por ciento de los mismos entran en el rango de 71 a 90, clasificándola como buena y el 8 por ciento mayor de 91, que la clasifica como agua excelente para diversos usos.

4.2.1.4. Estación Las Marías en río Uracillo



4.2.1.4.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura mínima reportada durante el período fue de 24,6°C y la máxima fue de 27,1°C. El promedio anual 2004 fue 25,5°C y 25,8°C para el 2005. La mediana registrada fue 25,7°C (figura 59).

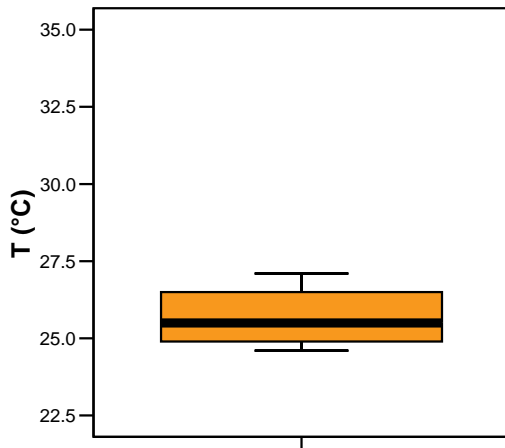


Figura 59. Diagrama de caja de la temperatura en la estación Las Marías, río Uracillo, 2004-2005.

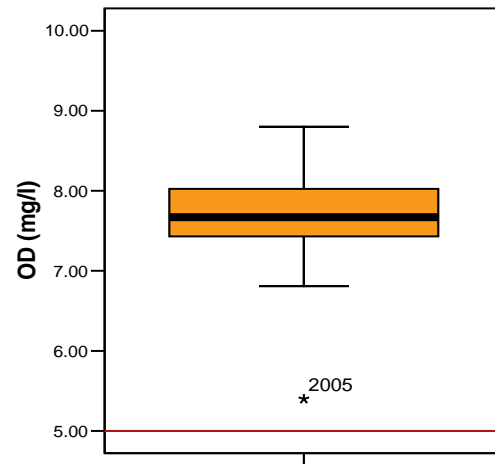


Figura 60. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Las Marías, río Uracillo, 2004-2005.

Las concentraciones de oxígeno disuelto variaron de un mínimo de 5,40 mg/l a un máximo de 8,80 mg/l registrados ambos en el 2005. Los valores promedios fueron 7,63 y 7,59 mg/l para los años 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana de este parámetro fue de 7,67 mg/l, registrándose un dato considerado como extremo bajo en 2005; no obstante, se observa que en todos

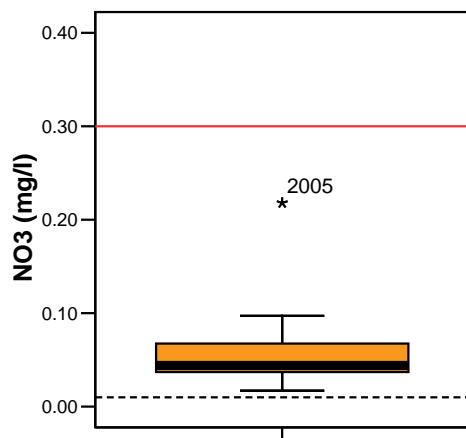


Figura 61. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO_3) para la estación Las Marías, río Uracillo, 2004-2005.

los casos los valores se encontraron sobre los 5,0mg/l, indicando condiciones adecuadas para la vida acuática (figura 60).

4.2.1.4.2. Nitratos

El mínimo valor de nitratos (0,017 mg/l) y el máximo (0,218 mg/l), se registraron en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,050 y 0,065 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente. La mediana de nitratos para el período de estudio fue 0,044mg/l, con un solo registro extremo en el

2005. Todos los datos se encontraron por debajo de 0,3 mg/l, valor guía considerado como máximo para evitar eutrofización (figura 61).

4.2.1.4.3. Fosfatos

Los registros de este parámetro variaron desde 0,000 mg/l hasta un máximo de 0,018 mg/l, ambos obtenidos en el 2005. El valor promedio registrado en el 2004 fue 0,004 mg/l, y 0,006 mg/l en el 2005. La mediana de fosfatos para el período de estudio fue de 0,004 mg/l. Todos los datos, se encontraron muy por debajo del valor guía establecido como máximo para prevenir eutrofización (figura 62).

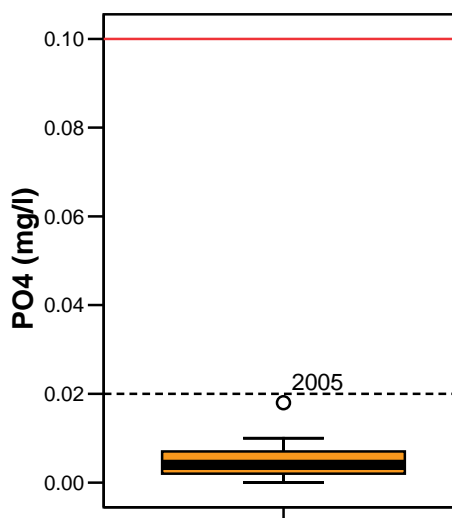


Figura 62. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO_4) en la estación Las Marías, río Uracillo, 2004-2005.

En el año 2005 se registró un valor de fosfatos atípico que difiere del resto. La distribución de las concentraciones de fosfatos muestra un desplazamiento hacia los valores altos del conjunto; sin embargo, todos los valores registrados, incluso el atípico señalado, se encontraron por debajo del límite de detección del método utilizado

4.2.1.4.4. *Escherichia coli*

Los registros de *E. coli* variaron de un mínimo de 189 NMP/100ml a un máximo de 3.974 NMP/100ml ambos en 2005. Los valores promedio registrados fueron de 664 y 963 NMP/100ml para el 2004 y 2005 respectivamente. En la figura 63 se observa la mediana, 489 NMP/100ml, y un valor atípico, los cuales sobrepasan los 200 NMP/100ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo.

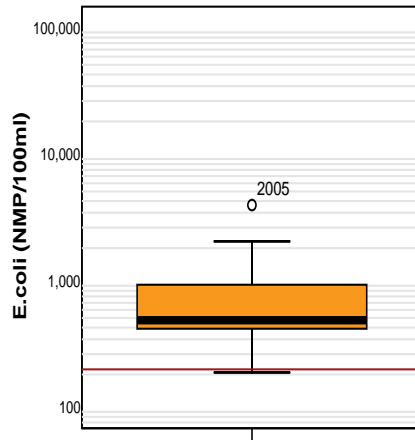
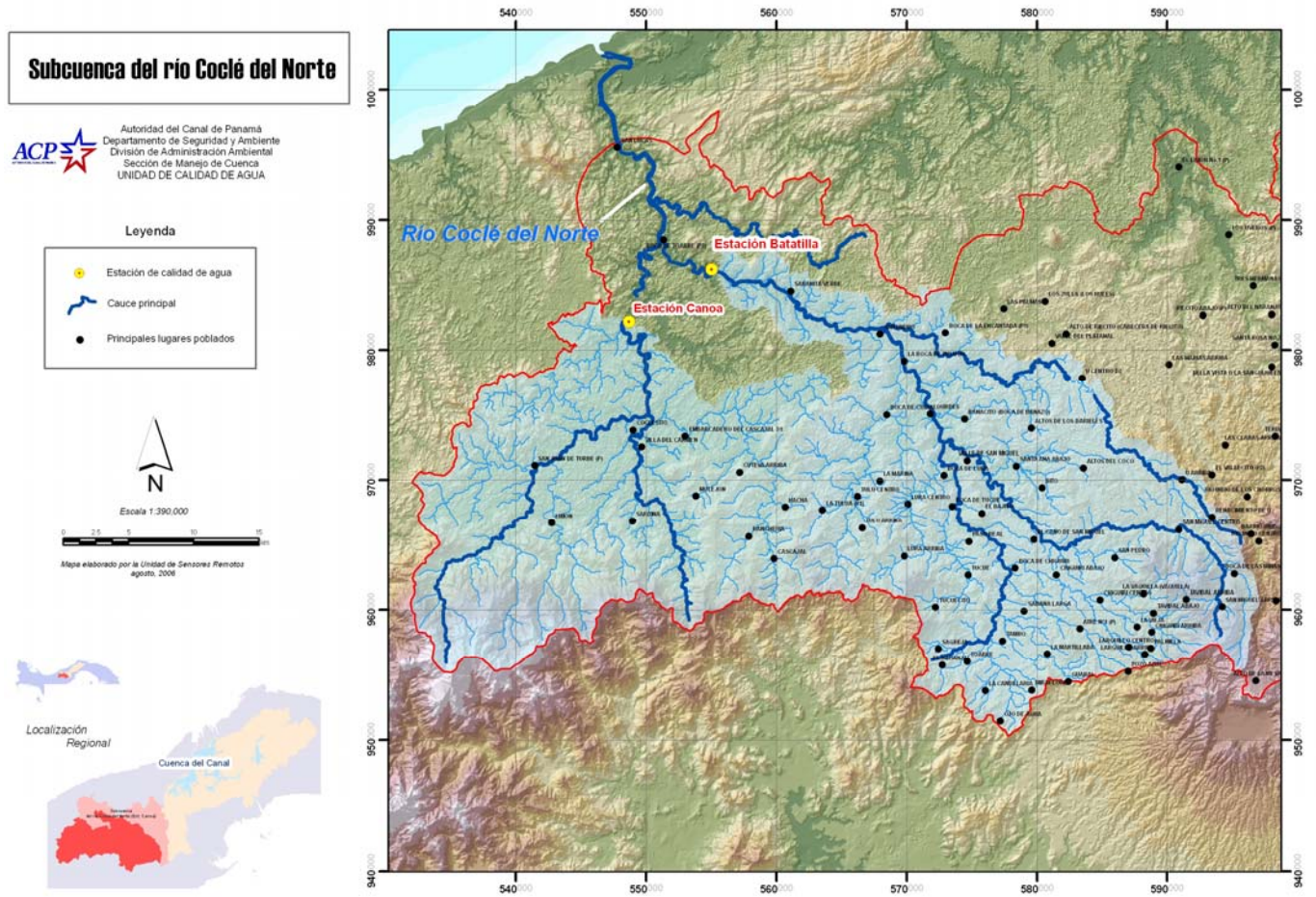


Figura 63. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Las Marías, río Uracillo, 2004-2005.

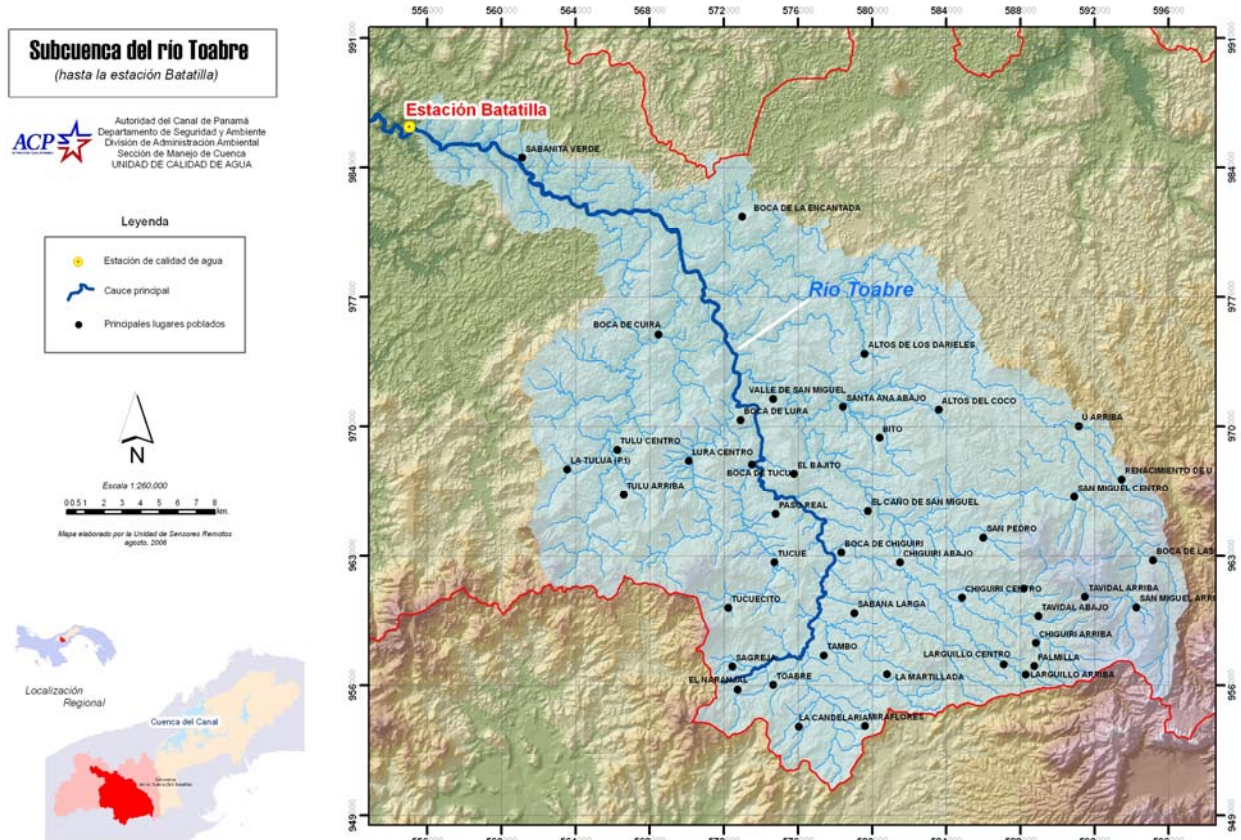
4.2.1.4.5. Índice de Calidad de Agua

Los valores del ICA reportados para 15 muestras de agua de la estación Las Marías registran que el 93 por ciento de estas entran en la categoría de buena y el 7 por ciento entra en la clasificación de excelente para usos diversos como la conservación de vida acuática, abastecimiento público y recreativos.

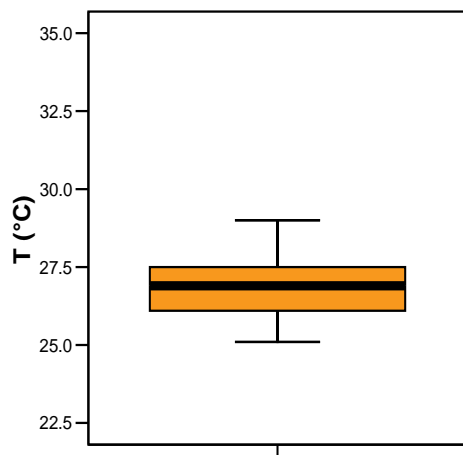
4.2.2. Estaciones en la cuenca del río Coclé del Norte



4.2.2.1. Estación Batatilla en río Toabré



4.2.2.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto



El valor mínimo registrado para la temperatura en todo el período de muestreo fue de 25,1°C (2004 y 2005), y el valor máximo fue de 29,0°C registrado en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 27,0°C en el 2004 y 26,6°C en el 2005. En la figura 64 se observa que la mediana fue 26,9°C.

Figura 64. Diagrama de caja de la temperatura en la estación Batatilla, río Toabré, 2004-2005.

Las concentraciones de oxígeno disuelto se mantuvieron dentro de un mínimo de 5,28 mg/l y un máximo de 9,00 mg/l, registradas ambas en 2004. Los valores promedios fueron 7,60 y 7,93 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente.

La mediana del oxígeno disuelto fue de 7,95 mg/l, con registros atípicos y extremos principalmente en el 2004; no obstante, todos los datos se encontraron por encima de los 5,0 mg/l, sugiriendo condiciones adecuadas para la vida acuática (figura 65).

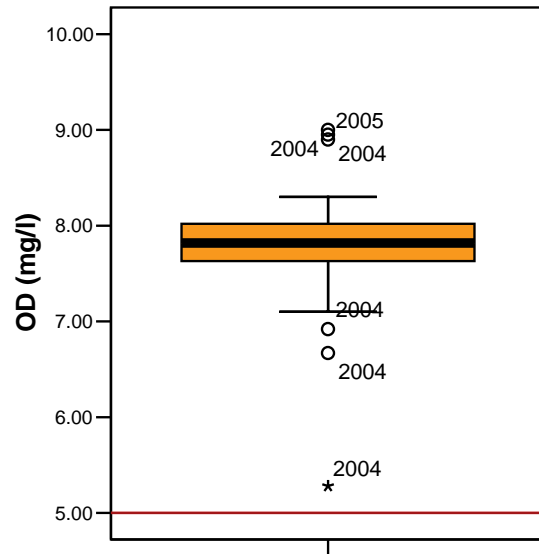


Figura 65. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Batatilla, río Toabré, 2004-2005.

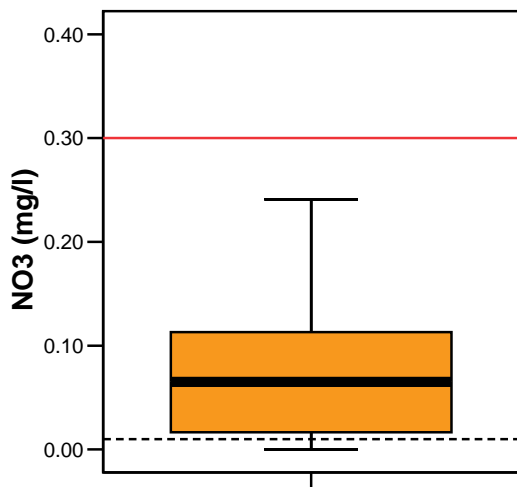


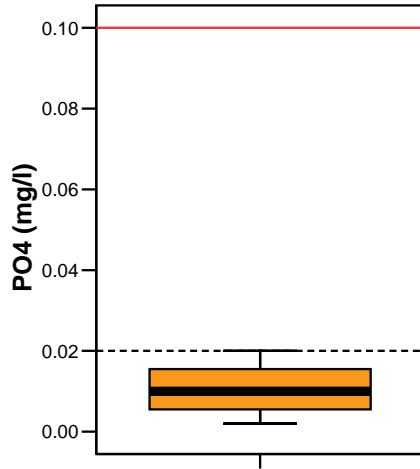
Figura 66. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO_3) en la estación Batatilla, río Toabré, 2004-2005.

4.2.2.1.2. Nitratos

Los valores mínimo de nitratos (0,00 mg/l) y máximo (0,241 mg/l) se reportaron en el 2005. Los valores promedios registrados fueron de 0,075 mg/l en el 2004 y 0,072 mg/l en el 2005. La mediana fue 0,065 mg/l, encontrándose muy por debajo de 0,3 mg/l, valor máximo recomendado para evitar eutrofización (figura 66).

4.2.2.1.3. Fosfatos

Este parámetro registró en el 2005 su valor mínimo (0,002 mg/l) y máximo (0,020 mg/l). El valor promedio registrado fue de 0,010 mg/l y 0,011 mg/l para



los años 2004 y 2005, respectivamente. La concentración de fosfatos, en cuanto a su mediana fue de 0,010 mg/l, encontrándose muy por debajo del valor guía (0,10 mg/l) establecido como máximo para prevenir eutrofización en ríos que descargan directamente a lagos o embalses (figura 67).

Figura 67. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación Batatilla, río Toabré, 2004-2005.

4.2.2.1.4. *Escherichia coli*

Los resultados del análisis microbiológico del agua de la estación Batatilla, indican que el registro mínimo de las concentraciones de *E. coli* fue 81 NMP/100ml en el 2005 y el máximo de 8.088 NMP/100ml en 2004. Los valores promedios registrados fueron de 1.583 y 1.018 NMP/100ml para los años 2004 y 2005, respectivamente.

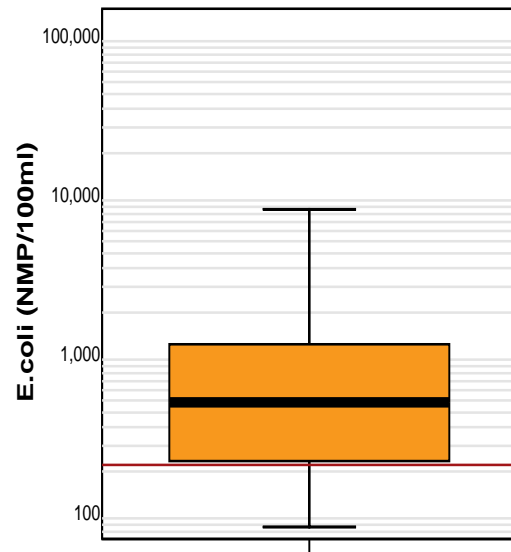


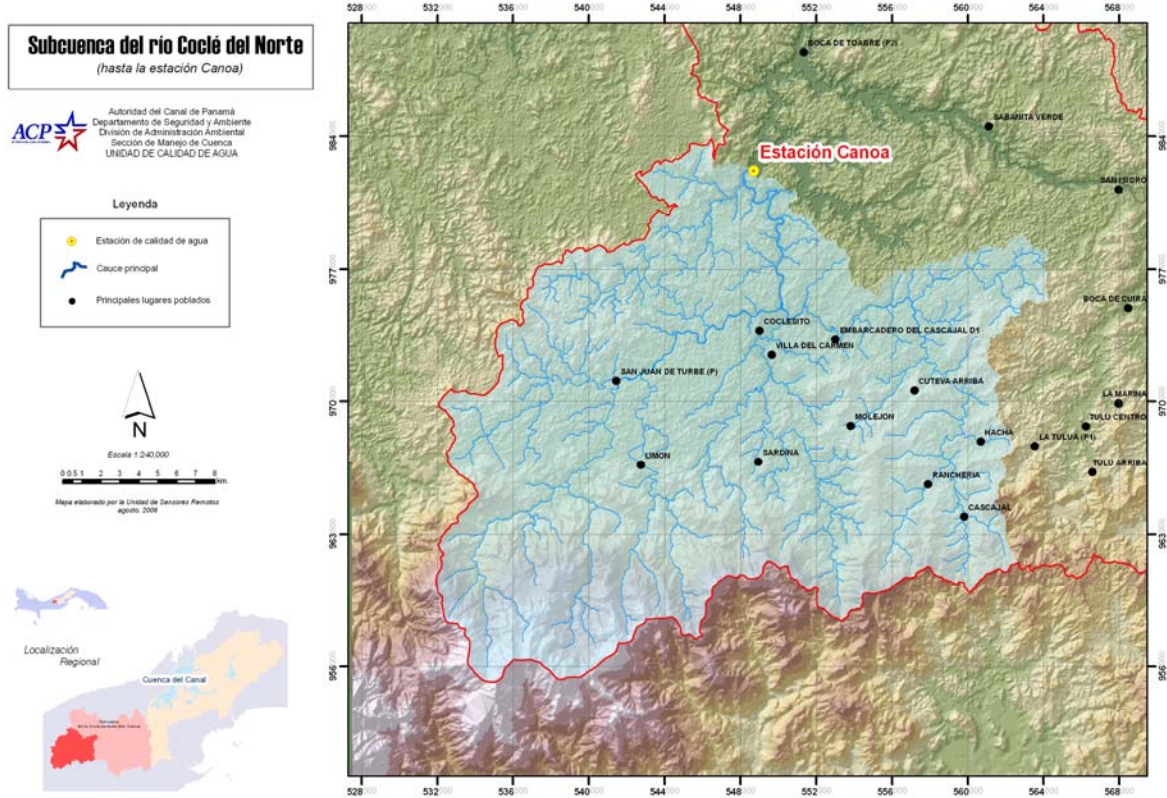
Figura 68. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* en la estación Batatilla, río Toabré, 2004-2005.

La mediana fue 495 NMP/100ml, valor por encima del establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo (figura 68).

4.2.2.1.5. Índice de calidad de agua

El cálculo del ICA a 23 muestras de la estación Batatilla, mostró que el 96 por ciento de las mismas entran en la clasificación de bueno para diversos usos, y el 4 por ciento dentro de la clasificación de medio

4.2.2.2. Estación Canoa en el río Coclé del Norte

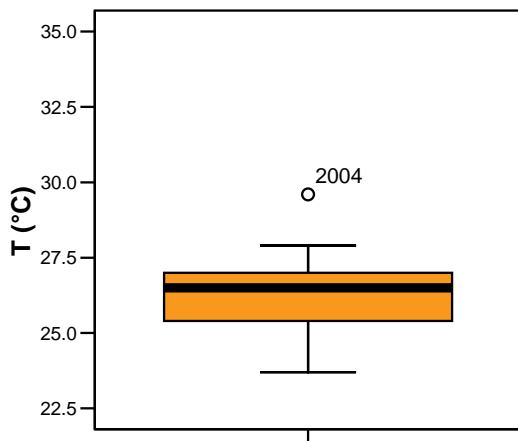


4.2.2.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura registró su mínimo valor en el 2005 siendo 23,7°C, y el máximo en el 2004 de 29,6°C. Los promedios de este parámetro fueron 26,6°C y 26,1°C

para el 2004 y 2005, respectivamente.

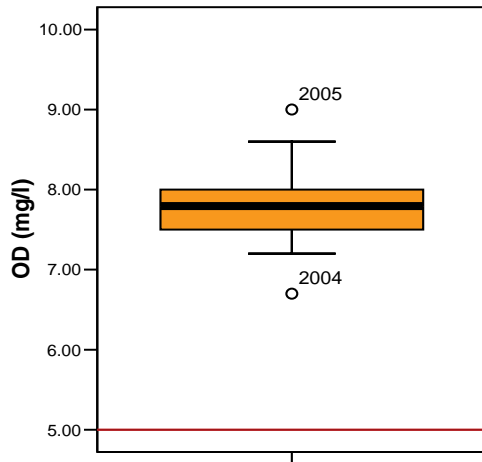
La mediana para el período fue de 26,5°C (figura 69), observándose un registro atípico en el 2004.



La concentración mínima de oxígeno disuelto en el agua fue 6,70 mg/l en el 2004 y la máxima de 8,80 mg/l, en el 2005. Los valores promedios fueron

Figura 69. Diagrama de caja de la temperatura en la estación Canoa, río Coclé del Norte, 2004-2005.

7,66 y 7,94 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente.



La mediana de oxígeno disuelto durante el período indica que ésta fue de 7,80mg/l, mostrando un valor atípico alto y otro bajo (figura 70). Cabe señalar que todos los registros se hallaron por encima del valor guía utilizado como base para condiciones adecuadas para la vida acuática.

Figura 70. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la estación Canoa, río Coclé del Norte, 2004-2005.

4.2.2.2.2. Nitratos

Las concentraciones de nitratos registraron en 2005 su mínimo y máximo valor (0,000 y 0,264 mg/l respectivamente). Los valores promedios registrados fueron de 0,095 y 0,120 mg/l para el 2004 y 2005, respectivamente. La mediana de nitratos fue de 0,106 mg/l, muy por debajo de 0,3 mg/l, valor utilizado como referencia del límite máximo para evitar eutrofización (figura 71).

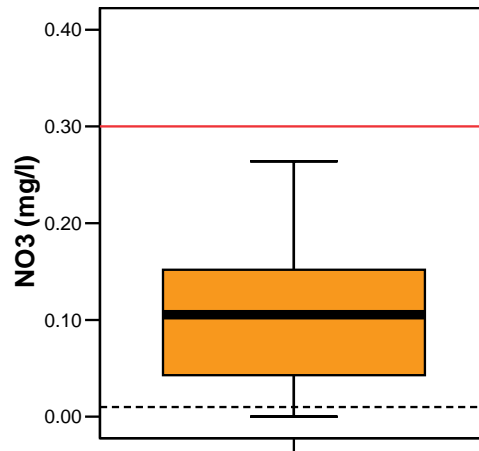
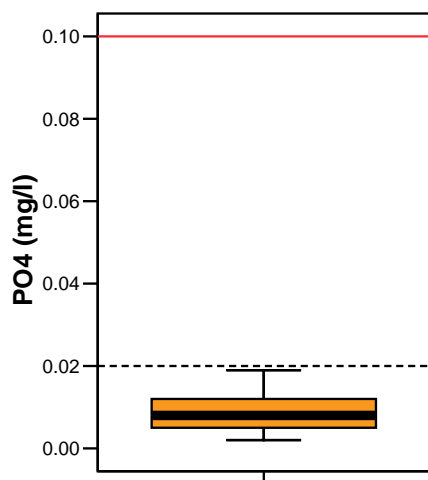


Figura 71. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (NO_3) en la estación Canoa, río Coclé del Norte.

4.2.2.2.3. Fosfatos

La concentración mínima de este parámetro se registró en el 2004, siendo 0,002 mg/l, y la máxima de 0,019 mg/l en el 2005; durante ambos años se registró igual valor promedio de 0,009 mg/l.



La mediana de fosfatos fue de 0,008 mg/l, encontrándose muy por debajo del valor guía (0,10 mg/l) establecido como máximo para prevenir eutrofización en ríos que descargan directamente a lagos o embalses (figura 72).

Figura 72. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (PO₄) en la estación Canoa, río Coclé del Norte, 2004-2005.

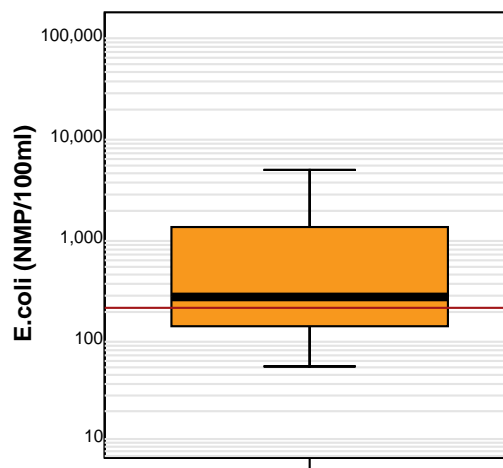


Figura 73. Diagrama de caja de la concentración de *E. coli* para la estación Canoa, río Coclé del Norte.

4.2.2.2.4. *Escherichia coli*

Los datos microbiológicos de la estación Canoa indican que las concentraciones de *E. coli* variaron de un mínimo de 52 NMP/100ml en el 2005 a un máximo de 4.613 NMP/100ml en el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 1.380 y 576 NMP/100ml para el 2004 y 2005, respectivamente.

En la figura 73 se evidencia que la mediana de este parámetro fue 258 NMP/100ml, la cual sobrepasa ligeramente los 200 NMP/100ml, valor guía establecido como máximo para uso recreativo con contacto directo. En el 2004 se registró un valor extremo y en el 2005 un valor atípico respecto al conjunto de datos.

4.2.2.2.5. Índice de Calidad de Agua

El cálculo del índice de calidad de agua para 22 muestras tomadas en la estación Canoa, indica que el 100 por ciento de éstas entran en la clasificación de buena para una diversidad de usos como el abastecimiento, sostenimiento de vida acuática y recreativos.

4.2.3. Clasificación del agua en los ríos de la ROCC, según la concentración de iones principales

El análisis hidroquímico a través del diagrama de Piper permitió identificar que los distintos tipos de iones dominantes en las muestras de agua son el bicarbonato (anión más representativo) y el calcio y sodio (cationes más representativos).

El 50 por ciento de las estaciones en la ROCC posee una clasificación de las aguas como cálcico-bicarbonatadas (Ca-HCO_3) y el otro 50 por ciento como sódico-bicarbonatadas (Na-HCO_3). Entre las primeras, están las estaciones Canoa, Las Marías y Batatilla, y entre las segundas, las estaciones Boca de Uracillo, El Silencio y Tres Hermanas; ubicadas las primeras en la cuenca del río Coclé del Norte (excepto Las Marías), y las segundas en la cuenca del Río Indio oeste (figura 74).

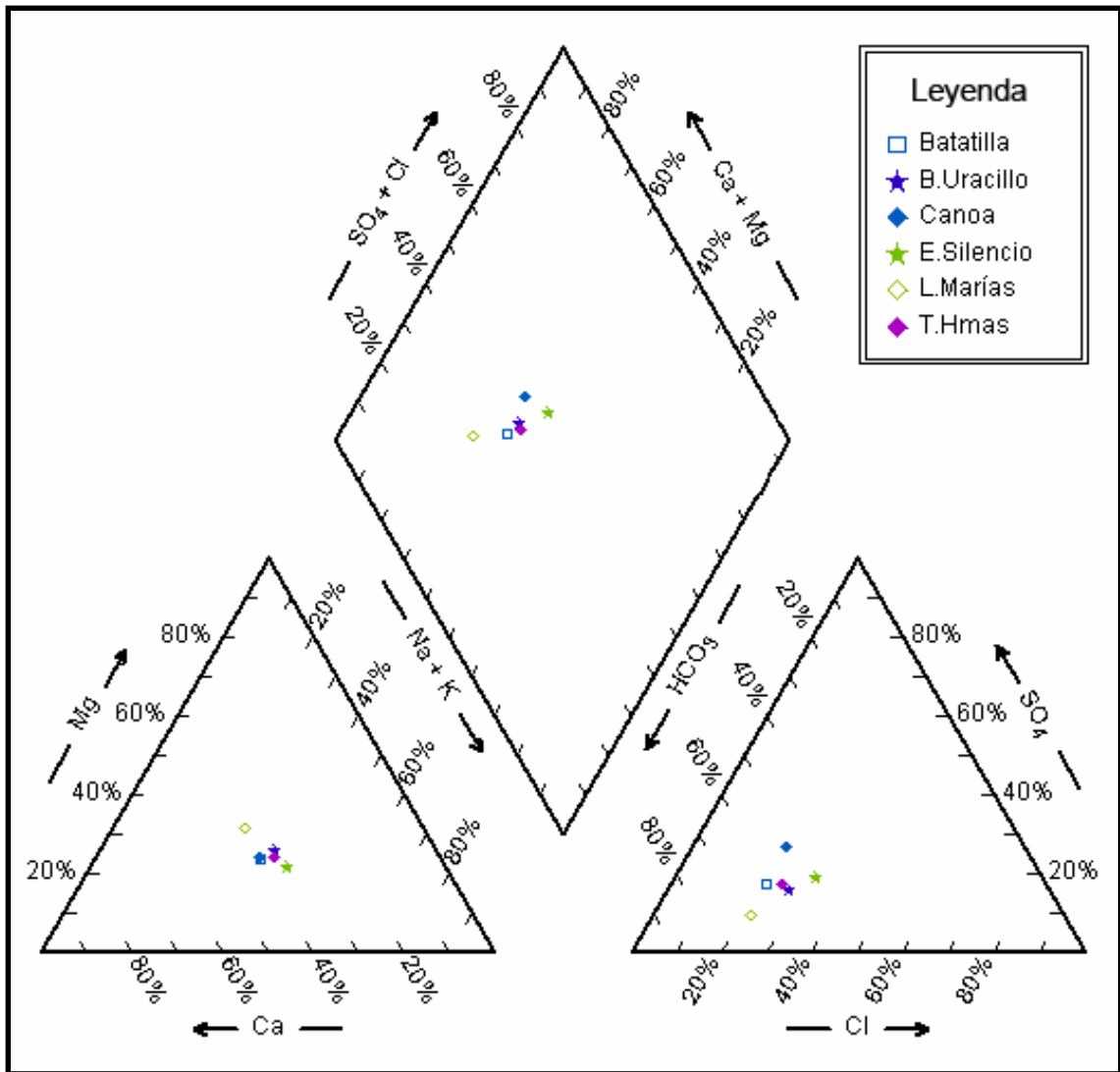


Figura 74. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas de los ríos en la ROCC.

Tabla 5. Ríos ROCC: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estacion	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BDU	09/06/04	16	8,1	4	3,4	,7	1,3	4,1
	10/08/04	12	7,1	3	2,8	,8	1,4	3,5
	11/17/04	22	3,3	4	4,2	,7	2,0	6,6
	12/14/04	24	4,8	4	4,8	,7	2,2	5,7
	01/18/05	20	5,4	6	4,4	1,0	2,1	7,2
	02/16/05	27	4,8	7	4,9	1,0	2,7	6,9
	03/31/05	30	6,3	8	6,7	1,3	3,1	10,1
	04/14/05	30	6,8	7	5,9	1,2	3,0	5,8
	05/05/05	14	7,3	8	3,1	1,3	1,4	5,7
	06/02/05	25	4,6	7	7,2	1,0	3,3	7,5
	07/13/05	31	4,9	6	6,6	,9	1,2	7,0
	08/10/05	26	3,9	5	5,7	,8	1,1	8,2
	09/12/05	22	3,4	4	4,5	,8	2,1	5,3
	10/03/05	17	5,1	4	3,5	,7	1,8	4,8
	11/14/05	16	1,0	3	2,0	,9	1,6	2,9
12/01/05	24	,0	5	5,6	,7	2,3	9,9	
BLL	09/09/04	12	8,9	3	3,3	1,0	,8	2,5
	10/06/04	26	4,1	4	5,4	,9	1,9	4,2
	11/01/04	10	7,5	3	2,6	,9	,9	1,7
	12/14/04	28	4,0	4	5,9	,9	2,1	5,0
	01/20/05	21	4,1	5	4,8	1,0	1,9	5,0
	02/21/05	20	6,5	6	4,5	,8	2,0	4,6
	03/07/05	35	3,9	7	7,4	1,2	3,1	4,6
	04/04/05	36	4,6	7	7,9	1,4	3,5	5,5
	05/05/05	14	5,3	5	3,5	1,2	1,5	5,2
	06/08/05	22	9,5	6	5,4	1,1	,9	5,6
	07/06/05	31	2,5	7	7,2	1,1	1,2	4,1
	08/04/05	17	5,8	1	4,1	1,1	,7	6,2
	09/14/05	22	4,2	3	2,1	,8	1,0	4,9
	10/17/05	24	5,5	5	4,6	1,0	2,2	5,2
	11/17/05	23	5,5	5	3,4	,9	1,8	3,8
12/06/05	31	,0	5	6,5	,9	2,4	8,9	

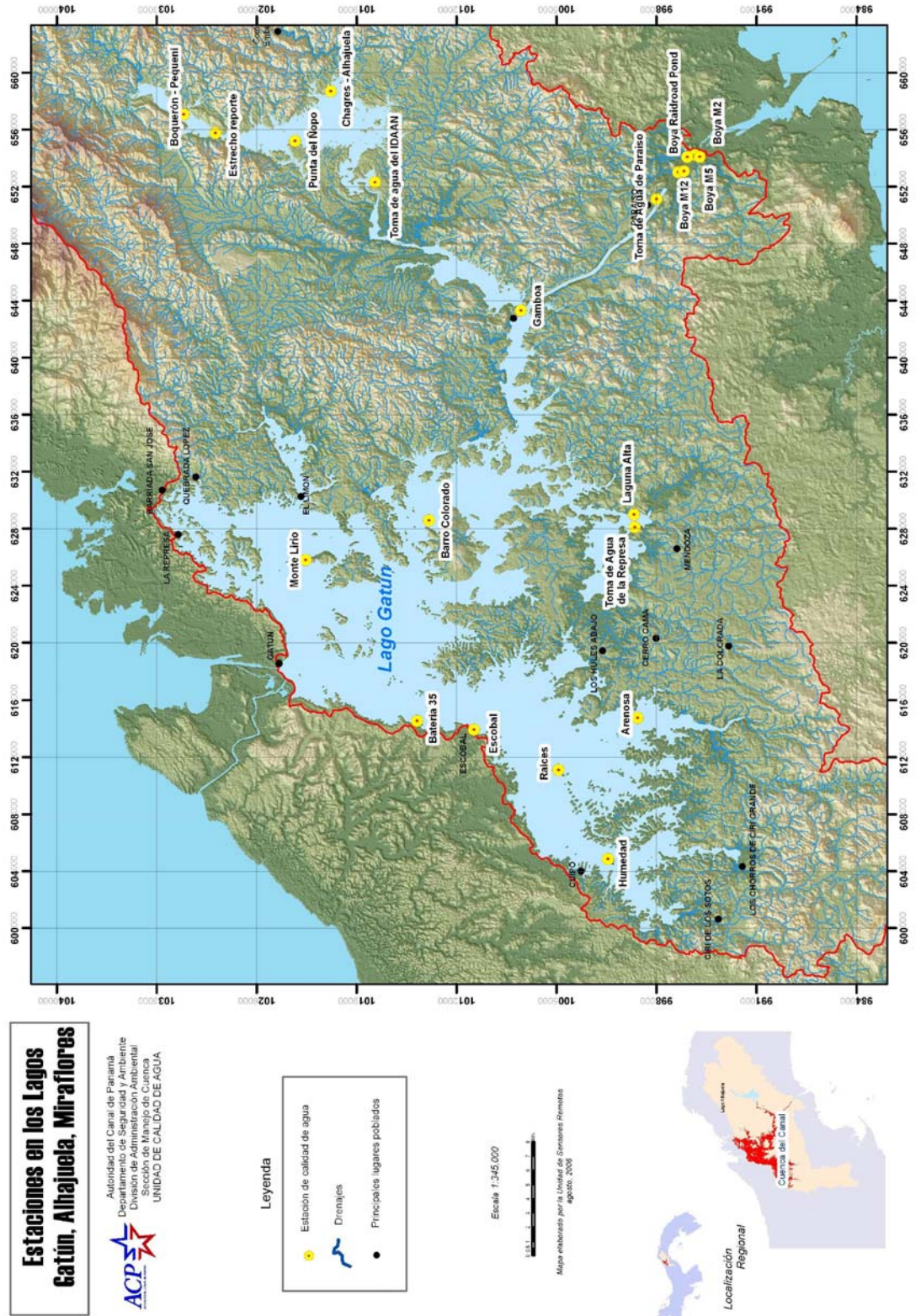
Tabla 5. Ríos ROCC: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estacion	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
CNA	09/09/04	9	10,1	3	2,4	,7	,9	2,0
	11/01/04	24	5,2	4	5,3	,8	1,9	3,3
	12/14/04	20	6,7	4	4,7	,6	1,7	4,5
	01/20/05	8	5,6	4	1,9	,6	1,1	3,8
	02/21/05	34	3,8	7	6,6	1,1	2,8	5,1
	03/07/05	29	6,2	6	6,1	,8	2,7	4,2
	04/04/05	28	8,1	7	7,7	1,0	2,8	6,5
	05/05/05	16	7,3	5	4,5	1,1	2,0	5,3
	06/08/05	20	4,6	6	5,1	,9	1,7	5,0
	07/06/05	21	4,5	5	6,0	,8	1,0	3,6
	08/04/05	16	6,6	4	4,6	,9	,8	5,3
	09/14/05	8	4,4	5	4,6	1,0	1,9	4,2
	10/17/05	12	20,1	4	3,3	,7	1,4	4,7
	11/17/05	17	4,2	3	3,0	,6	1,6	3,4
	12/06/05	26	2,7	5	6,4	,7	2,2	7,7
MAR	10/15/04	25	2,0	3	4,4	,5	2,3	3,6
	11/17/04	20	2,6	3	3,9	,4	2,1	5,5
	12/01/04	23	1,2	3	4,0	,4	2,2	4,8
	01/18/05	29	2,1	5	5,2	,6	3,0	5,2
	02/16/05	27	3,7	5	4,6	,7	3,0	4,7
	03/31/05	32	3,8	6	6,6	,9	4,0	5,7
	04/14/05	31	3,2	5	6,2	,8	3,7	3,4
	05/11/05	33	2,4	5	7,0	1,1	3,0	5,1
	06/02/05	32	,0	5	6,8	,8	1,7	6,0
	07/13/05	34	2,5	5	7,5	,7	1,7	5,2
	08/10/05	27	1,8	5	5,7	,6	1,4	s/d
	09/12/05	22	7,0	4	4,0	,6	2,4	4,8
	10/03/05	17	3,5	3	3,4	,5	2,0	4,7
	11/14/05	22	3,7	3	3,2	,6	2,4	3,7
	12/01/05	25	,0	4	5,5	,5	2,8	8,6

Tabla 5. Ríos ROCC: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estacion	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
SIL	10/06/04	15	10,4	5	4,4	,9	1,4	5,9
	11/17/04	23	5,9	6	4,8	,8	2,0	8,4
	12/01/04	23	5,5	6	4,8	,8	1,8	7,6
	01/18/05	20	7,9	8	4,7	1,0	2,0	8,7
	02/16/05	26	4,3	9	5,9	1,1	2,4	10,5
	03/31/05	26	3,1	10	6,9	1,4	2,9	12,1
	04/14/05	26	8,6	11	6,8	1,4	2,9	9,3
	05/11/05	26	9,1	10	6,3	1,1	3,0	10,3
	06/02/05	20	8,0	7	5,1	1,0	1,9	8,1
	07/13/05	26	7,1	9	6,8	1,0	1,2	8,0
	08/10/05	25	4,7	7	5,9	,9	1,1	s/d
	09/12/05	24	10,5	6	5,1	,9	2,2	7,6
	10/03/05	14	6,8	5	3,4	,8	1,4	5,4
	11/14/05	21	5,9	6	3,6	,7	2,0	5,4
12/01/05	23	1,6	7	7,0	,9	2,4	11,6	
THE	09/06/04	20	7,4	4	3,3	,8	1,4	4,3
	10/08/04	13	6,5	3	2,7	,8	1,2	3,2
	11/17/04	22	4,3	4	4,4	,7	1,9	6,0
	12/14/04	24	5,4	5	4,9	,7	2,1	5,5
	01/18/05	21	5,4	6	4,2	1,0	2,0	7,1
	02/16/05	28	7,1	6	5,1	1,0	2,6	6,9
	03/31/05	31	5,3	8	6,8	1,3	3,2	9,1
	04/14/05	28	6,8	8	6,4	1,3	3,1	5,5
	05/11/05	30	6,6	8	3,3	,8	1,7	7,1
	06/02/05	22	8,8	7	5,3	1,4	1,0	7,3
	07/13/05	29	5,5	8	7,5	1,0	1,3	6,0
	08/10/05	26	4,0	6	5,7	,8	1,1	s/d
	09/12/05	23	1,7	4	4,6	,8	2,1	5,3
10/03/05	16	5,3	4	3,5	,8	1,8	3,9	
11/14/05	17	6,9	3	2,8	,9	1,8	4,1	
12/01/05	24	,0	6	6,0	,8	2,4	9,2	

5. Lagos de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá



Panamá se consolida como puente terrestre hace unos 2.5 - 3 millones de años, separando un mar hasta entonces continuo. La construcción del Canal de Panamá conecta, a través de juegos de esclusas y lagos de agua dulce, los mares que con su unión fueron separados. Los lagos creados artificialmente reúnen condiciones que han permitido la colonización y adecuación de numerosas especies, tanto nativas provenientes de los ríos, así como exóticas producto de numerosas intervenciones humanas (con fines alimentarios, comerciales, deportivos, de control de malezas acuáticas, o de forma accidental). Las poblaciones humanas se asientan en los territorios cuyas aguas fluyen hacia estos lagos, los utilizan con diferentes propósitos (abastecimiento, recreación, pesca, navegación, industrial, agrícola, comercial, etc.).

El lago Alhajuela se ubica en el tramo medio de la cuenca del río Chagres. La represa Madden, que dio origen a su formación, se construyó entre 1932 y 1935. El área superficial del lago Alhajuela es de 50,2 Km² a una elevación de 76,81 msnm. El almacenamiento útil disponible es de 651 millones de metros cúbicos, entre elevaciones de 57,91 y 76,81 m. En el lago Alhajuela se encuentra la toma de agua de la planta potabilizadora de Chilibre. El almacenaje de agua por debajo de los 57,91 m está reservado para garantizar el consumo de agua de las comunidades cubiertas por la red de distribución de esta planta. La relación de capacidad entre el lago Gatún y el Alhajuela es de aproximadamente 10:1 (Vargas, s/a). Esto significa que, un cambio de elevación en el lago Alhajuela de 0,305 m representa 0,030 en el lago Gatún.

La calidad de agua del lago Alhajuela es adecuada para el abastecimiento humano con tratamiento previo, uso recreativo con contacto directo e indirecto y soporte de la vida acuática. Del número total de muestras, un porcentaje muy bajo presentó concentraciones de alguno de los parámetros que no cumplen con los valores guías (oxígeno disuelto: 0,63 por ciento, nitratos: 1,26 por ciento, fosfatos: 3,14 por ciento). En el caso de *E. coli*: 5,66 por ciento excede los 200

NMP/100ml; 1,89 por ciento excede los 1000 NMP/100 ml; y 1,26 por ciento excede los 2000 NMP/100ml. Las concentraciones de *E. coli* que sobrepasan los valores guías recomendados se presentaron únicamente en la estación BOP (confluencia, en el lago, de los ríos Boquerón y Pequení). El resto de los parámetros incluyen las otras estaciones.

El lago Gatún tiene una cuenca hidrográfica de 3337 km² con una superficie del espejo de agua de 436 km², cuando la elevación del lago es de 26,7m. La cantidad de agua útil estimada es de 766 millones de m³. El lago es utilizado para diversos propósitos que incluyen: fuente de agua cruda para abastecimiento humano, tránsito de barcos, generación de energía eléctrica, recreación, turismo, pesca y otros. Es un ecosistema de agua dulce, que en la actualidad tiene como principales amenazas la contaminación puntual asociada a asentamientos humanos y actividades productivas. Hasta el momento, el lago mantiene una excelente capacidad de autodepuración.

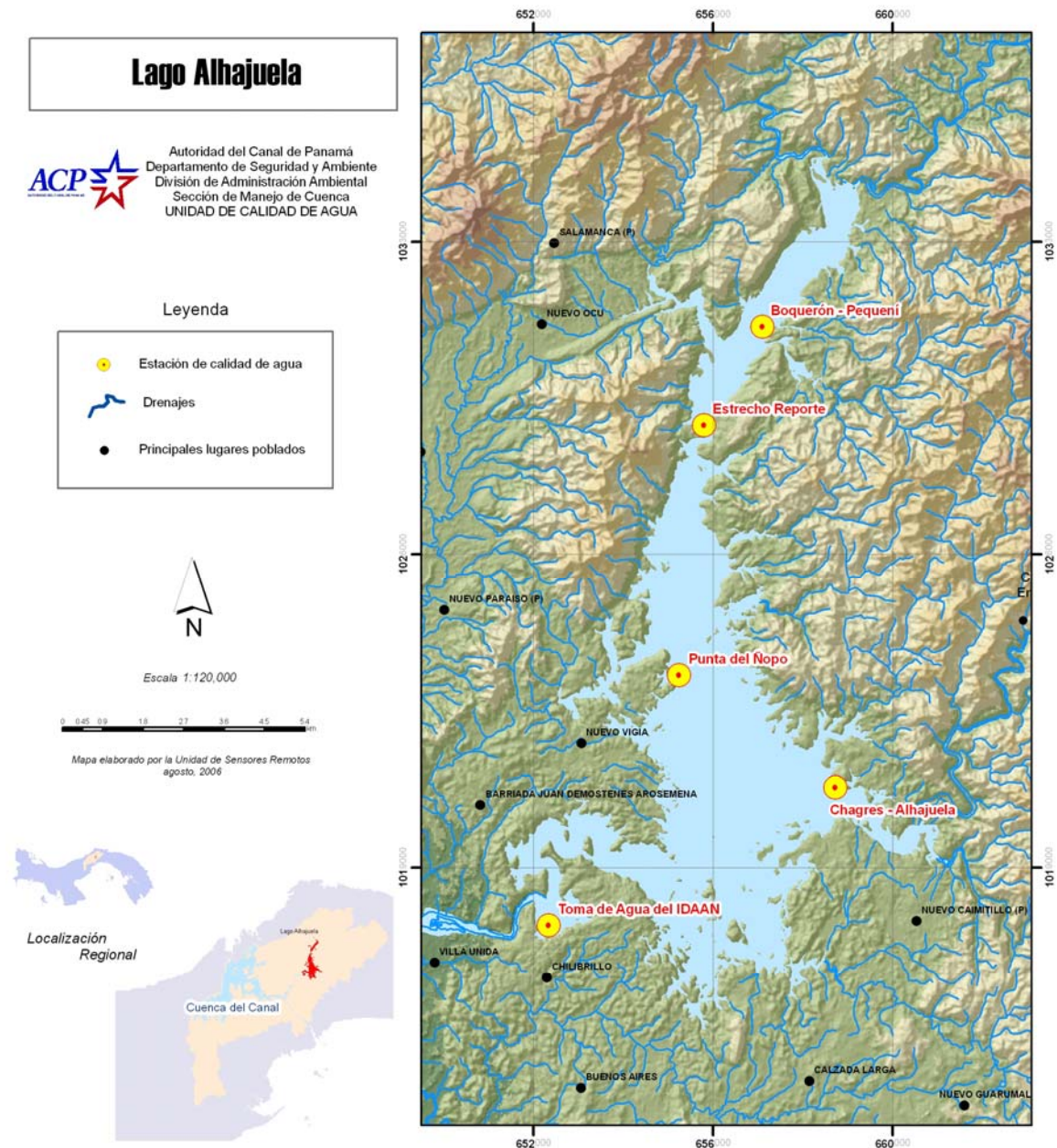
La calidad de agua del lago Gatún es adecuada el abastecimiento humano, recreativo con contacto directo/indirecto y soporte de la vida acuática. Presenta un porcentaje muy bajo de muestras que no cumplen con los valores guías (oxígeno disuelto: 3,76 por ciento, nitratos: 1,25 por ciento, fosfatos: 2,82 por ciento). En el caso de los coliformes fecales (*E. coli*): 3,13 por ciento excede los 200 NMP/100ml; 0,31 por ciento excede los 1000 NMP/100 ml; y ninguna de las muestras excede los 2000 NMP/100ml.

El lago Miraflores, formado al represar las aguas del río Grande, tiene una cuenca hidrográfica de 96,8 km² con una superficie del espejo de agua de 4 km² cuando la elevación del lago está a 16,5m. El almacenaje de agua disponible equivale a 2,46 millones de metros cúbicos (650 millones de galones). El espejo de agua del lago Miraflores tiene una elevación de 16m sobre el nivel medio del océano Pacífico y 10m por debajo del nivel medio del lago Gatún. En agosto de 1913 se decidió comenzar la construcción de la toma de agua para la

potabilizadora de Miraflores en Cocolí, donde estaría el lago Miraflores. Para enero de 1914 los operadores de la planta termoeléctrica de Miraflores se percataron de los depósitos significativos de sales en las tuberías de los intercambiadores de calor, y se tomó la decisión de reubicar la toma de agua en Gamboa, al extremo norte del Corte Gaillard (Corte Culebra). Para octubre de 1914 se tomaron medidas de salinidad en el lago Miraflores; las capas inferiores del lago mostraron salinidades de 1 hasta 3 partes por mil, mientras que no se encontraron efectos notables de salinidad en el Lago Gatún. Es posible avanzar la hipótesis de un aumento en la salinidad del lago Miraflores producto de una condición natural, de adyacente a un área pantanosa con un suelo permeado con sal producto de los períodos regulares de oleajes.

Este lago es un lago artificial de agua salobre más que un ecosistema de agua dulce. Estudios realizados consideran aplicable a este lago estándares de calidad de agua para conservar la integridad biológica en ecosistemas marinos y salobres, por lo que los valores encontrados para los diferentes parámetros analizados no son comparables con los valores guías de referencia utilizados en este informe. El lago Miraflores no es utilizado como fuente de agua para ser potabilizada; se utiliza como fuente de agua cruda para el enfriamiento de las unidades termoeléctricas de la planta de Miraflores, y es parte integral del sistema operativo del Canal de Panamá.

5.1. Lago Alhajuela



5.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura promedio de las aguas superficiales oscila entre 27,0 y 29,3°C y en el fondo entre 25,7 y 27,7°C, con una diferencia entre superficie y fondo de hasta 4°C en la estación Chagres-Alhajuela (DCH), durante algunos meses de la

estación lluviosa (2003, 2004 y 2005). La mediana en superficie, en todas las estaciones, está por encima de 27°C y es similar en DCH, Estrecho Reporte (ERP) y Punta del Ñopo (PNP), a excepción de la estación Boquerón-Pequení (BOP), donde es menor. En la estación Toma de Agua del IDAAN (TAG) es ligeramente superior a las otras estaciones (figura 75). Se encontró un valor atípico bajo en julio de 2004 en la estación Chagres-Alhajuela (DCH).

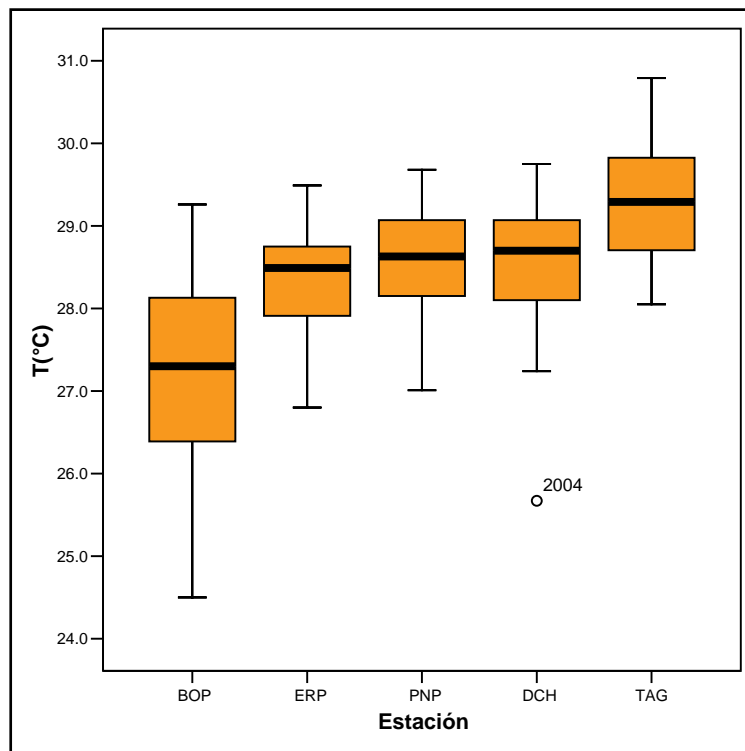


Figura 75. Diagrama de caja de los valores de temperatura (lago Alhajuela, 2003-2005; superficie).

En términos generales todas las estaciones del lago presentan buenos niveles de oxígeno disuelto en la superficie (figura 76). Los valores promedio se encuentran entre 7,22 mg/l en la estación BOP-2004 y 8,30 mg/l en la estación TAG-2004. En el fondo, oscilan entre 2,91 mg/l (TAG-2005) y 7,01 mg/l en la estación DCH-2004. El valor mínimo de 4,75 mg/l en superficie se registró en la estación DCH-2003. En el fondo, el valor mínimo es de 0,15 mg/l en la estación PNP-2005, a 11,9 m de profundidad. En esta estación se han registrado

fluctuaciones importantes en los valores de oxígeno disuelto a través de todo el período. El lago recibe las aguas de los ríos Pequení, Boquerón y Chagres, los cuales adicionan nutrientes y materia orgánica, principalmente los ríos Boquerón y Pequení. Esto se corresponde con las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en los sitios de muestreo de fondo de las áreas por donde pasa el lecho de estos ríos.

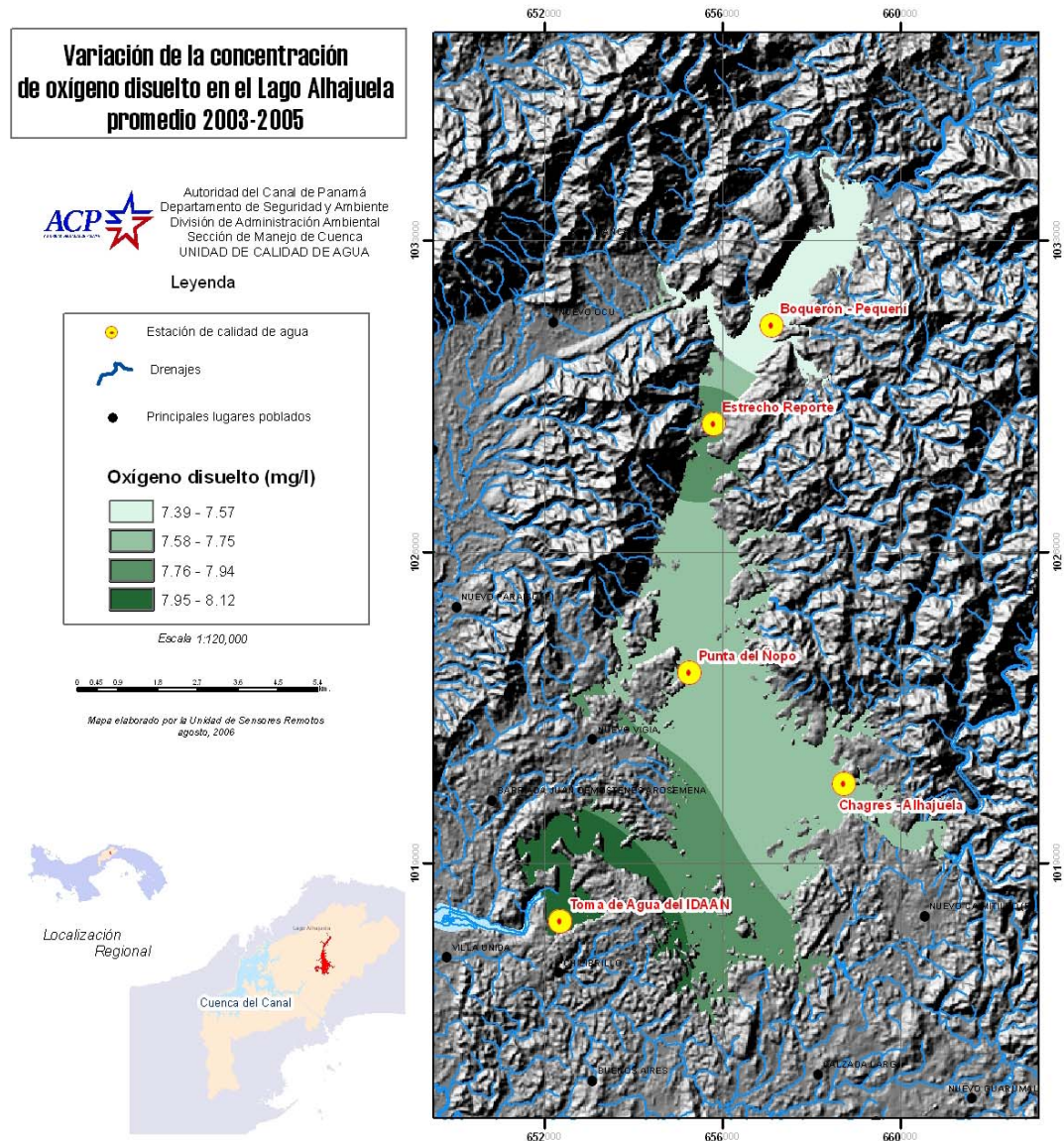


Figura 76. Variación de la concentración de oxígeno disuelto en superficie. Lago Alhajuela, promedio 2003-2005.

Todos los valores en superficie están por encima de 7 mg/l, encontrándose un valor extremo por debajo de éste en TAG-2005 y un valor extremo en DCH-2003 ,por debajo del valor guía recomendado para conservar la vida acuática. En los tres años de muestreo se reportan valores atípicos altos y bajos en todas las estaciones excepto en ERP.

Se observa similitud en la mediana de oxígeno disuelto en las estaciones DCH, ERP y PNP (figura 77). La mediana está ligeramente por debajo en la estación BOP, y en TAG está ligeramente por encima de las otras estaciones.

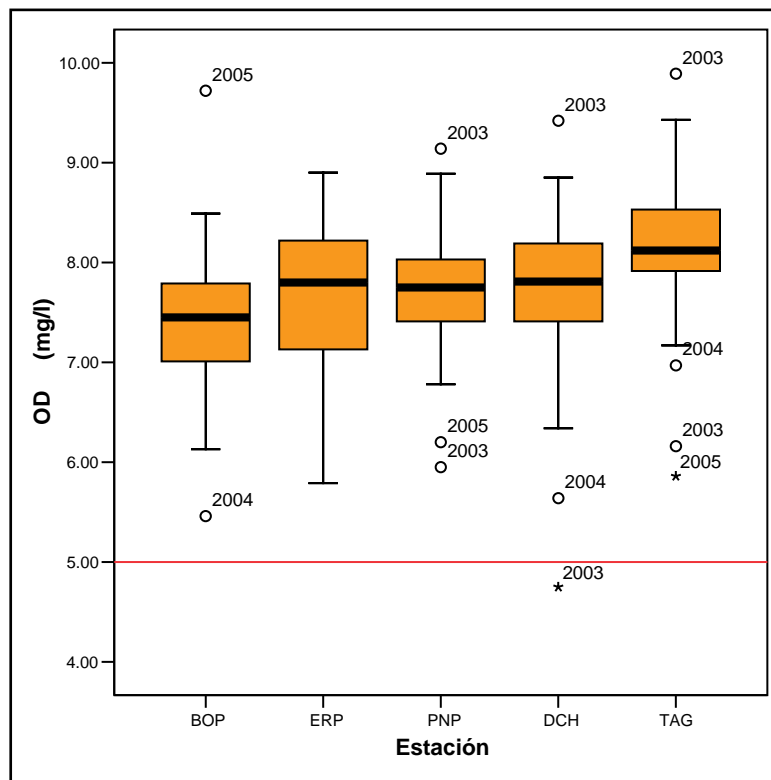


Figura 77. Diagrama de caja de las concentraciones de oxígeno disuelto (lago Alhajueta, 2003-2005; superficie).

5.1.2. Nitratos

La concentración promedio registrada en el lago Alhajuela, en la superficie, se encuentra entre 0,003 mg/l en la estación TAG-2005 y 0,113 mg/l en la estación BOP-2003. El valor máximo en la superficie es de 0,533 mg/l en la estación BOP-2003 (figura 78). En el fondo los valores promedio se encuentran entre 0,026 mg/l en la estación DCH -2003 y 0,1625 mg/l en la estación TAG-2005 El

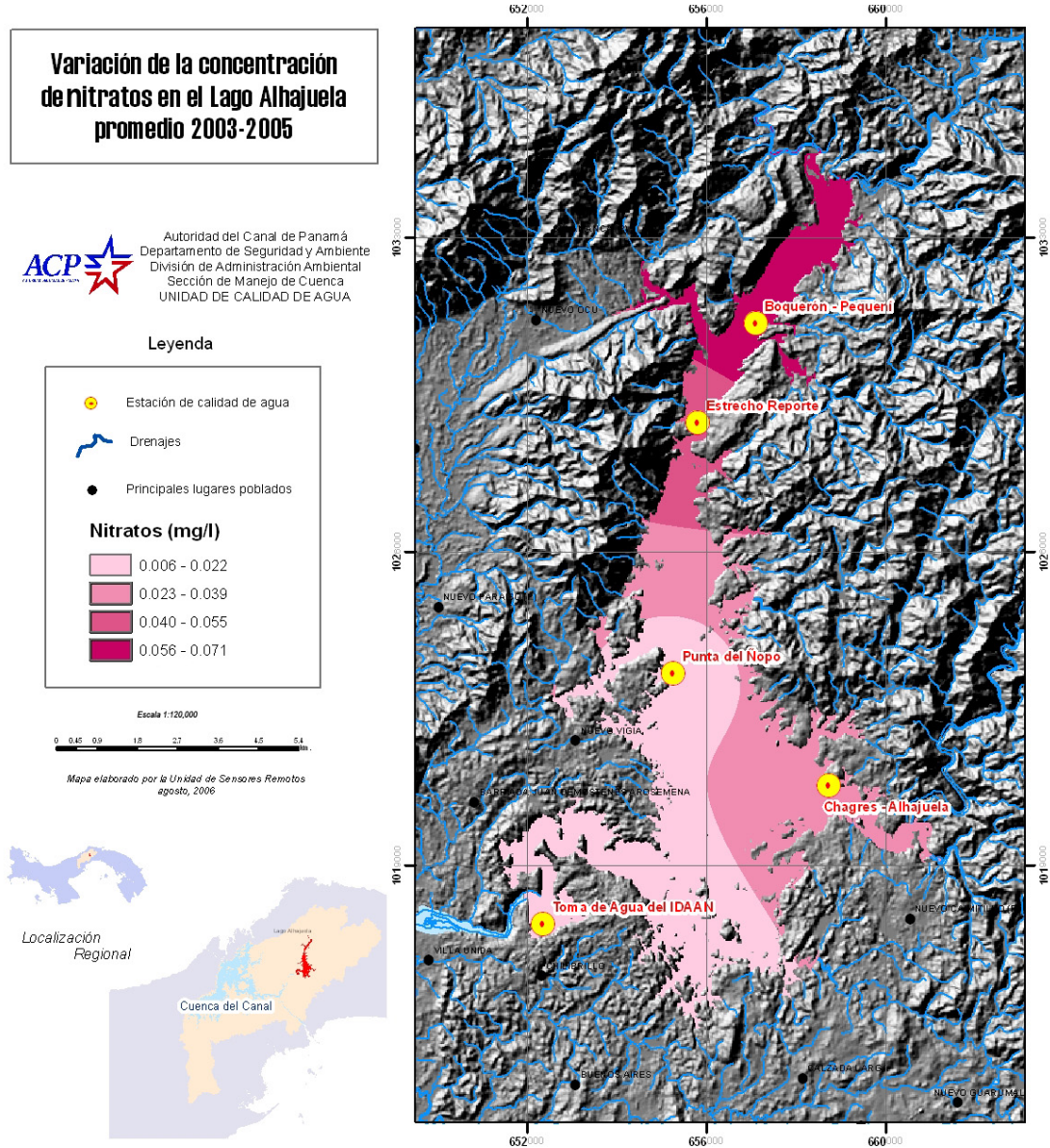


Figura 78. Variación de la concentración de nitratos en superficie. Lago Alhajuela, promedio 2003-2005.

valor máximo es de 0,494 mg/l en la estación BOP-2003.

Todos los valores se encuentran por debajo del valor guía recomendado (0,3 mg/l); sin embargo, hay dos valores extremos por encima de este valor en las estaciones ERP-2003 y BOP-2003. En las estaciones ERP, PNP y TAG se encuentran valores atípicos. La mediana de nitratos es similar en todas las estaciones, presentándose hacia valores bajos (figura 79). En la estación BOP es notoria una mayor variabilidad de los datos seguido de ERP y DCH. En TAG y PNP los valores son prácticamente iguales.

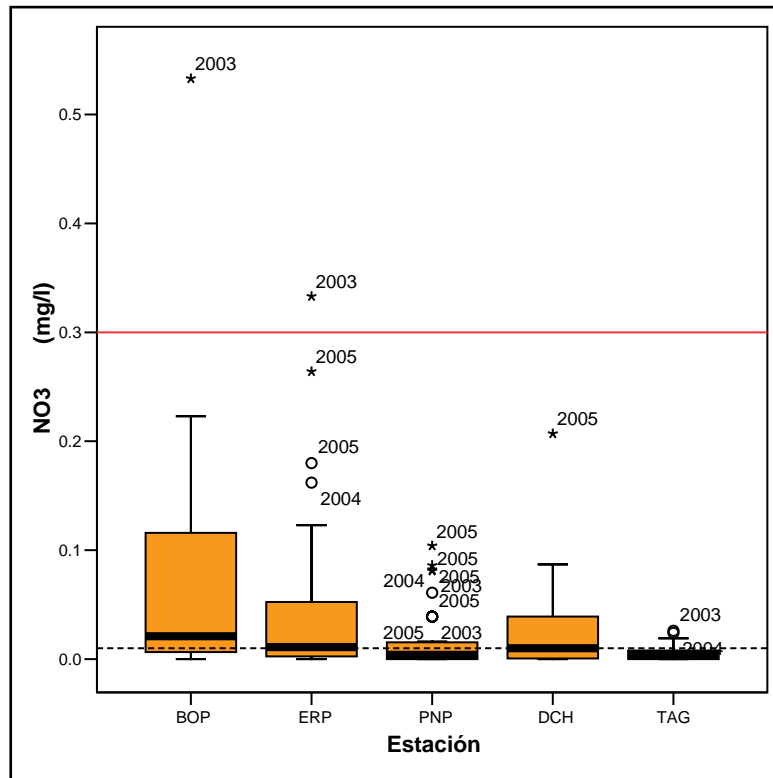


Figura 79. Diagrama de caja de las concentraciones de los nitratos- (lago Alhajuela, 2003-2005; superficie).

5.1.3. Fosfatos

La concentración promedio en superficie se encuentra entre 0,004 mg/l (estación DCH-2004) y 0,016 mg/l (estación PNP-2003); el valor máximo registrado es de 0,068 mg/l en la estación PNP-2003 (figura 80). En el fondo, los valores

promedio van desde 0,005 mg/l (DCH -2004) hasta 0,016 mg/l (estación BOP-2003); el valor máximo registrado es de 0,061 mg/l en la estación TAG-2004.

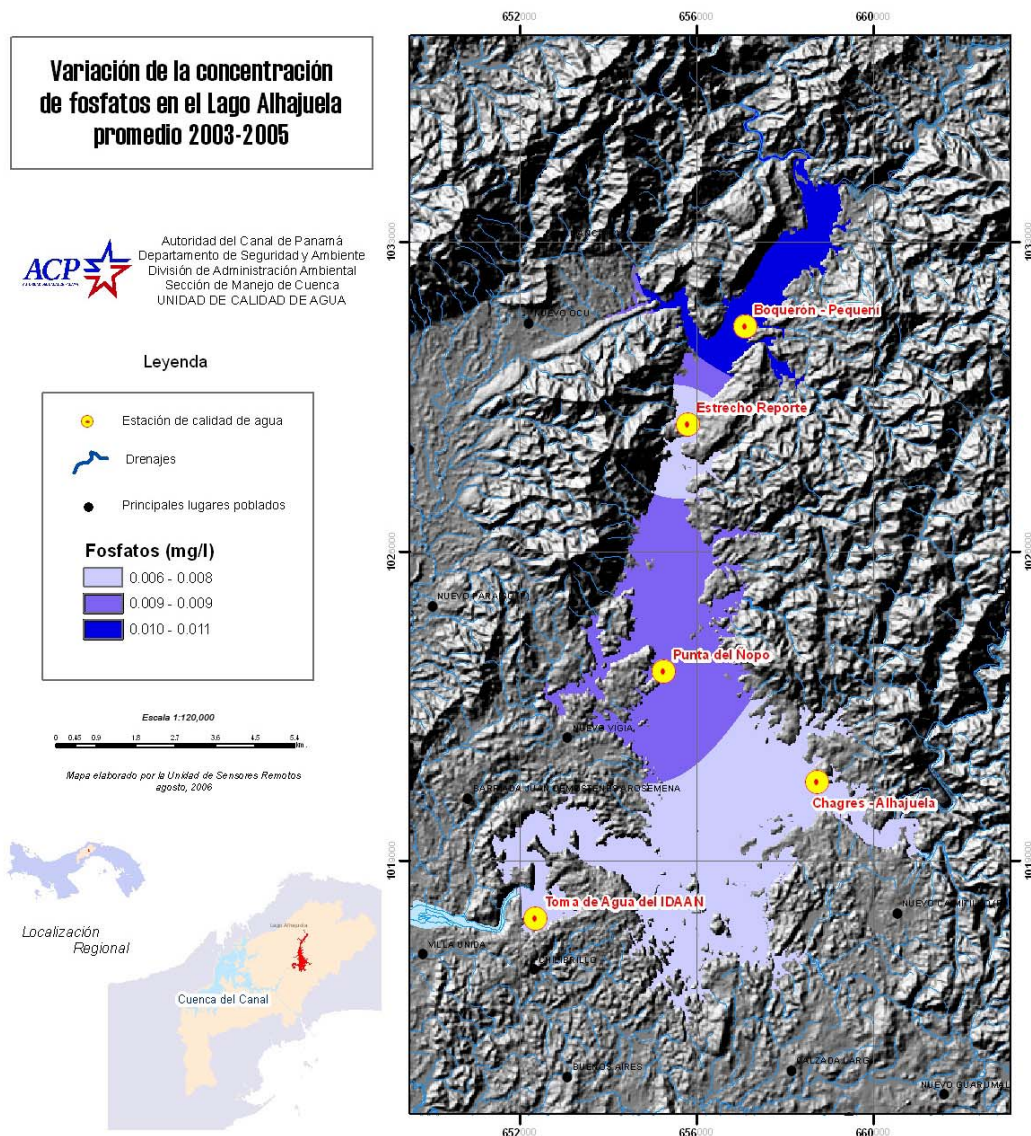


Figura 80. Variación de la concentración de fosfatos en superficie. Lago Alhajuela, promedio 2003-2005.

La mediana de fosfatos es similar en todas las estaciones, excepto en BOP donde está ligeramente por encima de las otras estaciones (figura 81). Todos los valores se encuentran por debajo del límite de detección del método (0,020 mg/l) y por debajo del valor guía recomendado (0,025 mg/l). Los valores atípicos

se reportan en el año 2003; uno de ellos supera el valor guía recomendado. Se registró un valor extremo en la estación ERP-2005 y cuatro en las estaciones ERP, PNP, DCH en el 2003 que sobrepasan el valor guía recomendado.

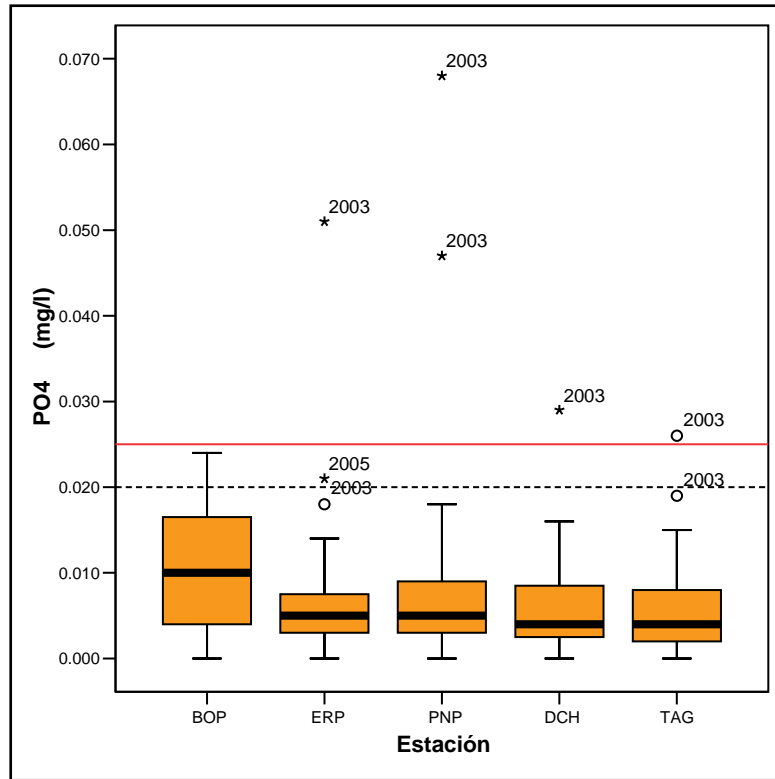


Figura 81. Diagrama de caja de las concentraciones de los fosfatos (lago Alhajuela, 2003-2005; superficie).

5.1.4. *Escherichia coli*)

La concentración promedio registrada en superficie se encuentra entre 5 NMP/100ml, en las estaciones PNP-2005 y TAG-2003, y 2.753 NMP/100ml en la estación BOP-2004 (figura 82). En el fondo los valores promedio se encuentran entre 7 NMP/100ml, estación TAG-2003, y 428 NMP/100ml, estación BOP-2003. El valor máximo en superficie de 29063 NMP/100ml se registró en la estación Boquerón - Pequení-2004, y en el fondo el valor máximo de 1.705 NMP/100ml se registró en la estación BOP-2003. El valor mínimo encontrado en superficie y fondo es de 5 NMP/100ml en todas las estaciones

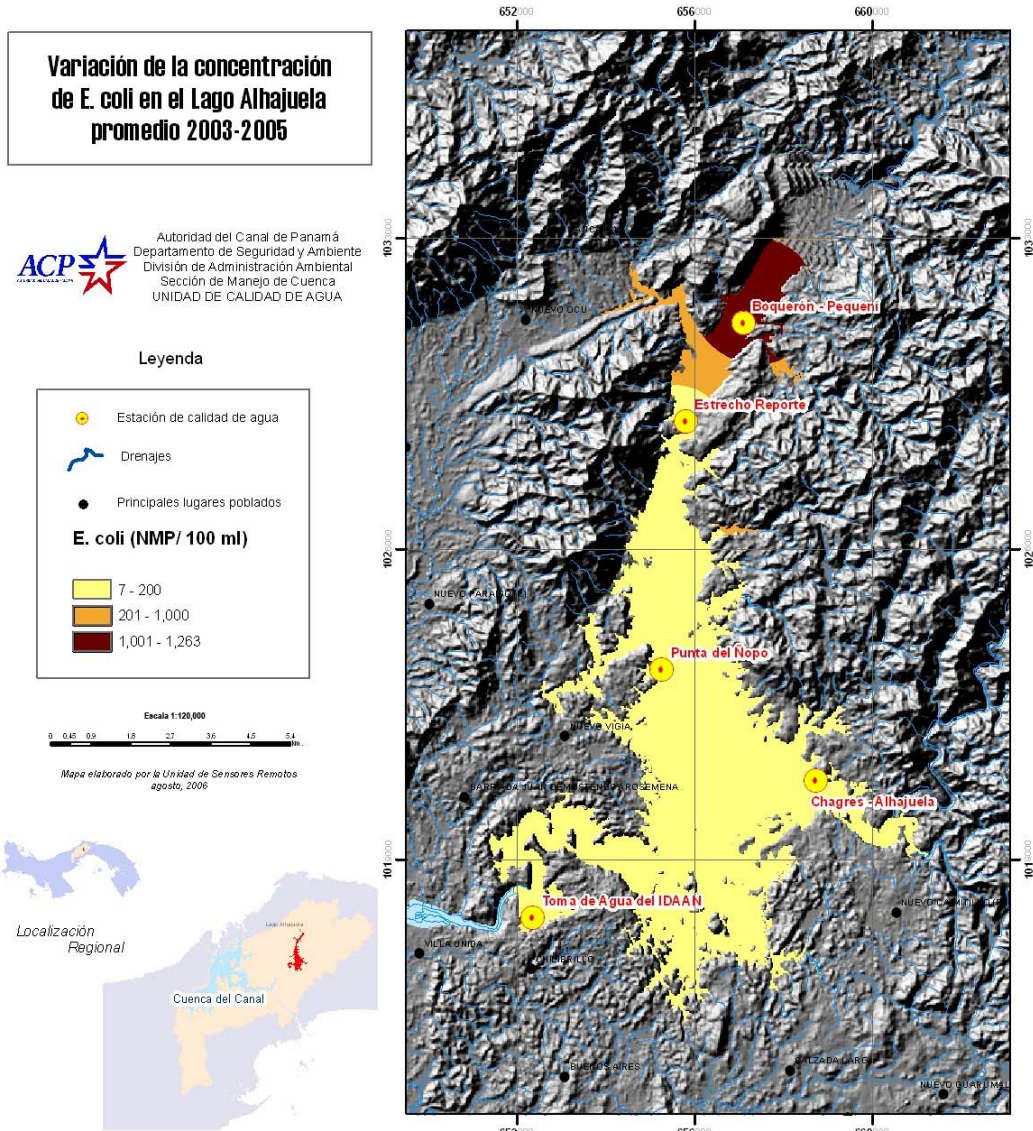


Figura 82. Variación de la concentración de *E. coli*. Lago Alhajuela, promedio 2003-2005.

La mediana de *E. coli* se encuentra por debajo de 100 NMP/100ml en todas las estaciones (figura 83). Se observa similitud en la mediana en todas las estaciones excepto en la estación BOP donde la mediana es superior y es notable la variabilidad en los datos. Se registran valores atípicos altos en el 2003 y 2005 en las estaciones ERP y DCH y siete valores extremos en PNP,

DCH y TAG en los tres años. En la estación BOP, aproximadamente, el 27 por ciento de los valores sobrepasa el valor guía recomendado para uso recreacional de contacto directo (200 NMP/100ml), uso recreacional de contacto secundario (1000 NMP/100ml) y uso de abastecimiento de agua previo tratamiento para consumo (2000 NMP/100ml).

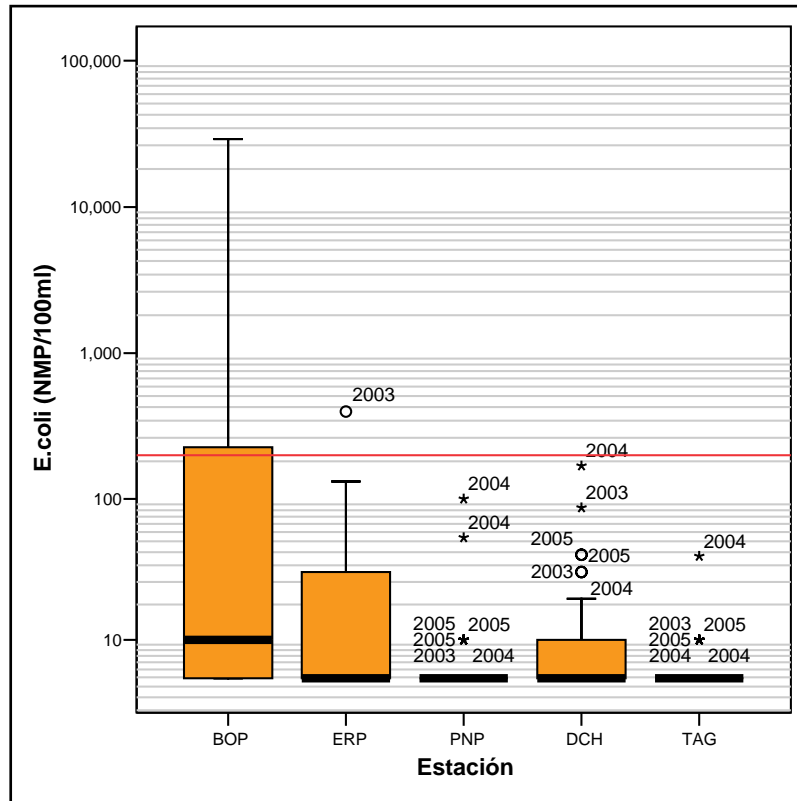


Figura 83. Diagrama de caja de las concentraciones de *E. coli* (lago Alhajuela, 2003-2005; superficie).

5.1.5. Índice de Calidad de Agua

Se evaluó un total de 168 muestras colectadas en la superficie del lago. Las concentraciones promedio para todo el período califican el agua como buena (figura 84); no obstante, el cálculo del Índice de Calidad del Agua para cada muestra indica que el 62 por ciento de las muestras califica como buena, y el 38 por ciento de excelente. De acuerdo con los valores del índice calculado las

aguas del lago son aptas para los siguientes usos: abastecimiento público; recreativo; conservación de la vida acuática.

Lago Alhajuela Índice de Calidad de Agua (ICA)



Autoridad del Canal de Panamá
Departamento de Seguridad y Ambiente
División de Administración Ambiental
Sección de Manejo de Cuenca
UNIDAD DE CALIDAD DE AGUA

Leyenda

- Estación de calidad de agua
- Drenajes

Índice de Calidad de Agua

- 91 - 100 Excelente
- 71 - 91 Bueno
- 51 - 71 Medio
- 26 - 51 Malo
- 0 - 26 Muy Malo



Escala 1:120,000

0 0.75 1.5 2.25 3 3.75 4.5 km

Mapa elaborado por la Unidad de Sensores Remotos
agosto, 2006

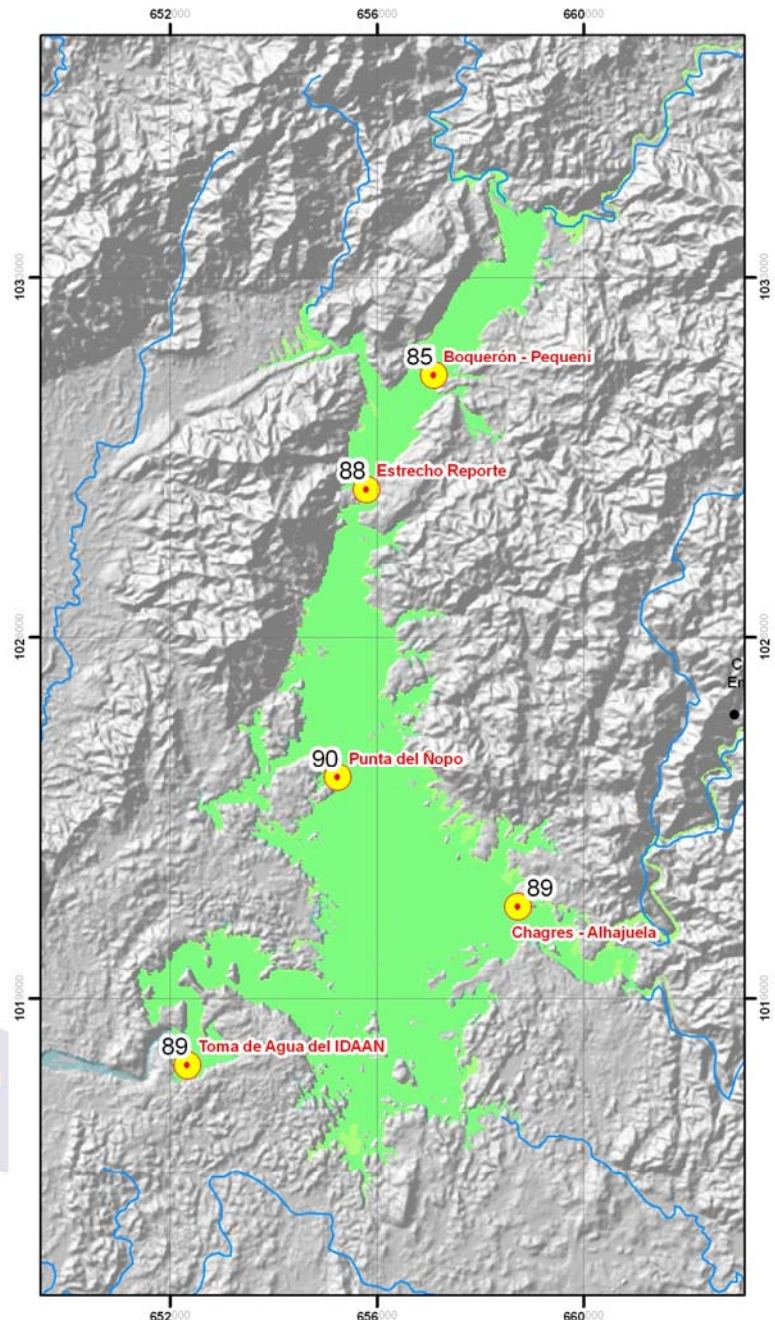


Figura 84. Índice de Calidad de Agua. Lago Alhajuela, promedio 2003-2005.

5.1.6. Clasificación de las aguas según las concentraciones de iones principales

El triángulo de los cationes muestra que el calcio es el catión dominante (mayor que 60 por ciento) en los 5 sitios de muestreo. El triángulo de los aniones muestra que el bicarbonato es el anión dominante (aproximadamente 80 por ciento) en todas las muestras (figura 85). El análisis de los tres diagramas permitió constatar que las muestras se sitúan en la característica cálcico bicarbonatada.

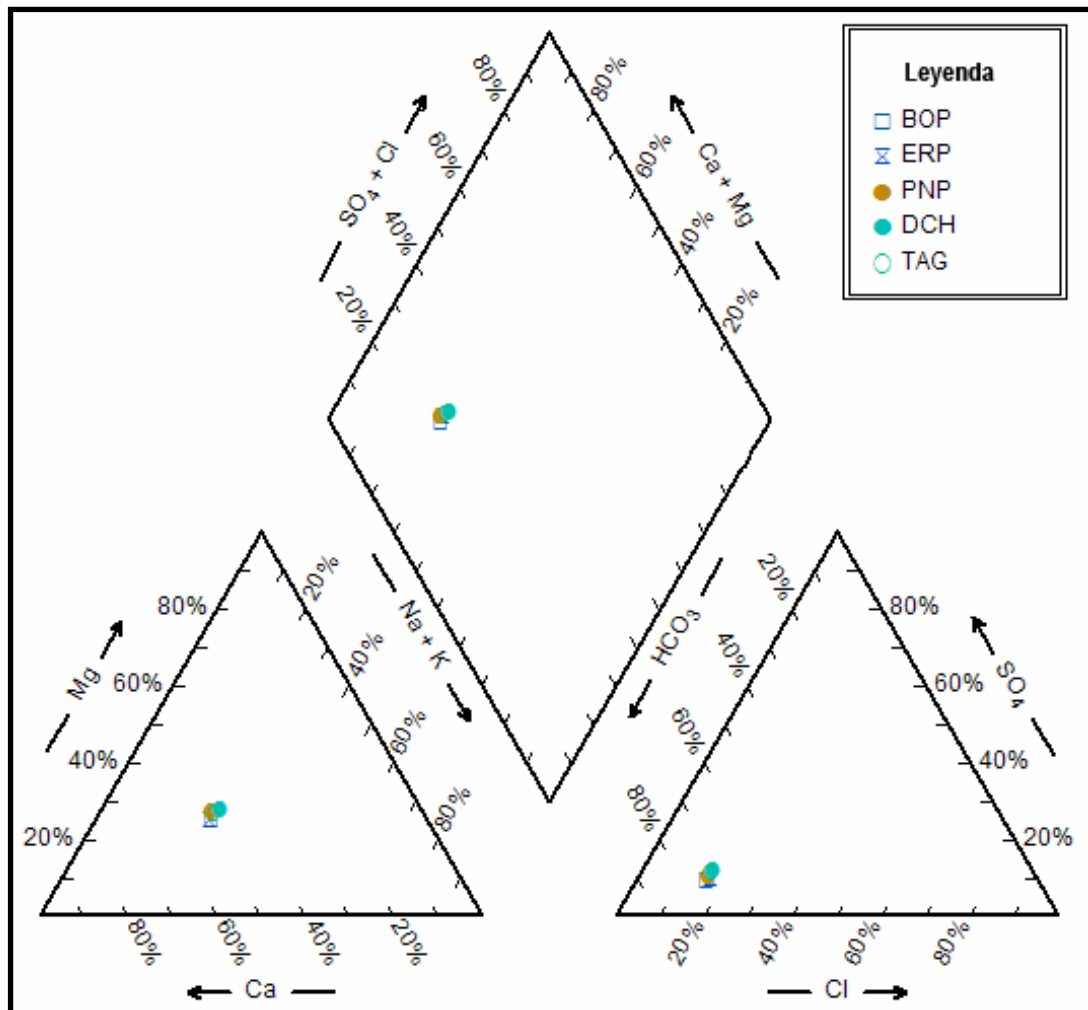


Figura 85. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas del lago Alhajuela (2003-2005; superficie).

Tabla 6. Lago Ahajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)		
BOP	F	09/15/04	54	6,2	6,6	11,9	,74	3,9	6,7		
		11/11/04	39	4,2	6,4	8,6	,66	3,4	4,3		
		12/09/04	44	5,5	7,0	9,9	,69	3,7	6,5		
		01/11/05	50	4,9	7,4	11,3	,72	4,1	6,3		
		02/15/05	57	5,6	7,8	14,2	,68	4,9	6,9		
		03/08/05	58	3,1	8,4	14,9	,77	4,7	6,6		
		08/09/05	34	5,7	7,2	8,7	,77	3,3	8,7		
		10/11/05	52	8,3	7,2	13,6	,73	4,0	6,7		
		11/14/05	50	12,3	6,8	8,6	,69	3,8	6,4		
		12/13/05	54	4,2	7,4	13,3	,74	3,8	6,8		
		S	S	09/15/04	53	4,7	6,8	11,8	,71	3,9	7,0
				10/12/04	53	5,8	6,6	12,3	,64	3,9	s/d
11/11/04	53			6,8	6,2	13,7	,74	3,9	4,7		
12/09/04	45			4,8	6,8	10,9	,70	3,8	6,5		
01/11/05	51			4,1	7,4	10,8	,72	4,0	6,0		
02/15/05	58			3,8	8,6	14,5	,66	4,6	6,6		
03/08/05	58			2,9	8,4	14,7	,77	4,7	6,6		
04/12/05	49			4,9	8,2	11,5	,83	3,4	6,0		
05/10/05	49			6,0	9,0	10,5	,78	3,4	5,5		
06/07/05	61			5,1	8,6	14,8	,73	4,5	8,1		
07/12/05	70			5,0	8,6	16,9	,77	4,6	7,1		
08/09/05	40			4,6	7,0	8,8	,78	3,3	8,8		
09/22/05	49			3,9	6,2	12,6	,69	3,8	7,7		
10/11/05	53			8,5	7,2	13,6	,71	4,0	6,5		
11/14/05	55			6,9	6,8	9,4	,71	4,0	6,6		
12/13/05	53	3,9	6,6	13,2	,74	3,7	6,8				
DCH	F	09/15/04	48	5,7	6,2	10,5	,52	3,7	5,6		
		10/12/04	47	5,4	6,4	11,2	,52	3,9	5,1		
		11/11/04	36	4,5	6,0	6,1	,46	3,8	3,8		
		12/09/04	35	3,5	6,8	5,9	,43	3,5	6,7		
		01/11/05	41	3,5	6,4	7,5	,52	3,4	5,8		
		02/15/05	43	3,4	6,6	9,9	,56	3,8	5,2		
		03/08/05	43	3,3	7,2	7,9	,48	3,9	5,5		
		04/12/05	44	4,3	6,6	8,9	,59	3,7	5,8		
		08/09/05	22	8,3	5,6	4,1	,45	2,5	6,3		
		09/22/05	41	2,4	6,4	8,9	,48	3,8	5,1		
		10/11/05	36	10,4	6,4	7,0	,46	3,6	6,3		
		11/14/05	30	8,3	5,6	6,6	,39	3,2	8,2		
12/13/05	42	8,3	5,6	9,2	,50	3,5	7,5				

Tabla 6. Lago Alhajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
DCH	S	09/15/04	49	4,8	6,2	11,0	,51	3,8	5,6
		10/12/04	49	5,8	6,8	11,2	,52	4,0	5,0
		11/11/04	50	6,2	6,2	11,3	,63	3,5	4,5
		12/09/04	48	5,5	5,8	11,5	,62	3,8	5,3
		01/11/05	45	3,8	6,4	9,0	,59	3,6	5,3
		02/15/05	45	4,0	6,2	10,2	,64	3,7	5,1
		03/08/05	45	2,6	6,4	7,8	,60	3,7	5,1
		04/12/05	48	4,3	7,4	10,3	,61	3,8	5,8
		05/10/05	40	6,3	7,2	8,8	,61	3,8	4,9
		06/07/05	43	3,7	7,2	9,3	,53	4,0	7,2
		07/12/05	48	5,9	7,6	10,5	,56	4,0	6,0
		08/09/05	24	8,0	5,6	4,8	,46	2,6	6,6
		09/22/05	43	3,5	5,4	11,0	,55	3,5	5,3
		10/11/05	47	11,7	6,4	13,0	,64	4,0	6,6
		11/14/05	47	14,2	5,8	6,6	,59	3,6	7,7
12/13/05	51	4,2	6,2	12,8	,64	3,5	7,4		
ERP	F	09/15/04	55	7,2	7,0	12,1	,70	4,2	6,4
		10/12/04	55	6,3	8,4	12,5	,62	4,0	s/d
		11/11/04	37	5,4	4,8	8,4	,72	2,9	2,7
		12/09/04	37	4,5	6,0	8,2	,65	3,1	5,5
		01/11/05	51	4,9	7,4	10,5	,66	4,0	6,6
		02/15/05	49	4,3	7,0	12,4	,65	4,1	5,6
		03/08/05	55	3,0	7,4	14,2	,72	4,2	6,6
		04/12/05	37	5,9	6,0	8,9	,80	4,1	6,5
		05/10/05	52	6,0	8,2	12,9	,83	2,8	5,3
		06/07/05	59	5,4	8,0	14,9	,73	4,4	7,8
		07/12/05	61	9,0	7,0	15,5	1,06	4,4	8,2
		08/09/05	26	8,2	5,8	6,4	,71	2,0	7,5
		09/22/05	60	3,3	6,8	14,5	,76	4,4	6,9
		10/11/05	54	9,2	8,0	15,2	,80	4,4	6,5
		11/14/05	47	14,7	6,6	10,6	,75	3,6	7,6
12/13/05	57	2,5	6,0	14,6	,76	4,1	9,1		

Tabla 6. Lago Ahajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
ERP	S	09/15/04	50	5,4	6,2	10,6	,56	3,7	6,0
		10/12/04	53	5,6	6,4	11,8	,57	3,9	s/d
		11/11/04	54	5,0	6,0	13,1	,69	3,8	4,7
		12/09/04	48	4,0	7,0	10,9	,69	3,9	6,3
		01/11/05	52	3,8	7,2	10,9	,72	4,0	7,1
		02/15/05	53	3,5	7,0	13,5	,60	4,4	6,4
		03/08/05	57	3,3	7,6	14,5	,73	4,6	6,2
		04/12/05	37	6,6	6,4	8,9	,80	3,2	6,3
		05/10/05	48	6,2	9,4	12,9	,86	2,8	5,4
		06/07/05	58	7,2	8,0	14,3	,72	4,3	7,8
		07/12/05	61	6,8	7,6	15,2	,78	3,7	7,4
		08/09/05	26	7,3	5,8	6,5	,69	2,0	7,6
		09/22/05	49	3,5	6,4	12,1	,65	3,7	7,0
		10/11/05	50	9,2	6,8	13,0	,68	3,8	6,0
		11/14/05	52	6,2	6,6	10,2	,64	4,0	7,2
12/13/05	53	2,1	6,6	13,1	,72	3,6	8,1		
PNP	F	09/15/04	52	6,2	6,4	12,7	,58	3,9	5,7
		10/12/04	49	6,7	7,2	11,1	,65	4,0	5,7
		11/11/04	47	5,0	6,8	10,7	,63	4,2	4,3
		12/09/04	42	4,8	6,0	9,1	,56	3,7	5,5
		01/11/05	39	3,7	5,6	8,6	,59	4,1	5,2
		02/15/05	46	4,6	7,4	11,1	,63	3,8	5,4
		03/08/05	48	3,6	7,4	9,9	,66	3,8	5,4
		04/12/05	49	4,9	7,4	10,6	,65	3,9	5,7
		05/10/05	44	5,9	7,4	9,7	,65	4,0	4,9
		06/07/05	46	5,4	7,4	10,8	,57	3,9	7,3
		07/12/05	49	7,5	7,6	11,1	,64	4,1	6,4
		08/09/05	48	14,6	7,4	12,1	,62	4,2	7,9
		09/22/05	49	2,3	6,4	11,9	,65	3,9	5,9
		10/11/05	48	8,3	7,0	14,0	,65	4,0	6,3
		11/14/05	50	5,8	6,8	7,6	,69	4,0	6,8
12/13/05	46	10,0	6,6	11,0	,59	3,5	7,7		

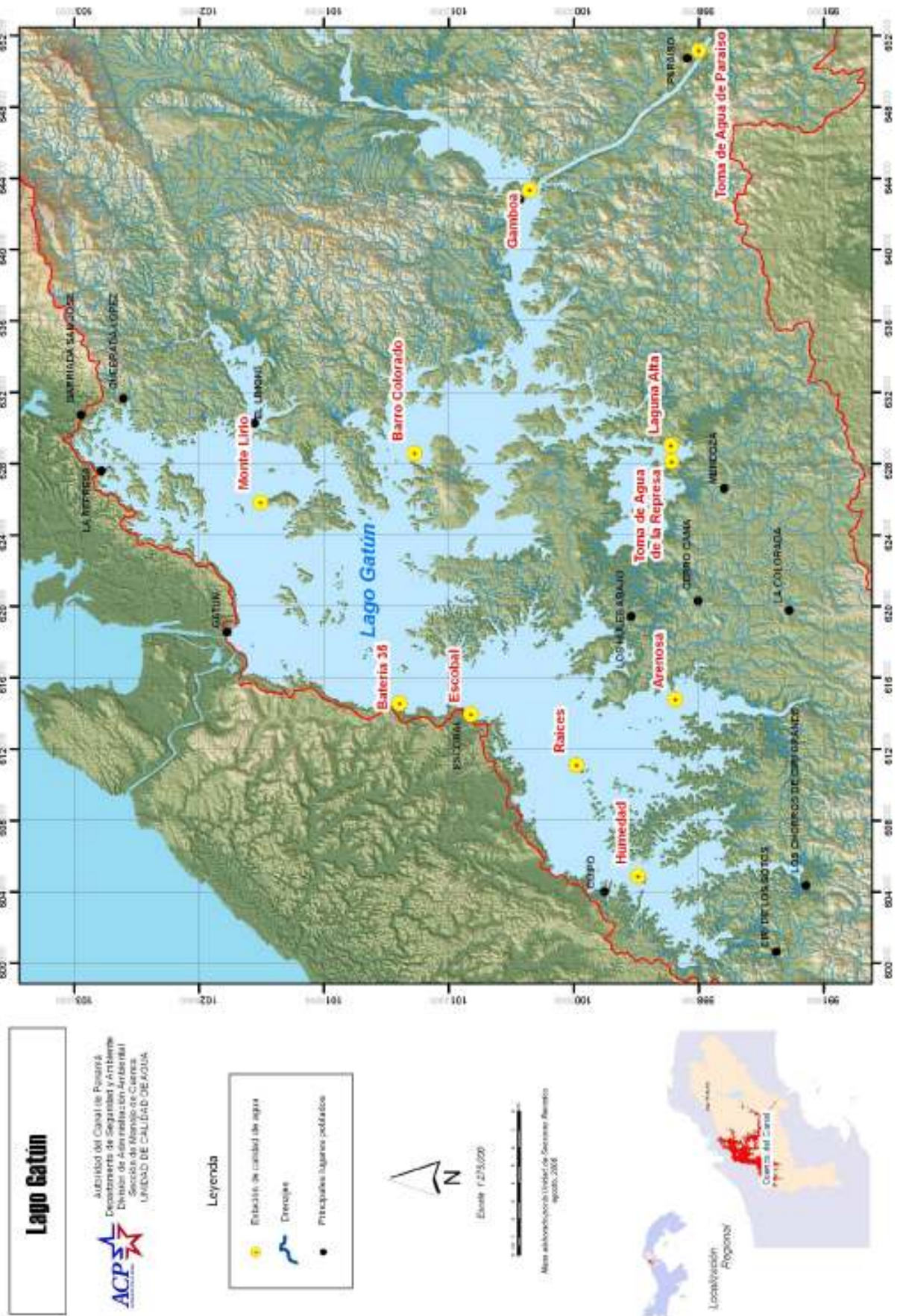
Tabla 6. Lago Ahajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
PNP	S	09/15/04	50	5,7	6,0	12,3	,55	3,7	5,9
		10/12/04	50	4,6	6,2	11,2	,54	3,7	5,7
		11/11/04	51	4,6	7,0	12,2	,60	4,0	4,5
		12/09/04	47	4,7	6,0	10,8	,61	3,8	5,3
		01/11/05	45	3,0	6,0	10,2	,61	3,9	5,5
		02/15/05	47	3,4	7,0	11,2	,61	3,9	5,4
		03/08/05	48	3,7	6,8	11,0	,66	3,9	5,4
		04/12/05	49	2,6	6,8	10,2	,62	4,1	5,3
		05/10/05	44	5,8	7,4	10,0	,66	3,8	4,9
		06/07/05	46	4,2	7,0	10,9	,61	3,9	7,4
		07/12/05	50	6,0	7,4	11,3	,60	4,1	6,3
		08/09/05	48	13,8	7,2	10,8	,62	3,9	8,1
		09/22/05	45	2,9	5,8	11,4	,59	3,5	6,1
		10/11/05	47	8,2	6,4	12,4	,63	3,6	6,1
		11/14/05	49	5,6	6,0	8,0	,61	3,8	6,9
12/13/05	50	3,8	6,2	12,5	,65	3,5	8,3		
TAG	F	09/15/04	39	8,1	5,8	7,6	,47	3,4	4,9
		10/12/04	43	5,1	6,8	8,9	,51	4,2	5,3
		11/11/04	41	5,4	6,4	8,4	,53	4,0	4,1
		12/09/04	32	3,8	5,2	6,0	,51	2,6	4,5
		01/11/05	44	4,1	5,6	6,7	,51	3,2	4,9
		02/15/05	45	4,5	8,4	11,2	,63	3,6	4,3
		03/08/05	45	2,0	7,4	9,8	,60	3,7	4,8
		04/12/05	39	5,2	7,2	8,5	,64	3,8	5,9
		05/10/05	38	5,8	5,8	9,6	s/d	3,7	5,4
		06/07/05	39	4,4	7,0	8,8	,56	3,7	7,6
		07/12/05	49	5,0	7,2	11,2	,62	4,0	5,9
		08/09/05	40	6,8	6,4	9,3	,66	3,2	7,1
		09/22/05	40	4,1	4,8	9,5	,56	3,4	4,5
		10/11/05	41	8,4	6,6	9,6	,60	3,8	6,2
		11/14/05	41	5,5	6,0	6,8	,53	4,0	8,0
12/13/05	40	3,5	6,2	8,7	,51	3,3	6,4		

Tabla 6. Lago Alhajuela: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
TAG	S	09/15/04	49	5,9	6,6	11,1	,52	3,6	5,8
		10/12/04	49	6,3	6,8	12,2	,50	3,9	5,7
		11/11/04	50	5,3	6,2	12,3	,56	3,7	4,3
		12/09/04	47	4,8	6,0	10,8	,62	3,6	5,4
		01/11/05	36	4,5	6,0	9,1	,62	3,4	5,0
		02/15/05	45	3,8	6,6	11,4	,65	3,6	4,5
		03/08/05	46	4,7	6,8	10,5	,48	3,6	4,5
		04/12/05	49	5,0	7,2	10,3	,64	3,8	5,0
		05/10/05	38	6,0	6,6	10,3	s/d	3,6	4,7
		06/07/05	47	5,0	7,4	10,5	,56	3,8	7,1
		07/12/05	47	4,6	7,4	10,3	,54	3,9	6,1
		08/09/05	48	5,3	7,2	10,5	,55	3,9	7,8
		09/22/05	42	4,8	5,6	11,2	,48	3,5	4,9
		10/11/05	47	9,4	6,6	13,0	,59	4,0	6,9
		11/14/05	45	8,6	5,6	4,6	,56	3,4	8,6
		12/13/05	50	6,0	6,0	12,5	,62	3,5	6,9

5.2. Lago Gatún



5.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura promedio registrada para todo el período de muestreo en la superficie oscila entre 27,9 y 29,9°C y en el fondo entre 27,2 y 29,0°C. La variación térmica en la columna de agua no es significativa con un promedio de 1°C de diferencia entre superficie y fondo.

La mediana en todas las estaciones del lago se encuentra por encima de 29°C, con excepción de las estaciones Gamboa (DC1) y Toma de Agua de Paraíso (TMR) en donde las temperaturas son menores. Se registra un valor atípico alto en Toma de Agua La Represa (TAR) y un valor atípico bajo en Monte Lirio (MLR), ambos en el año 2005 (figura 86).

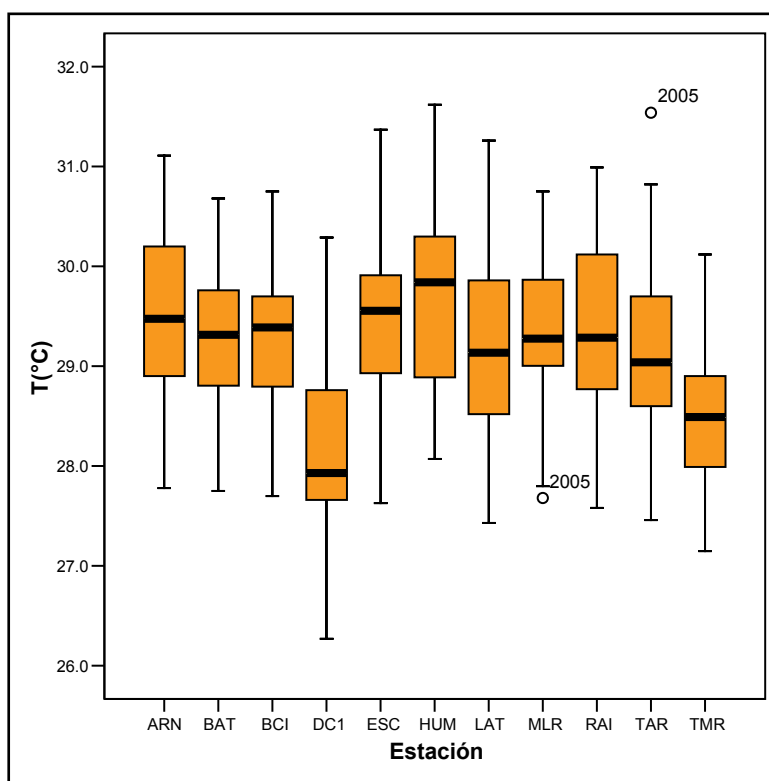


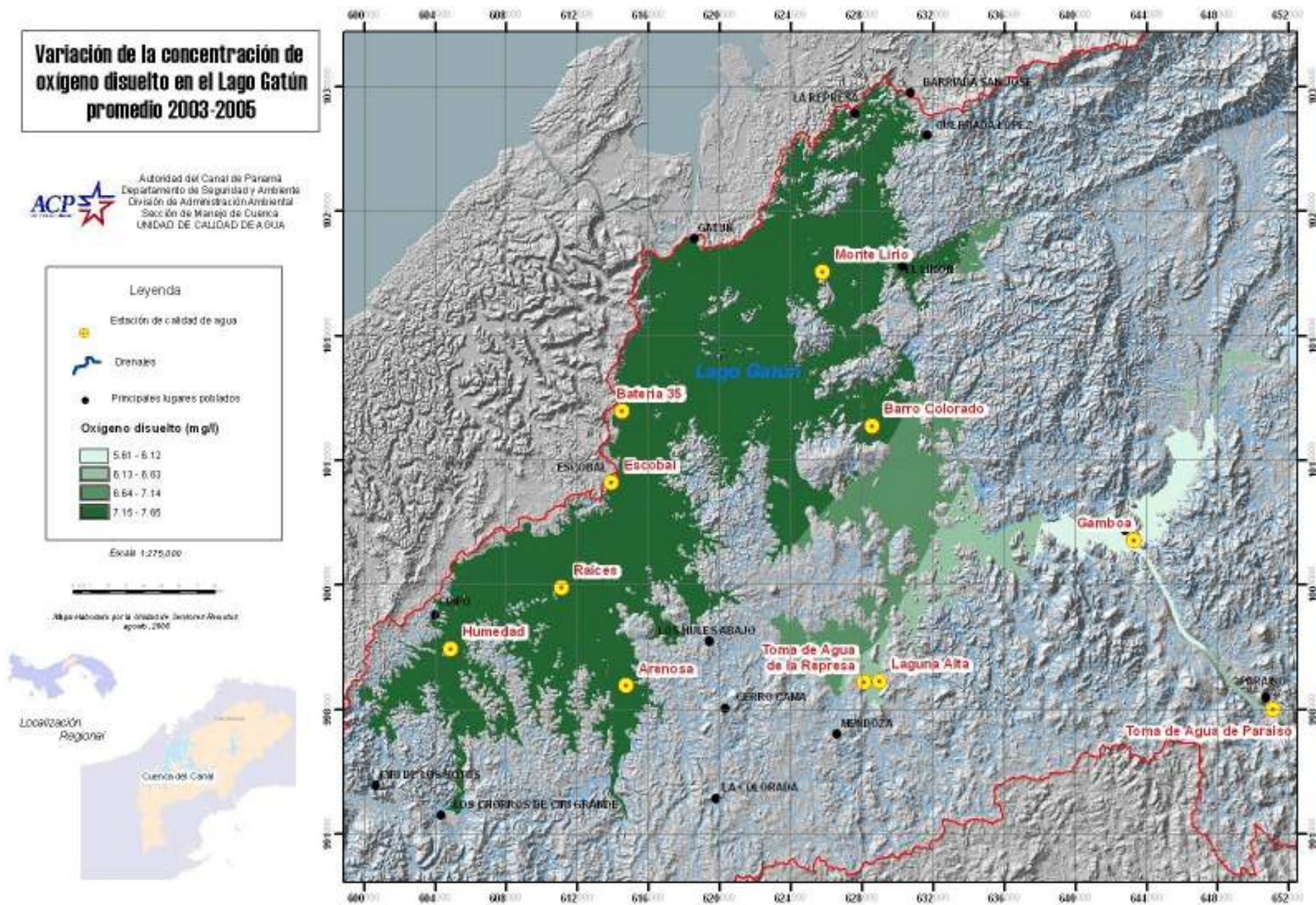
Figura 86. Diagrama de caja de la temperatura (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

En cuanto al oxígeno disuelto, en general, en la superficie todas las estaciones del lago presentan concentraciones adecuadas para la vida acuática (por encima

del valor guía de referencia). El 50 por ciento de las estaciones presenta concentraciones de oxígeno disuelto cercanos a los niveles de saturación. Los valores promedio en superficie se encuentran entre 5,19 mg/l (estación Gamboa-2003) y 7,84 mg/l (estación Humedad-2003). Los valores promedio en el fondo varían entre 1,56 mg/l (estación Humedad-2005) hasta 6,92 mg/l (estación de Escobal-2003), encontrándose valores muy bajos en algunas estaciones del lago como Humedad, Laguna Alta y Toma de Agua de La Represa, las cuales presentan valores por debajo de 1 mg/l (figura 87). Estas son áreas de poca profundidad (tabla 7), con márgenes irregulares y una abundante vegetación acuática, constituida tanto por plantas sumergidas como emergentes, enraizadas y flotadoras.

Tabla 7. Profundidad promedio en las estaciones de muestreo en lagos		
	Estación	Profundidad promedio (m)
Lago Gatún		
	Arenosa	9,4
	Barro Colorado	16,1
	Batería 35	19,2
	Gamboa	5,3
	Humedad	10,7
	Laguna Alta	4,0
	Monte Lirio	10,7
	Raíces	16,3
	Escobal	14,1
	Toma de Agua Paraíso	10,9
	Toma de Agua Represa	4,3
Lago Miraflores		
	Boya M12	10,1
	Boya M2	10,5
	Boya M5	4,5
	Boya Raidroad Pond	3,4
	Boya río Cocolí	10,4
Lago Alhajuela		
	Boquerón Pequeñí	5,7
	Estrecho Reporte	8,8
	Punta del Ñopo	11,9
	Desembocadura del Chagres	6,7
	Toma de Agua IDAAN	28,1

Figura 87. Variación de la concentración de oxígeno disuelto: Lago Gatún, promedio 2003-2005.



Las concentraciones de oxígeno disuelto en el fondo, parecen indicar la presencia de cantidades importantes de materia orgánica en descomposición. Por la cantidad de maleza acuática en el sitio, también se puede pensar en aportes importantes de nutrientes que permiten su desarrollo y la eutrofización de las aguas, representando amenazas potenciales para el sistema de abastecimiento de agua potable de las poblaciones aledañas.

La mediana de oxígeno disuelto en las estaciones Arenosa (ARN), Batería 35 (BAT), Barro Colorado (BCI), Escobal (ESC), Humedad (HUM), Monte Lirio (MLR) y Raíces (RAI) está por encima de 7 mg/l; en las estaciones Laguna Alta (LAT), Toma de Agua de La Represa (TAR) y Toma de Agua de Miraflores (TMR) está por encima de 6 mg/l y en Gamboa (DC1) está por encima de 5 mg/l. Se registran valores atípicos altos y bajos en los años 2003 y 2005 (figura 88). En la estación TAR el valor atípico registrado está por debajo del valor guía recomendado. Se observa ligera variabilidad en las estaciones DC1 y LAT, TAR y TMR con respecto a las otras estaciones.

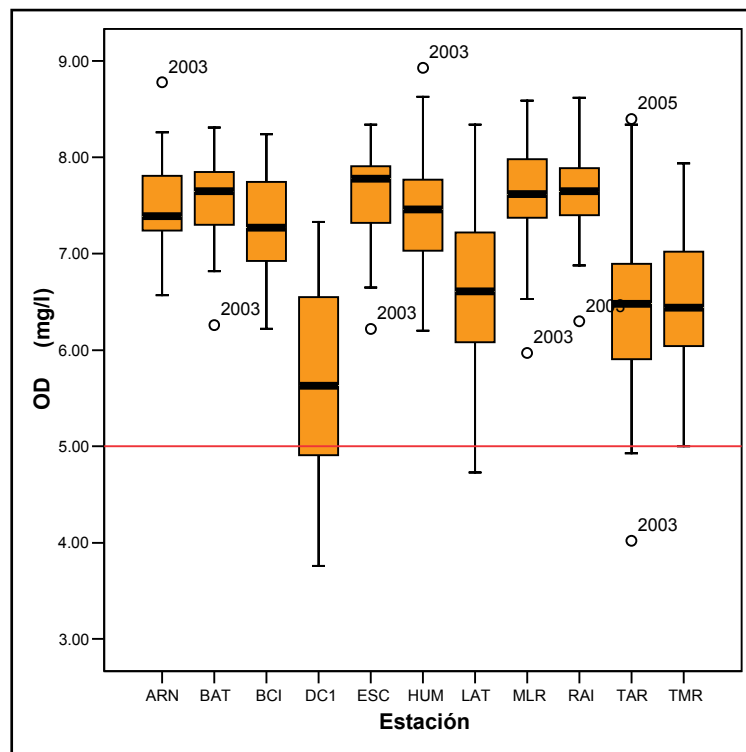


Figura 88. Diagrama de caja del oxígeno disuelto (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

En la estación Gamboa, aproximadamente, el 27 por ciento de los valores se encuentra por debajo del valor guía recomendado para sustentar vida acuática. Esta área recibe las aguas del curso medio del río Chagres, las cuales son turbias en época lluviosa y bajas en contenido de oxígeno disuelto. Descargan en el tramo medio del río Chagres las aguas de los ríos Chilibre, Chilibrillo, Limón, Gatuncillo y Palenque, y la quebrada La Cabima, aguas arriba de la estación DC1 (Gamboa).

5.2.1.1. Perfiles verticales de temperatura y oxígeno disuelto

Se realizaron perfiles verticales de temperatura y oxígeno disuelto en 6 estaciones: Boya 35, P3, P8, Boya 117, Boya 82, GE-3 (tabla 9, figura 89). No hay estratificación térmica ni variaciones significativas en las concentraciones de oxígeno disuelto en la columna de agua durante el período de junio-diciembre 2004, con excepción de la estación P3 y P8, en la cual la diferencia entre superficie y fondo es de 2,5 mg/l (figura 90a). En el período enero-abril 2005 ninguna de las estaciones muestra variación notoria entre superficie y fondo (figura 90b). Sobre la base del patrón de distribución del oxígeno disuelto, en términos generales, se observa una distribución ortógrafa, ya que no se observan cambios apreciables en la concentración de oxígeno disuelto a lo largo del perfil de profundidad. Esta distribución es propia de cuerpos de agua oligotróficos, en donde los procesos de eutrofización no están marcados, al menos, en las estaciones de muestreo seleccionadas.

Tabla 8. Coordenadas geográficas de las estaciones para perfiles verticales de temperatura y oxígeno disuelto en el lago Gatún.

Estación	Coordenadas UTM	
	X	Y
GE-3	618576	1023919
Boya 35	625040	1015020
P-8	623369	1023200
P-3	616679	1015237
Boya 82	639077	1008014
Boya 117	644605	1005608

Figura 89. Estaciones en el lago Gatún para el análisis del perfil vertical de oxígeno disuelto y temperatura (junio 2004 – abril 2005).

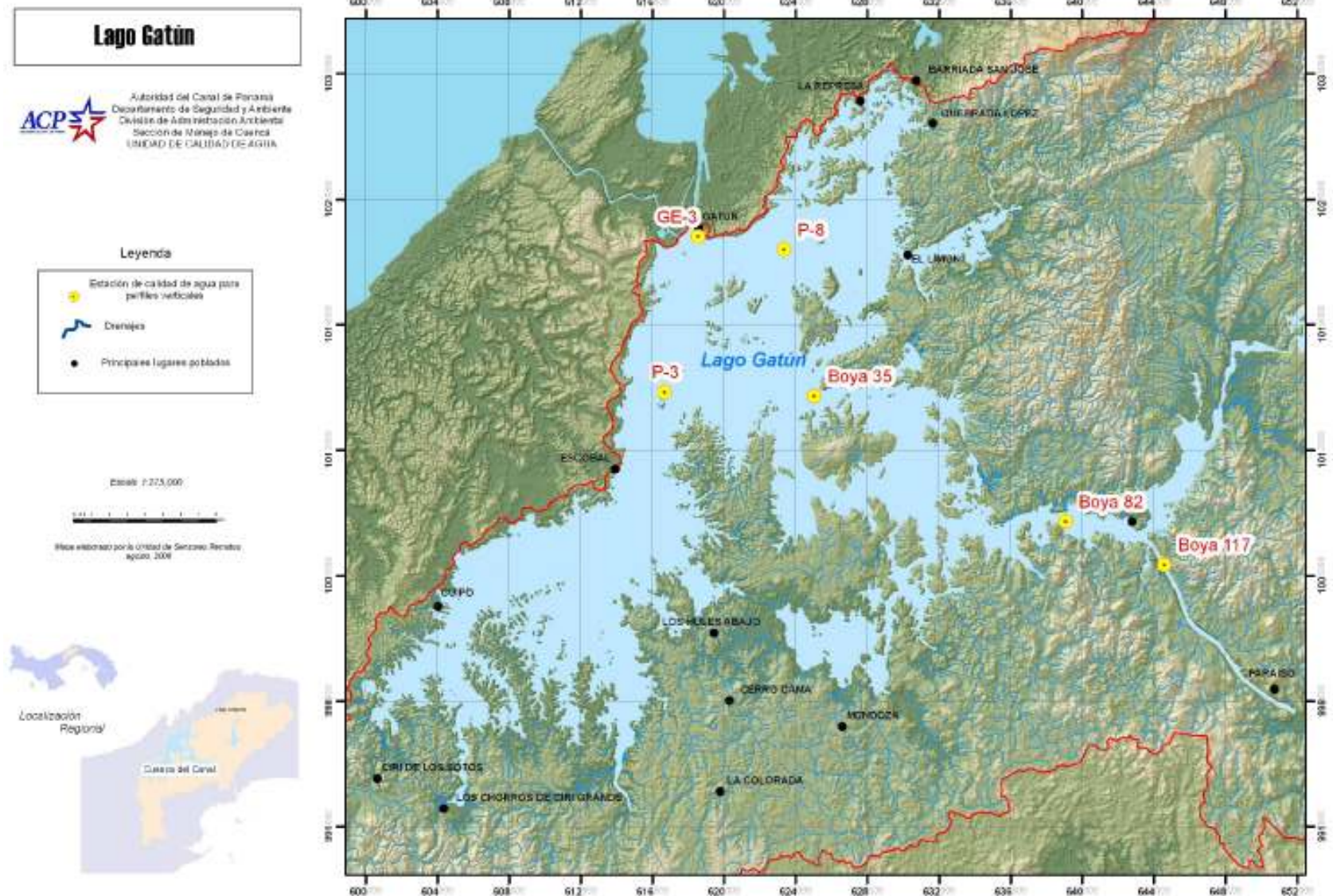


Tabla 9. Datos utilizados en el análisis del perfil vertical de oxígeno disuelto y temperatura (Lago Gatún, junio-diciembre 2004)

Profundidad (m)	Estación											
	Boya117		Boya 35		Boya 82		GE-3		P3		P8	
	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)
0,5	4,8	27,8	7,1	29,5	6,0	28,4	7,2	29,1	7,5	29,3	7,4	29,1
2,0	4,6	27,6	6,9	29,6	5,6	28,0	6,9	29,0	7,8	29,0	7,0	29,2
4,0	4,6	27,5	7,0	29,1	5,5	27,9	7,0	28,9	7,5	29,0	7,4	29,0
6,0	4,6	27,5	6,7	29,4	5,3	27,6	6,6	28,8	7,6	28,9	7,1	28,9
8,0	4,5	27,3	6,8	29,3	5,3	27,7	6,8	28,9	7,6	28,7	7,1	28,9
10,0	4,6	27,6	6,7	29,2	5,3	27,7	6,8	28,9	7,2	28,9	6,9	28,9
12,0	4,9	27,7	6,8	29,1	5,1	27,4	6,7	28,8	7,4	28,6	7,2	28,8
14,0			6,2	29,2	5,1	27,6	6,5	28,6	7,2	28,7	6,8	29,1
16,0			6,2	28,9	5,1	27,8	6,3	28,7	6,9	28,8	5,9	28,6
18,0									6,1	28,8	5,8	28,6
20,0									4,8	28,6		
22,0									5,5	28,5		

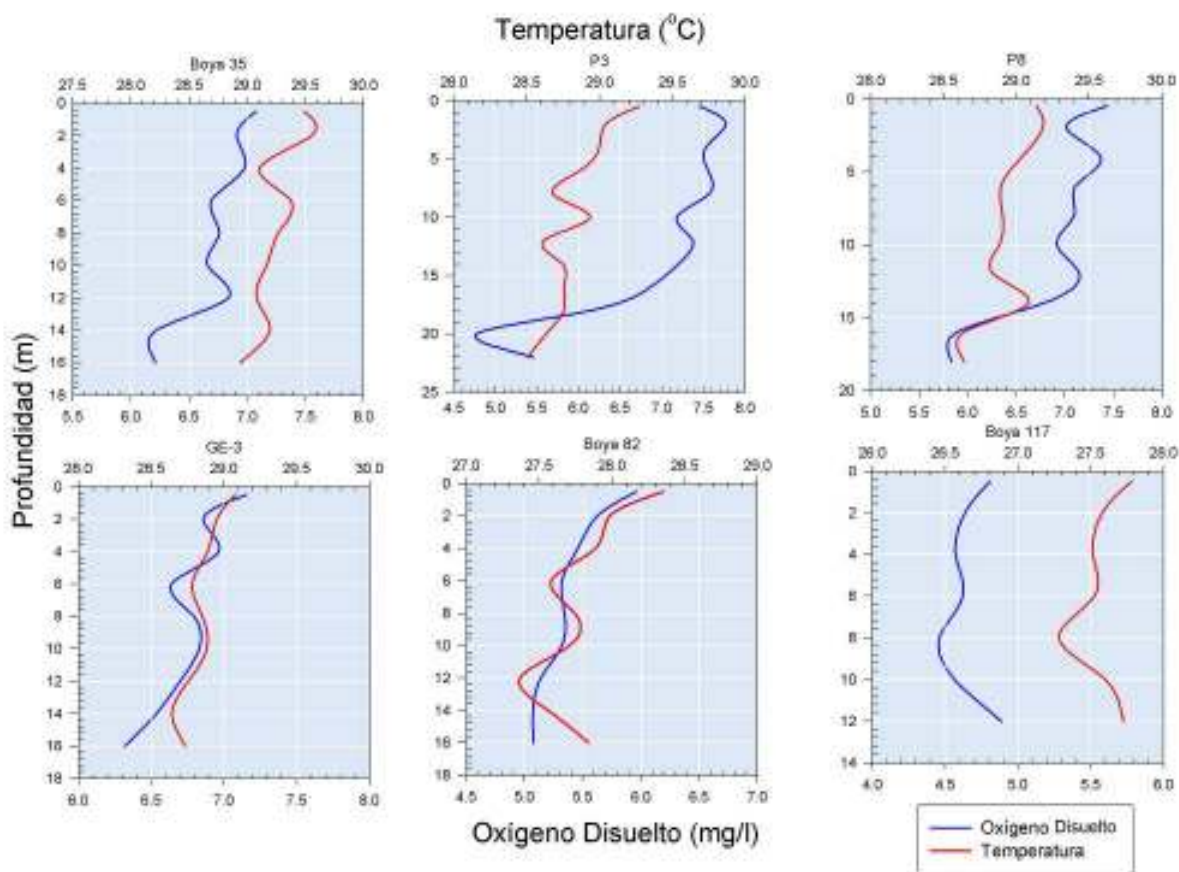


Figura 90a. Perfiles verticales de temperatura-oxígeno (lago Gatún, junio-diciembre 2004).

Tabla 10. Datos utilizados en el análisis del perfil vertical de oxígeno disuelto y temperatura (Lago Gatún, enero-abril 2005)

Profundidad (m)	Estación											
	Boya117		Boya 35		Boya 82		GE-3		P3		P8	
	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)	OD (mg/l)	T (°C)
0,5	6,7	28,1	7,4	29,4	7,0	28,5	7,6	28,7	7,2	29,0	6,5	28,8
2,0	6,5	28,0	7,3	29,4	6,9	28,4	7,5	28,7	7,7	29,0	8,0	28,8
4,0	6,5	27,9	7,0	29,0	6,8	28,2	7,4	28,5	7,0	28,8	6,3	28,6
6,0	6,4	27,9	6,9	29,0	6,7	28,1	7,3	28,5	6,9	28,6	6,4	28,4
8,0	6,4	27,9	6,9	29,0	6,7	28,2	7,3	28,5	7,0	28,4	6,3	28,4
10,0	6,4	27,9	6,8	28,9	6,6	28,1	7,2	28,7	6,9	28,7	6,2	28,5
12,0	6,0	28,0	6,7	28,8	6,6	28,0	7,0	28,4	6,8	28,3	6,3	28,2
14,0			6,5	28,9	6,6	27,8	7,0	28,4	6,6	28,4	6,1	28,3
16,0			6,1	28,7	6,5	28,0	6,9	28,1	6,4	28,5	5,7	28,3
18,0												
20,0												
22,0												

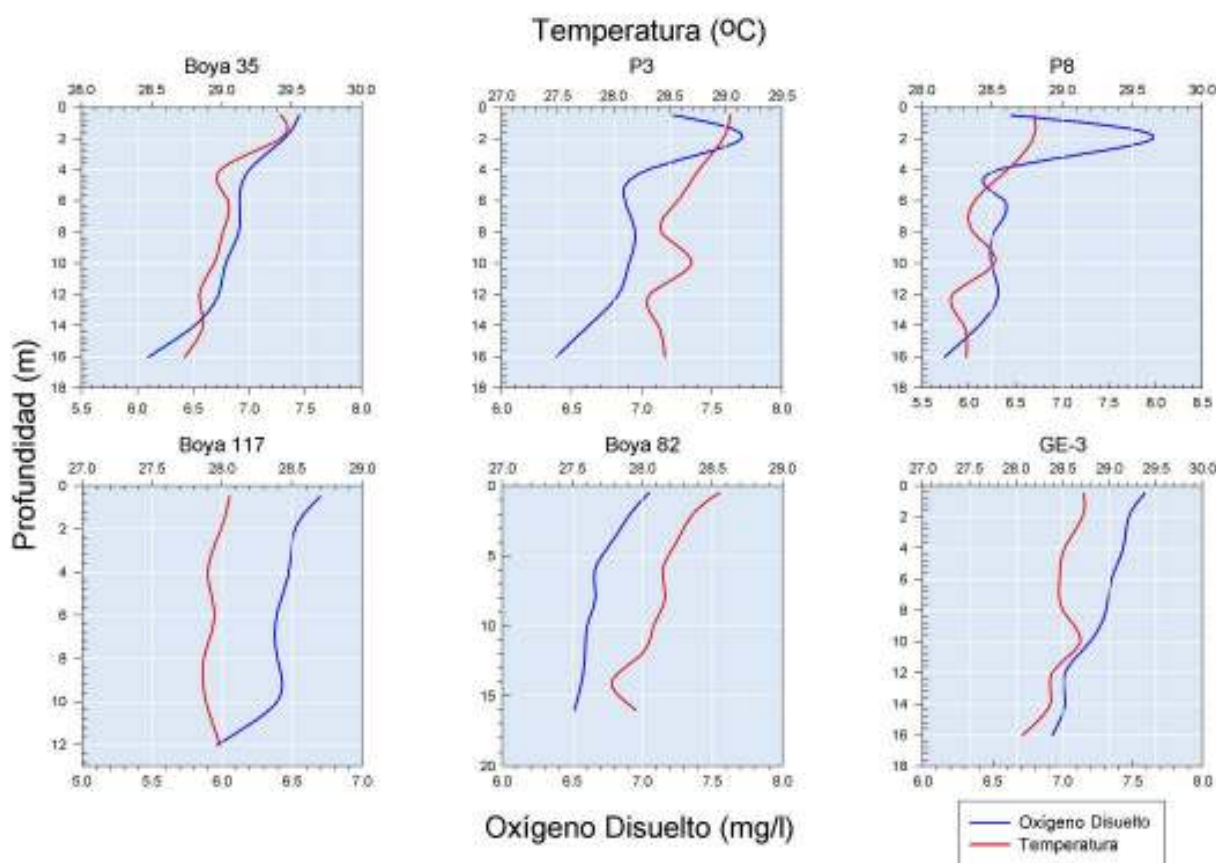


Figura 90b. Perfiles verticales de temperatura-oxígeno (lago Gatún, enero-abril 2005).

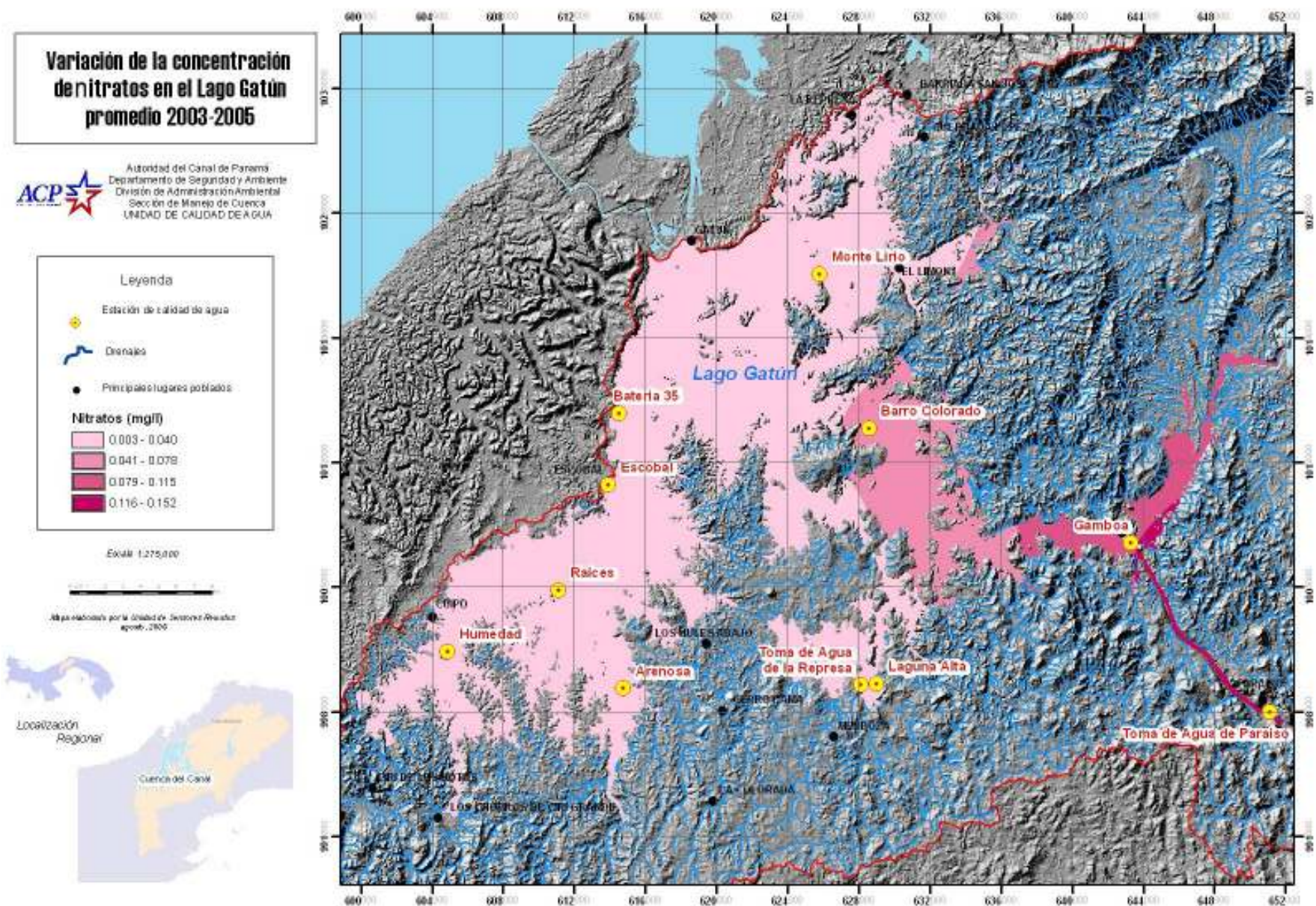
5.2.2. Nitratos

La concentración promedio registrada para todo el período 2003-2005 en superficie varió entre 0,001 mg/l en la estación Monte Lirio-2003 y 0,188 mg/l en la estación Toma de Agua de Paraíso-2005 (figura 91). En el fondo los valores oscilan entre 0,001 mg/l en la estación de Escobal-2003 hasta 0,197 mg/l en la estación Toma de Agua de Paraíso-2005. El valor máximo en la superficie es de 0,415 mg/l en la estación Gamboa-2005, y en el fondo el valor máximo es de 0,379 mg/l para la misma estación-2005.

La mediana de nitratos se encuentra por debajo de 0,01 mg/l en 8 de las 11 estaciones de muestreo, registrándose cuatro valores extremos en el 2004 y 2005 y nueve valores atípicos en los tres años de muestreo (figura 92). En las tres estaciones restantes existe variabilidad en las concentraciones de nitratos; sin embargo, esas concentraciones no sobrepasan el valor guía recomendado (0,3 mg/l) utilizado como máximo para evitar eutrofización (figura 93).

En la Toma de Agua de Paraíso, el 10 por ciento de los valores están por encima de este valor. La estación Gamboa 2005 registró un valor atípico que sobrepasa el valor guía. La estación Gamboa recibe las aguas del curso medio del río Chagres que son ricas en nutrientes; dando como resultado que en esta área haya un aumento en la concentración de este parámetro (materia orgánica), con la disminución del oxígeno disuelto.

Figura 91. Variación de la concentración de nitratos. Lago Gatún, promedio 2003-2005.



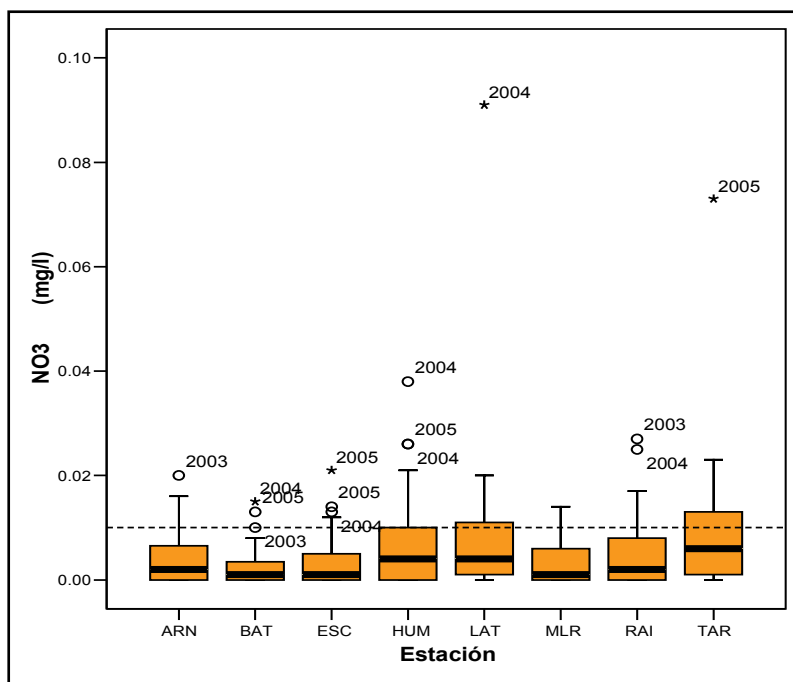


Figura 92. Diagrama de caja de la concentración de nitratos (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

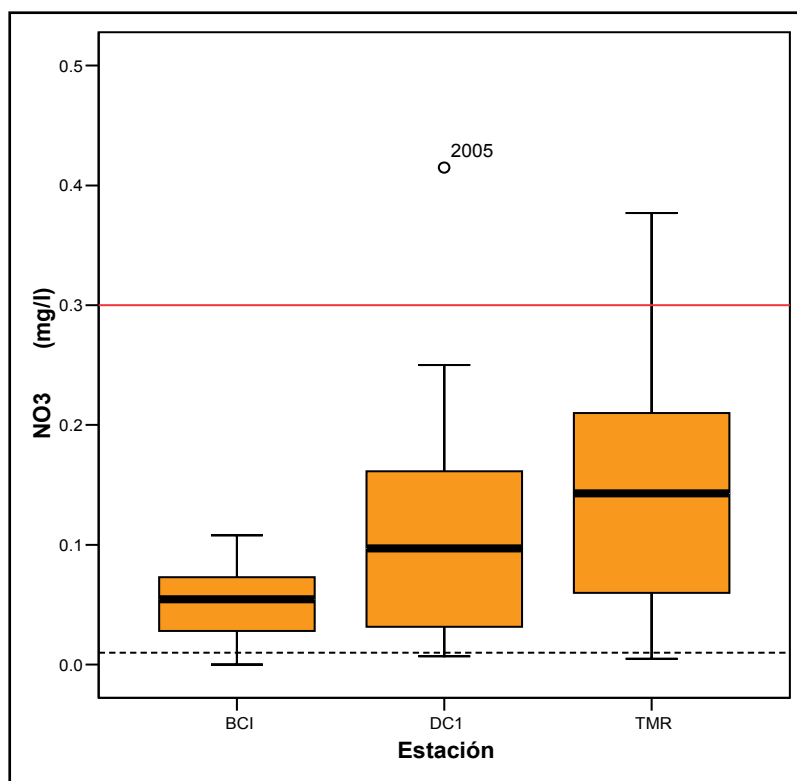


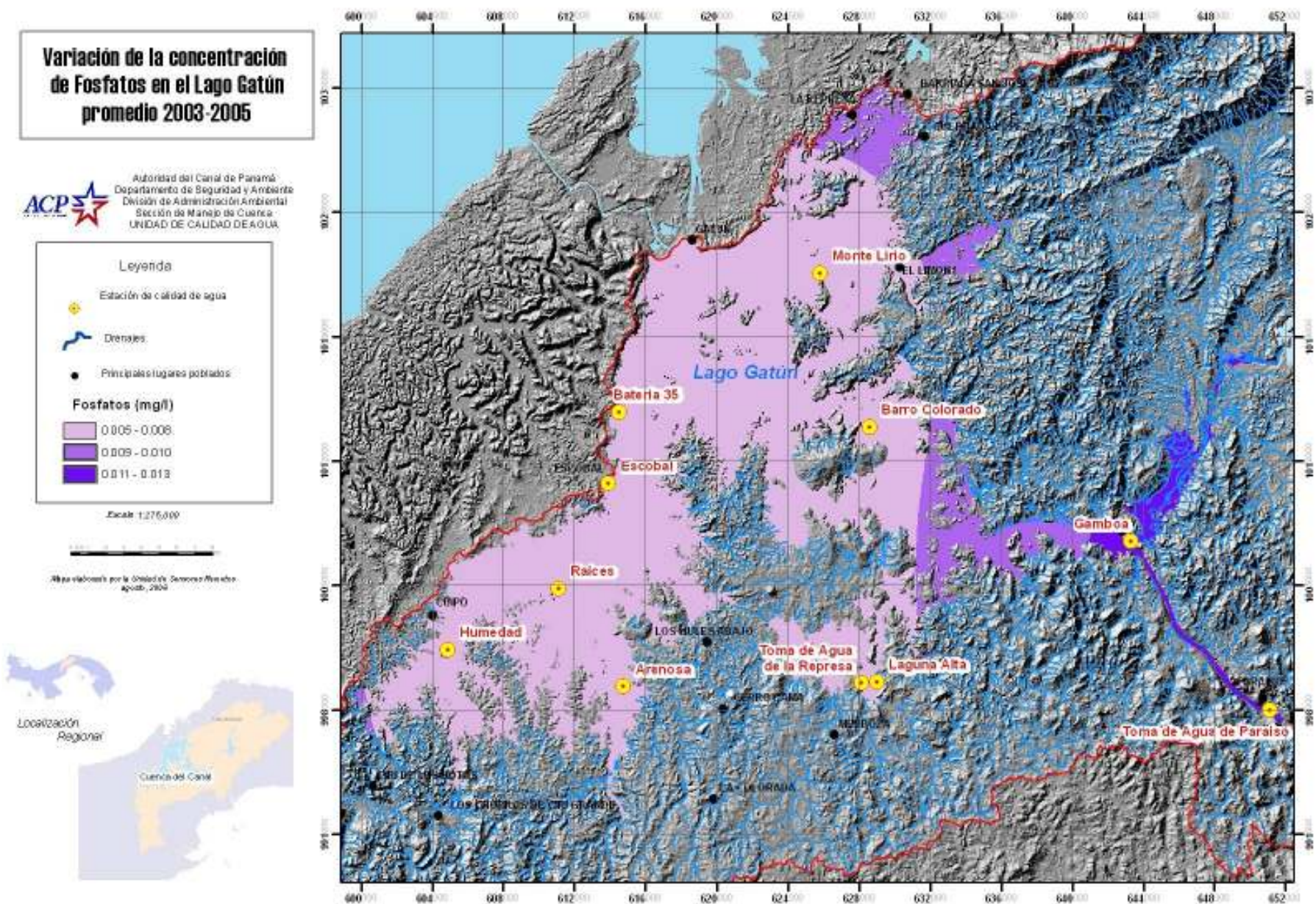
Figura 93. Diagrama de caja de las concentraciones de nitratos (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

5.2.3. Fosfatos

La concentración promedio de fosfatos registrada para todo el período, en superficie varió entre 0,003 mg/l en la Toma de Agua La Represa-2004, y 0,015 mg/l en Gamboa-2003 (figura 94). En el fondo, los valores promedio van desde 0,002 mg/l (TAR-2004) hasta 0,020 mg/l (misma estación-2003). En superficie el valor máximo fue de 0,090 mg/l (Batería 35-2003) y en el fondo de 0,087 mg/l, para la misma estación-2004.

La mediana de fosfatos se encuentra por debajo del valor guía recomendado como máximo para prevenir la eutrofización (0,025 mg/l) y por debajo del límite de detección del método (figura 95). En todas las estaciones se observa similitud en la mediana de fosfatos excepto en las estaciones DC1 y TMR, donde las concentraciones son más altas. Se registraron tres valores extremos por encima del valor guía recomendado en las estaciones BAT-2003, ESC-2003 y MLR-2004. Se registraron once valores atípicos en los tres años de muestreo.

Figura 94. Variación de la concentración de fosfatos. Lago Gatún, promedio 2003-2005.



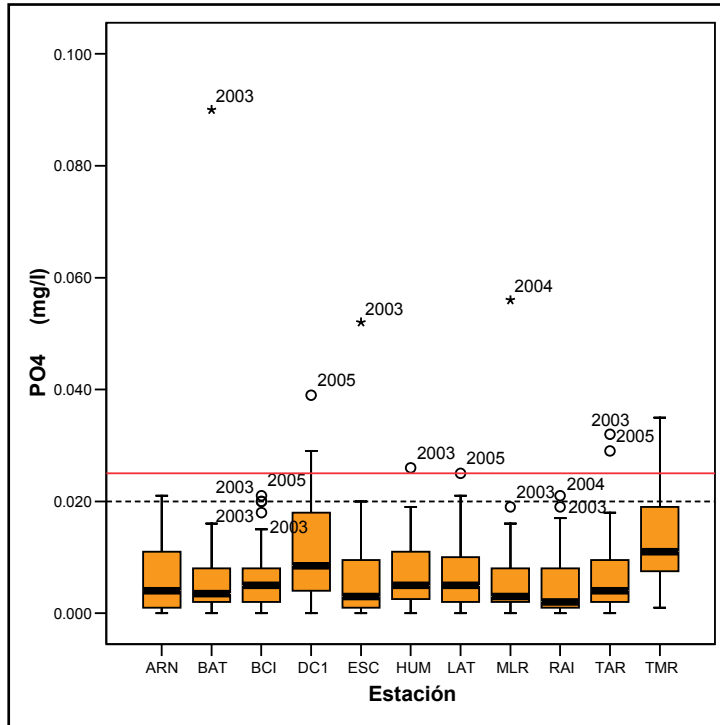
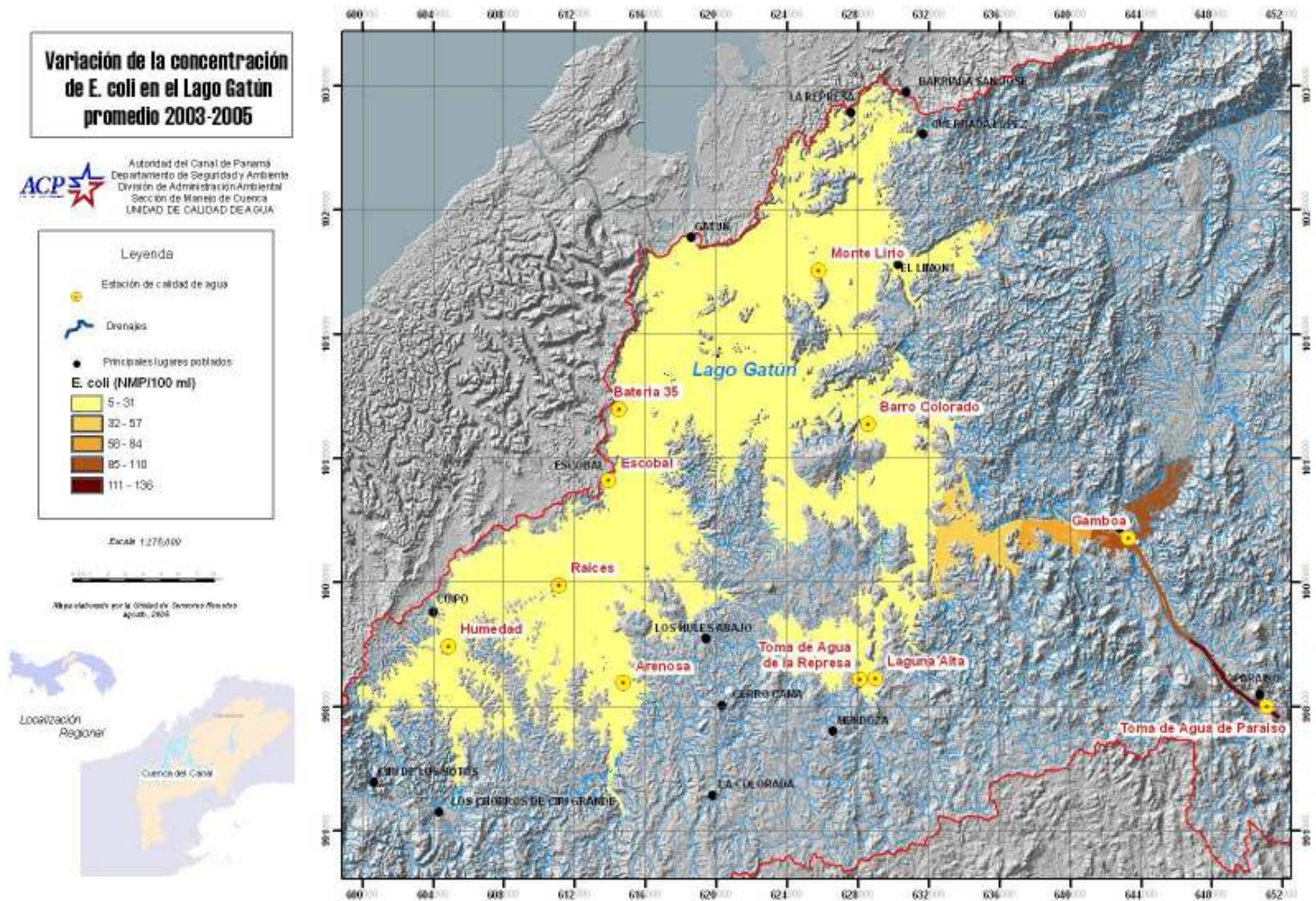


Figura 95. Diagrama de caja de la concentración de fosfatos (lago Gatún 2003-2005; superficie).

5.2.4. *Escherichia coli*

La concentración promedio registrada en todas las estaciones de muestreo en superficie se encuentra entre 5 NMP/100 ml y 163 NMP/100 ml en la estación TMR-2004 (figura 96). En el fondo, los valores promedio se encuentran entre 5 NMP/100 ml y 152 NMP/100 ml en la estación DC1-2003. El valor máximo en superficie es de 1014 NMP/100 ml en la estación TMR-2003, y en el fondo de 836 NMP/100 ml en la estación DC1-2003. El valor mínimo en superficie y fondo es de 5 NMP/100 ml.

Figura 96. Variación de la concentración de *E. coli*. Lago Gatún, promedio 2003-2005.



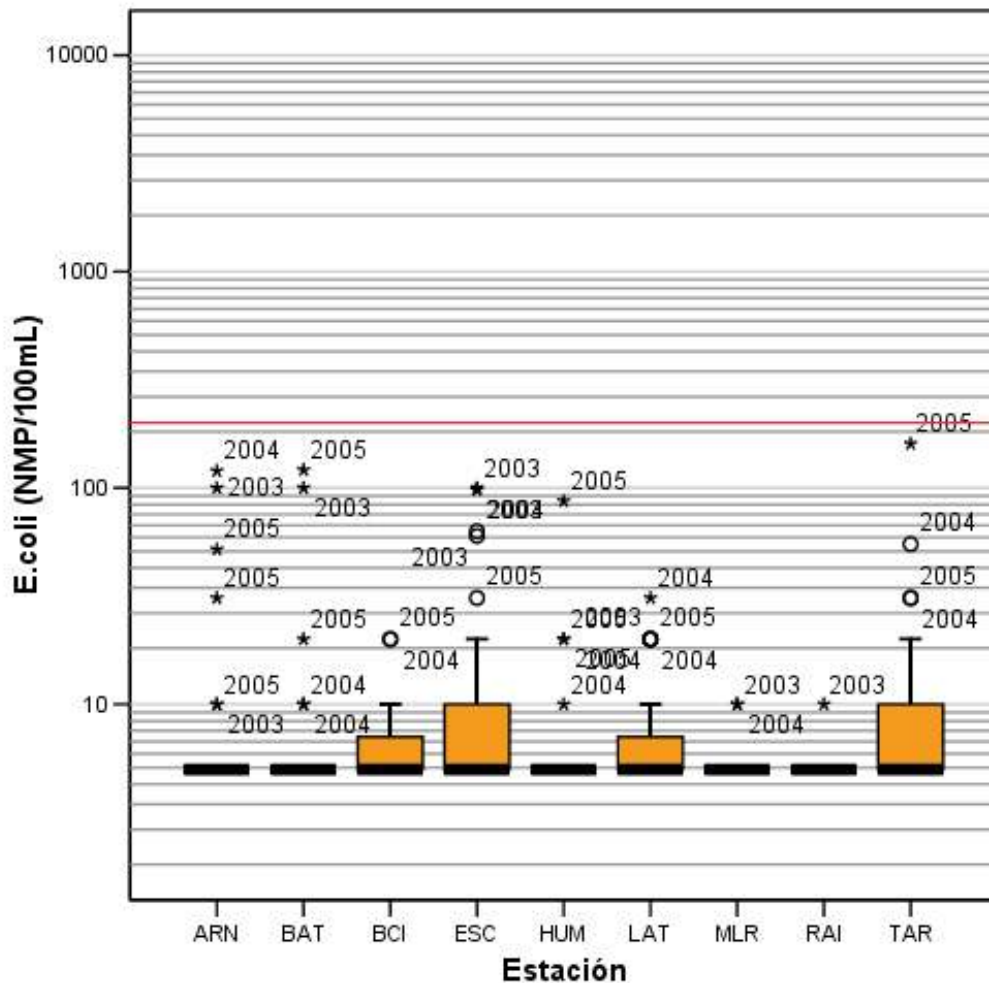


Figura 97. Diagrama de caja de las concentraciones de *E. coli* (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

Se observa similitud en la mediana de *E. coli* en nueve de las estaciones de muestreo, con valores muy por debajo (10 NMP/100ml) de los valores guía recomendados para uso recreacional de contacto directo (200 NMP/100ml), uso recreacional de contacto secundario (1000 NMP/100ml) y uso de abastecimiento de agua previo tratamiento (2000 NMP/100ml). Se registraron 8 valores atípicos altos en el 2004 y 2005 en cuatro estaciones de muestreo (BCI, ESC, LAT y TAR) y 17 valores extremos altos en 8 estaciones de muestreo para todo el periodo (figura 97)

En las otras dos estaciones de muestreo (figura 98) la mediana también se encuentra por debajo de los valores guía recomendados, pero en concentraciones mayores que en el resto de las estaciones (50-60 NMP/100ml). Aproximadamente el 20 por ciento de los datos, en ambas estaciones, se encuentra por encima del valor guía recomendado para uso recreacional con contacto directo.

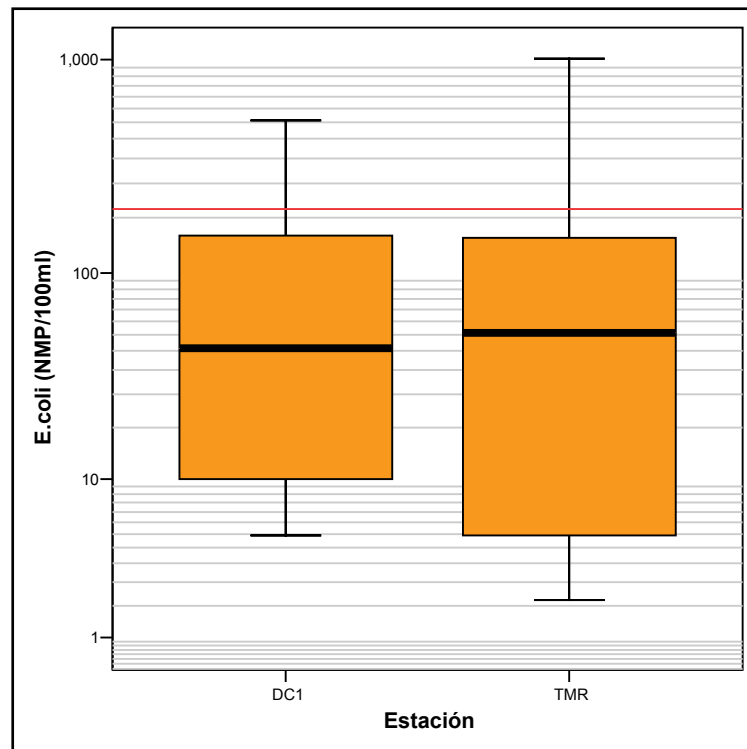


Figura 98. Diagrama de caja de las concentraciones de *E. coli* (estaciones Gamboa y Toma de Agua de Paraíso, 2003-2005; superficie).

5.2.5. Índice de Calidad de Agua

Se evaluó un total de 350 muestras colectadas en la superficie del lago. La información del Índice de Calidad del Agua muestra que el 53,71 por ciento de todas las muestras está en la categoría de excelente, el 45,71 por ciento se considera bueno y sólo el 0,57 por ciento se encuentra en la categoría de media (figura 99). De acuerdo con los valores del índice calculado las aguas del lago son aptas para los siguientes usos: abastecimiento público, recreativo, conservación de vida acuática.

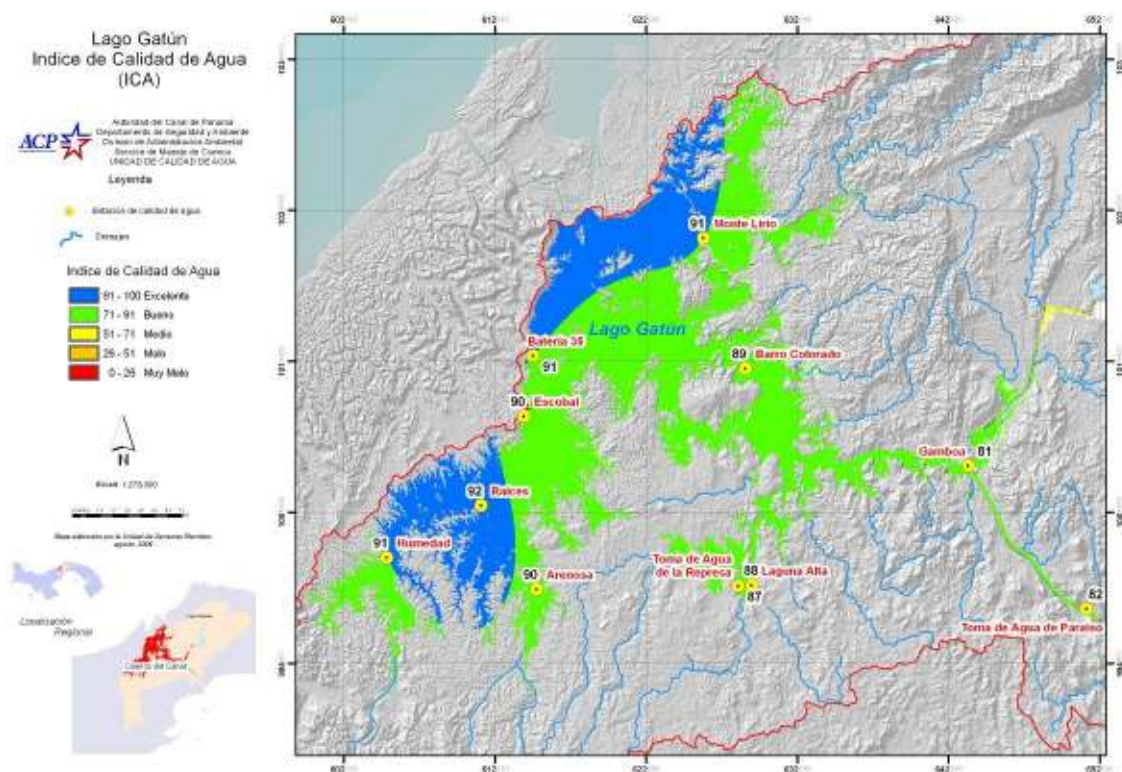


Figura 99. Índice de Calidad de Agua (lago Gatún, 2003-2005; superficie).

5.2.6. Clasificación de las aguas según las concentraciones de iones principales

Para definir las distintas características hidroquímicas presentes en el agua se aplicó el diagrama de Piper, del cual se obtiene la clasificación de las aguas de acuerdo a los iones dominantes. Los parámetros químicos determinados fueron: bicarbonato, sulfato, cloruro, calcio, magnesio, sodio y potasio.

El diagrama de Piper se realizó a partir del promedio de los datos correspondientes a todas las muestras obtenidas durante el período de agosto 2004 a diciembre 2005 (figura 100). Los resultados muestran que los aniones principales en todas las estaciones de muestreo son los bicarbonatos, y los cationes calcio y sodio, respectivamente.

El análisis de los tres diagramas permitió constatar que las muestras se sitúan en las características cálcico bicarbonatada, excepto en la estación Laguna Alta donde las aguas son sódico-bicarbonatadas.

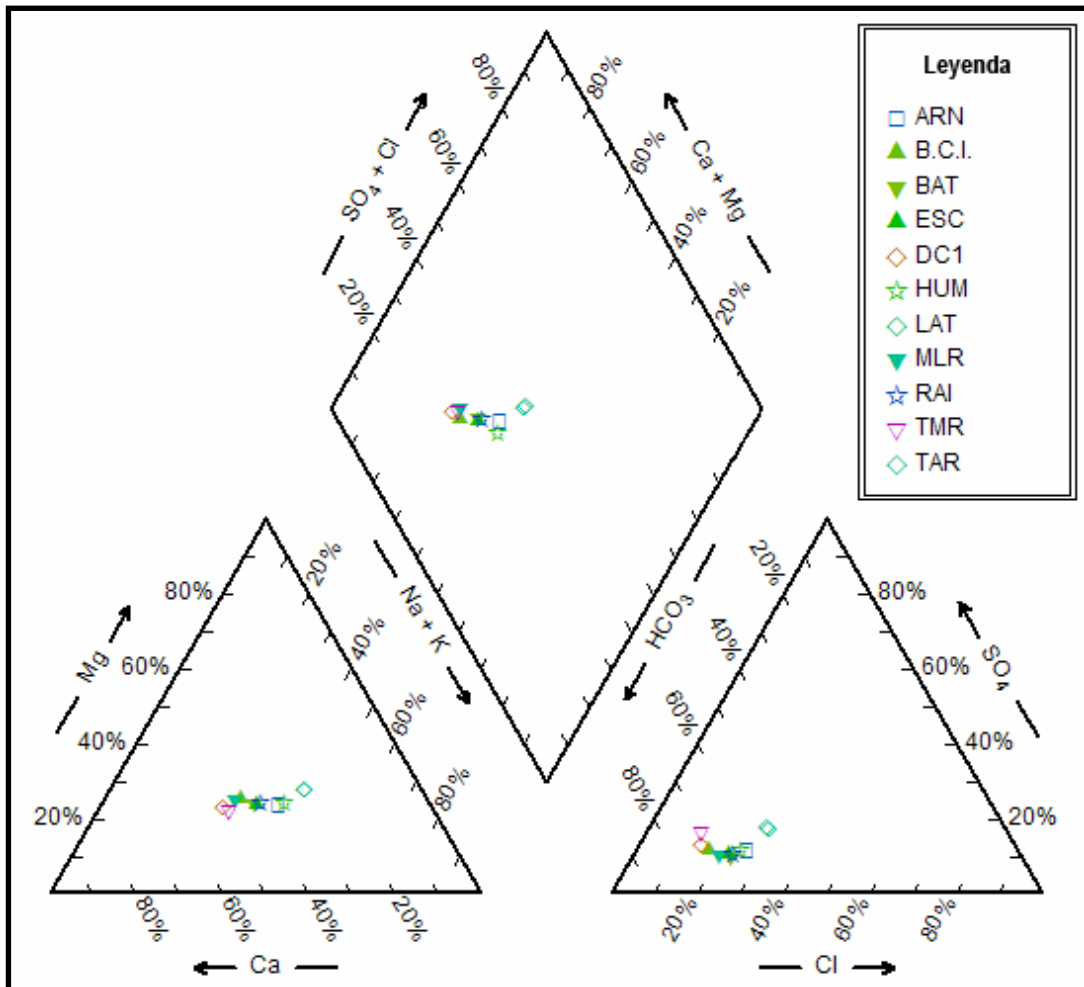


Figura 100. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas del lago Gatún (2003-2005; superficie).

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
ARN	F	09/28/04	27	5,0	7,0	4,2	,94	2,0	5,2
		10/26/04	24	6,1	6,2	4,0	,99	1,9	5,9
		11/23/04	23	5,3	6,0	3,9	,96	1,7	5,6
		12/21/04	27	5,1	6,8	5,7	,83	2,3	5,6
		01/25/05	27	6,6	,7	4,4	,97	1,9	6,2
		02/22/05	25	4,8	11,4	5,7	1,05	2,5	6,5
		03/21/05	30	4,4	7,4	5,6	1,05	2,4	s/d
		04/27/05	29	4,2	7,8	6,0	1,05	2,6	7,7
		05/24/05	28	6,3	7,6	5,7	,92	2,5	6,6
		06/13/05	30	3,6	6,4	6,5	1,00	2,7	8,1
		07/26/05	28	3,8	6,4	6,4	1,08	2,3	8,1
		08/26/05	27	s/d	5,8	5,2	1,03	2,1	7,1
		09/27/05	22	3,3	4,8	4,5	1,05	2,0	5,0
		10/25/05	24	3,6	5,6	4,4	,93	2,4	4,8
		11/23/05	25	4,8	5,6	5,9	,87	2,4	5,7
		12/28/05	26	4,8	6,0	6,2	,88	2,3	6,1
S	S	09/28/04	28	5,0	6,8	5,2	,80	2,1	5,9
		10/26/04	29	6,8	7,2	5,1	,83	2,1	7,0
		11/23/04	27	3,6	6,6	5,3	,82	2,1	6,6
		12/21/04	27	4,7	7,4	5,6	,84	2,3	6,6
		01/25/05	26	6,3	,7	4,8	1,00	2,0	6,4
		02/22/05	25	4,2	13,4	5,5	1,04	2,5	6,5
		03/21/05	31	4,9	7,0	6,2	1,04	2,7	s/d
		04/27/05	29	2,5	9,4	6,3	1,04	2,7	7,7
		05/24/05	30	5,7	8,0	6,3	,85	2,7	6,8
		06/13/05	39	3,1	6,8	6,5	,92	2,7	8,0
		07/26/05	30	2,8	6,8	6,9	,93	2,4	8,6
		08/26/05	30	s/d	6,0	6,3	,92	2,4	7,7
		09/27/05	25	1,7	5,6	5,4	,65	2,2	5,2
		10/25/05	26	4,6	6,4	5,6	,85	2,4	3,6
		11/23/05	26	1,8	5,4	6,1	,86	2,4	5,8
		12/28/05	26	3,7	6,0	6,1	,88	2,3	6,2

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BAT	F	09/29/04	30	3,0	6,8	5,9	,79	2,2	6,0
		10/26/04	33	5,3	7,2	6,2	,80	2,4	7,3
		11/24/04	31	4,8	7,2	6,4	,78	2,4	7,3
		12/21/04	32	4,2	8,0	7,5	,79	2,7	7,0
		01/26/05	33	5,2	,7	6,2	,90	2,2	6,0
		02/22/05	32	5,2	7,2	7,5	,99	2,8	8,0
		03/21/05	34	4,7	7,4	7,6	,85	2,8	5,1
		04/27/05	34	3,5	9,2	8,6	,94	3,3	7,9
		05/25/05	33	3,5	8,2	7,8	,82	2,9	7,9
		06/13/05	34	3,3	7,8	8,0	,92	3,1	8,7
		07/26/05	35	3,1	8,0	9,0	,93	3,1	8,3
		08/26/05	28	3,2	8,0	8,1	,90	3,1	10,1
		09/27/05	34	3,9	7,6	8,1	,88	3,5	8,2
		10/25/05	30	5,2	7,4	6,6	,99	2,8	8,1
		11/23/05	32	5,0	7,2	13,2	,88	3,0	6,9
		12/28/05	32	6,5	7,4	7,2	,90	2,6	6,5
S	S	09/29/04	36	5,4	8,2	7,5	,82	2,7	7,0
		10/26/04	35	5,3	7,6	7,4	,81	2,7	9,0
		11/24/04	33	4,5	7,8	7,1	,82	2,6	7,5
		12/10/04	32	2,1	7,6	7,5	,80	2,7	7,5
		01/26/05	33	2,1	,7	6,3	,85	1,8	5,9
		02/22/05	33	5,6	6,6	7,4	,98	2,8	8,4
		03/21/05	34	4,4	7,0	8,0	,82	2,9	5,1
		04/27/05	34	2,8	7,8	7,4	,96	2,9	7,8
		05/25/05	33	5,1	8,6	7,8	,82	3,0	8,1
		06/13/05	35	3,1	7,8	8,1	,86	3,2	8,5
		07/26/05	35	3,0	8,2	9,7	,95	3,3	8,3
		08/26/05	32	2,6	8,6	7,9	,90	3,1	10,5
		09/27/05	32	2,3	7,2	7,6	,89	3,2	8,1
		10/25/05	35	5,8	9,2	9,2	,96	3,4	5,1
		11/23/05	33	4,7	7,2	12,2	,88	3,0	7,4
		12/28/05	32	4,3	7,2	7,8	,88	2,7	6,6

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BCI	F	09/29/04	41	6,0	9,8	8,9	,79	2,9	5,3
		10/27/04	41	5,3	7,0	9,3	,77	3,0	5,9
		11/24/04	40	6,2	6,8	9,6	,70	2,9	5,0
		12/22/04	39	4,9	7,0	8,6	,70	3,1	5,4
		01/26/05	39	5,5	,7	7,4	,79	2,6	5,0
		02/23/05	39	5,5	4,8	7,6	,82	1,9	6,0
		03/23/05	37	4,2	7,4	8,2	,79	3,4	4,1
		04/28/05	38	4,0	8,4	8,3	,72	3,4	6,9
		05/25/05	36	5,6	8,2	8,0	,88	3,5	6,4
		06/14/05	39	2,3	8,2	8,4	,82	3,8	8,2
		07/27/05	38	3,9	7,8	8,3	,79	3,4	8,6
		08/25/05	40	3,2	7,2	9,1	,84	3,4	8,0
		09/28/05	40	3,1	6,6	9,6	,84	3,1	5,6
		10/26/05	40	5,0	6,8	10,0	,98	3,6	3,9
		11/22/05	39	4,8	6,0	14,6	,88	3,2	5,4
12/27/05	37	7,2	6,4	8,9	,92	2,9	4,6		
S	S	10/27/04	42	4,7	7,0	8,9	,77	3,0	5,9
		11/24/04	40	5,9	7,6	9,2	,72	2,9	6,0
		12/22/04	39	5,2	7,0	8,8	,70	2,9	5,3
		01/26/05	39	5,5	,7	7,2	,78	2,5	5,5
		02/23/05	39	4,8	7,0	7,8	,85	3,3	6,2
		03/23/05	37	3,5	7,4	8,1	,81	3,4	4,3
		04/28/05	39	3,5	8,4	9,8	,74	3,6	6,9
		05/25/05	38	6,6	9,4	8,0	,77	3,5	6,7
		06/14/05	39	4,0	8,2	8,3	,78	3,8	8,2
		07/27/05	39	3,9	8,0	9,0	,84	3,4	8,6
		08/25/05	39	4,6	7,6	9,1	,82	3,3	8,0
		09/28/05	40	3,5	6,6	9,6	,86	3,3	5,6
10/26/05	39	5,1	7,4	10,0	,97	3,6	4,6		
11/22/05	39	5,3	6,0	12,8	,89	3,0	5,3		
12/27/05	37	6,8	6,4	8,9	,90	2,9	6,0		

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
DC1	F	09/30/04	50	5,7	13,6	11,8	,61	3,3	4,1
		10/27/04	41	7,7	6,8	13,8	,94	3,2	4,7
		11/25/04	41	4,8	6,2	9,5	,55	2,9	s/d
		12/22/04	36	5,4	6,8	9,2	,53	3,0	5,3
		01/26/05	41	4,3	,7	9,0	,59	3,3	5,0
		02/23/05	46	5,6	11,8	9,5	,58	3,7	5,8
		03/23/05	45	3,5	7,2	10,3	,57	4,0	s/d
		04/28/05	44	3,0	7,6	10,2	,57	3,7	6,8
		05/25/05	48	8,9	8,0	12,5	,85	3,7	6,8
		06/14/05	55	4,2	8,0	11,7	,77	4,3	8,2
		07/27/05	54	6,5	7,4	14,2	,86	3,8	7,5
		08/25/05	45	6,7	6,4	12,4	,77	3,5	6,3
		09/28/05	48	7,3	5,2	13,9	1,11	3,8	4,0
		10/26/05	49	5,4	6,8	13,6	,73	4,0	3,5
		11/22/05	58	16,8	6,2	17,6	1,09	3,6	7,8
12/27/05	53	7,4	6,8	13,6	,94	3,5	6,0		
S	S	09/30/04	51	6,7	19,6	12,1	,63	3,3	4,4
		10/27/04	41	7,5	7,0	13,6	,95	3,2	4,7
		11/25/04	41	5,0	6,6	9,7	,57	3,0	s/d
		12/22/04	36	5,1	6,8	8,7	,54	2,8	4,8
		01/26/05	40	5,1	,7	7,2	,59	2,6	4,6
		02/23/05	50	4,7	7,2	9,5	,61	3,7	5,9
		03/23/05	47	3,4	7,2	10,4	,56	4,0	4,1
		04/28/05	43	3,7	7,8	10,7	,58	3,8	6,6
		05/25/05	48	9,5	8,0	12,9	,82	3,9	6,5
		06/14/05	49	6,2	7,8	11,6	,82	4,2	8,0
		07/27/05	55	7,3	7,4	14,0	,88	3,7	7,6
		08/25/05	45	5,7	7,0	12,3	,77	3,5	6,3
		09/28/05	48	6,6	4,8	14,0	1,11	3,0	4,1
		10/26/05	50	5,4	7,2	13,0	,71	4,0	3,6
		11/22/05	56	18,0	7,2	17,1	1,13	3,6	6,6
12/27/05	52	5,6	6,4	13,2	,88	3,5	6,0		

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
ESC	F	09/29/04	32	3,7	7,2	6,4	,80	2,3	6,6
		10/27/04	33	5,3	7,6	7,0	,85	2,6	8,8
		11/23/04	32	4,3	7,6	6,5	,81	2,5	7,5
		12/21/04	32	5,1	7,4	7,5	,78	2,8	7,3
		01/25/05	32	4,3	,7	6,3	,90	2,2	5,9
		02/22/05	33	4,5	6,6	7,4	,98	2,8	6,9
		03/21/05	34	4,1	7,4	7,6	,83	2,8	5,0
		04/27/05	30	2,9	7,4	7,0	,95	2,7	7,9
		05/24/05	33	4,2	8,2	7,6	1,03	2,8	7,5
		06/13/05	35	2,9	7,8	7,8	,89	3,1	7,6
		07/26/05	34	3,6	7,6	8,4	,87	3,1	8,2
		08/26/05	33	3,1	7,6	7,7	,88	2,9	9,7
		09/27/05	31	1,6	7,0	7,3	,88	3,1	8,0
		10/25/05	34	4,4	8,4	8,6	,92	3,4	5,2
		11/23/05	31	4,2	6,8	7,5	,86	2,8	10,0
12/28/05	32	4,3	7,0	7,6	,88	2,7	6,0		
S	S	09/29/04	35	4,8	8,4	8,9	,83	2,7	6,4
		10/27/04	34	4,9	7,4	7,0	,81	2,6	8,7
		11/23/04	32	3,3	7,6	6,5	,80	2,5	7,5
		12/21/04	32	4,5	7,6	7,4	,76	2,7	7,0
		01/25/05	32	3,9	,6	6,5	,90	2,2	5,9
		02/22/05	33	3,9	6,0	7,3	,99	2,7	6,8
		03/21/05	34	4,2	8,0	7,4	,83	2,8	5,1
		04/27/05	30	3,1	7,6	7,3	,94	2,8	7,8
		05/24/05	33	5,5	7,4	7,5	1,03	1,9	7,7
		06/13/05	34	3,6	7,8	7,9	,88	3,2	7,8
		07/26/05	36	2,8	8,0	8,5	,89	3,2	8,3
		08/26/05	35	3,6	7,6	8,0	,90	3,0	9,7
		09/27/05	31	2,4	6,6	7,1	,85	2,8	8,0
		10/25/05	34	3,9	9,0	8,0	,90	3,2	8,3
		11/23/05	31	4,4	7,2	8,0	,88	2,8	10,2
12/28/05	31	4,1	7,2	7,7	,89	2,6	6,0		

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
HUM	F	09/28/04	21	2,8	5,6	5,8	,75	1,6	4,2
		10/26/04	20	4,4	5,8	2,5	,87	1,3	3,4
		11/23/04	20	3,1	5,2	2,7	,76	1,4	4,9
		12/21/04	19	3,1	5,6	4,4	,72	1,8	5,3
		01/25/05	20	3,1	,5	3,4	,83	1,4	4,2
		02/22/05	20	2,7	5,4	3,5	,94	1,6	4,2
		03/21/05	20	3,1	5,6	4,2	,80	1,8	3,9
		04/27/05	20	1,3	5,2	3,9	,95	2,0	5,6
		05/24/05	20	4,3	6,0	3,6	,69	1,7	5,9
		06/13/05	22	1,2	6,2	6,1	,92	2,6	6,5
		07/26/05	20	2,8	4,8	4,1	,92	1,7	7,8
		08/26/05	21	3,1	4,6	3,7	,97	1,6	6,1
		09/27/05	19	,9	4,2	3,4	,93	1,6	6,1
		10/25/05	18	1,8	4,8	3,9	,89	1,6	6,1
		11/23/05	16	3,2	4,0	2,4	,85	1,8	6,4
		12/28/05	18	2,0	4,0	4,0	,87	1,5	3,6
S	S	09/28/04	21	4,6	5,8	3,1	,89	1,4	3,3
		10/26/04	21	3,5	5,4	3,0	,71	1,5	4,3
		11/23/04	20	2,8	6,0	3,0	,71	1,4	5,5
		12/21/04	20	3,5	6,0	4,5	,72	1,5	6,3
		01/25/05	21	2,5	,5	3,3	,84	1,4	4,3
		02/22/05	20	2,6	5,0	3,8	,97	1,7	4,1
		03/21/05	20	s/d	6,0	4,2	,78	1,8	3,8
		04/27/05	20	1,7	5,0	3,6	,97	1,7	5,8
		05/24/05	21	3,2	6,0	3,6	,70	1,8	6,0
		06/13/05	21	1,5	6,4	6,8	,82	2,7	6,7
		07/26/05	22	1,9	4,8	4,2	,83	1,7	7,7
		08/26/05	21	2,4	4,4	3,8	,91	1,6	6,1
		09/27/05	20	,8	4,2	3,5	,81	1,6	6,7
		10/25/05	20	2,1	5,4	4,3	,81	1,8	3,3
		11/23/05	17	4,8	4,0	3,4	,76	1,6	5,9
		12/28/05	17	3,6	4,0	3,9	,82	1,5	3,6

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
LAT	F	11/25/04	14	5,0	4,2	2,1	,78	1,4	s/d
		12/22/04	15	3,9	4,6	2,3	,80	1,5	5,0
		01/27/05	17	3,6	,5	2,3	,95	1,5	4,3
		02/23/05	17	3,5	3,6	2,8	1,03	3,7	5,1
		03/23/05	17	2,8	4,8	3,1	1,04	1,9	3,3
		04/28/05	19	2,0	6,2	2,9	,92	1,9	5,5
		05/26/05	18	4,6	5,0	2,5	,81	1,8	5,0
		06/14/05	18	3,5	4,8	3,2	1,04	2,0	6,4
		07/27/05	17	2,5	4,6	2,9	1,00	1,7	6,8
		08/30/05	15	2,6	4,8	3,2	,95	1,7	6,0
		09/28/05	14	3,1	3,4	2,4	,98	1,6	4,3
		10/26/05	12	5,2	4,0	2,3	,98	1,4	2,9
		11/22/05	12	8,1	3,2	2,4	,92	1,6	3,3
		12/27/05	15	3,6	3,6	3,6	,90	1,8	5,1
S	S	09/30/04	12	3,1	5,2	1,9	,79	1,3	3,7
		10/28/04	12	2,7	4,8	1,7	,73	1,3	3,1
		11/25/04	11	3,8	4,2	1,8	,82	1,2	s/d
		12/22/04	15	4,5	4,4	2,3	,81	1,5	4,6
		01/27/05	17	3,4	,5	2,4	,94	1,5	4,4
		02/23/05	17	3,2	4,8	2,8	1,03	1,9	5,2
		03/23/05	17	1,9	4,6	2,8	1,04	1,8	3,3
		04/28/05	19	2,2	5,6	3,1	,92	1,9	5,4
		05/26/05	17	4,1	6,2	2,5	,81	1,7	5,0
		06/14/05	18	2,8	4,6	3,7	1,03	2,1	6,6
		07/27/05	17	2,8	4,6	3,1	1,01	1,8	7,0
		08/30/05	15	3,2	4,6	3,1	,95	1,8	6,2
		09/28/05	14	2,3	3,6	2,4	,94	1,7	4,4
		10/26/05	11	6,3	4,6	2,2	1,00	1,4	3,0
11/22/05	11	9,0	3,0	2,4	,91	1,4	3,3		
12/27/05	14	5,3	3,4	3,4	,92	1,7	5,4		

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
MLR	F	09/29/04	49	5,3	11,6	10,9	,78	3,5	4,1
		10/27/04	49	5,3	6,0	11,0	,79	3,6	4,0
		11/24/04	43	6,3	7,0	9,9	,73	3,2	5,1
		12/21/04	39	5,1	7,6	9,4	,77	3,2	6,1
		01/26/05	43	4,8	,6	8,7	,79	2,9	4,5
		02/22/05	36	3,9	7,2	8,0	,97	3,0	8,0
		03/21/05	37	4,3	6,2	11,5	,82	3,5	5,8
		04/27/05	34	36,6	8,4	7,9	,98	3,2	9,1
		05/25/05	42	5,7	6,6	12,9	1,11	3,7	5,8
		06/13/05	42	3,4	6,8	10,5	,85	3,9	7,9
		07/27/05	45	4,0	6,8	11,1	,87	3,7	7,2
		08/30/05	44	2,8	6,5	11,2	,85	3,7	7,1
		09/28/05	49	3,1	6,0	12,2	,88	3,3	4,9
		10/25/05	47	6,3	7,0	12,2	,90	4,2	5,8
		11/22/05	40	5,5	7,2	13,8	,89	3,6	10,1
		12/27/05	45	2,5	6,2	11,2	,84	3,6	6,0
S	S	09/29/04	38	5,0	7,8	8,2	,82	2,3	7,4
		10/27/04	38	4,0	7,4	8,8	,77	3,0	7,3
		11/24/04	38	6,8	7,8	8,6	,72	2,9	7,1
		12/21/04	41	5,4	6,8	10,8	,73	3,6	5,2
		01/26/05	43	5,0	,6	8,4	,89	2,8	5,1
		02/22/05	42	5,1	6,2	9,8	,92	3,5	5,9
		03/21/05	44	4,1	6,2	10,7	,83	3,8	3,7
		04/27/05	37	3,3	9,8	7,4	,93	3,0	7,6
		05/25/05	44	5,3	6,8	9,9	,85	3,5	5,9
		06/13/05	42	4,6	6,4	10,2	,84	3,7	7,7
		07/27/05	40	6,5	7,8	10,1	,88	3,5	8,4
		08/30/05	39	3,1	7,8	9,7	,88	3,5	9,7
		09/28/05	42	2,7	6,6	10,1	,84	4,0	6,0
		10/25/05	43	5,5	8,0	10,4	,93	3,8	5,3
		11/22/05	40	5,3	7,2	12,0	,87	3,6	9,8
		12/27/05	44	3,9	6,2	11,1	,83	3,6	6,0

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
RAI	F	09/28/04	24	4,2	6,2	3,4	,81	1,6	4,6
		10/26/04	30	4,6	7,0	5,6	,79	2,2	6,6
		11/23/04	27	3,3	6,6	4,7	,77	2,0	6,4
		12/21/04	25	4,1	6,4	5,5	,78	2,3	6,4
		01/25/05	30	4,2	,6	5,7	,91	2,0	5,9
		02/22/05	29	3,6	6,4	6,2	1,00	2,5	6,6
		03/21/05	30	4,4	6,6	7,2	,87	2,8	4,5
		04/27/05	29	2,8	6,4	2,5	,97	3,1	7,2
		05/24/05	29	2,5	7,0	6,3	,98	2,5	6,6
		06/13/05	26	1,9	5,4	3,9	,81	1,9	6,7
		07/26/05	29	2,5	6,0	6,2	,89	2,4	8,7
		08/26/05	37	3,1	6,4	5,8	,88	2,3	7,5
		09/27/05	21	,7	4,8	4,6	,89	1,9	6,1
		10/25/05	17	2,4	4,4	7,4	,93	3,4	3,8
		11/23/05	25	1,9	5,6	11,4	,84	2,2	4,8
		12/28/05	27	4,6	5,8	6,1	,85	2,2	5,2
S	S	09/28/04	28	4,2	6,8	9,0	,77	2,1	6,0
		10/26/04	30	4,4	7,0	5,5	,77	2,2	6,7
		11/23/04	31	3,6	7,6	5,9	,80	2,3	7,0
		12/21/04	29	4,8	7,2	6,9	,80	2,5	7,0
		01/25/05	30	3,8	,6	5,7	,91	2,0	5,6
		02/22/05	29	4,0	6,6	6,4	1,02	2,5	6,5
		03/21/05	31	3,2	7,4	7,2	,84	2,7	4,8
		04/27/05	29	2,9	6,0	2,8	,97	3,0	7,3
		05/24/05	30	4,0	7,6	8,2	,93	2,4	7,0
		06/13/05	29	3,0	5,4	5,0	,96	2,1	7,2
		07/26/05	29	2,1	6,2	6,8	,88	2,5	8,9
		08/26/05	37	3,2	6,4	6,6	,90	2,5	8,2
		09/27/05	28	1,3	5,8	6,0	,85	2,4	7,4
		10/25/05	27	3,9	6,8	5,6	,84	2,6	6,3
		11/23/05	27	5,5	6,0	9,6	,84	2,8	6,6
		12/28/05	27	2,5	5,8	6,5	,85	2,3	5,2

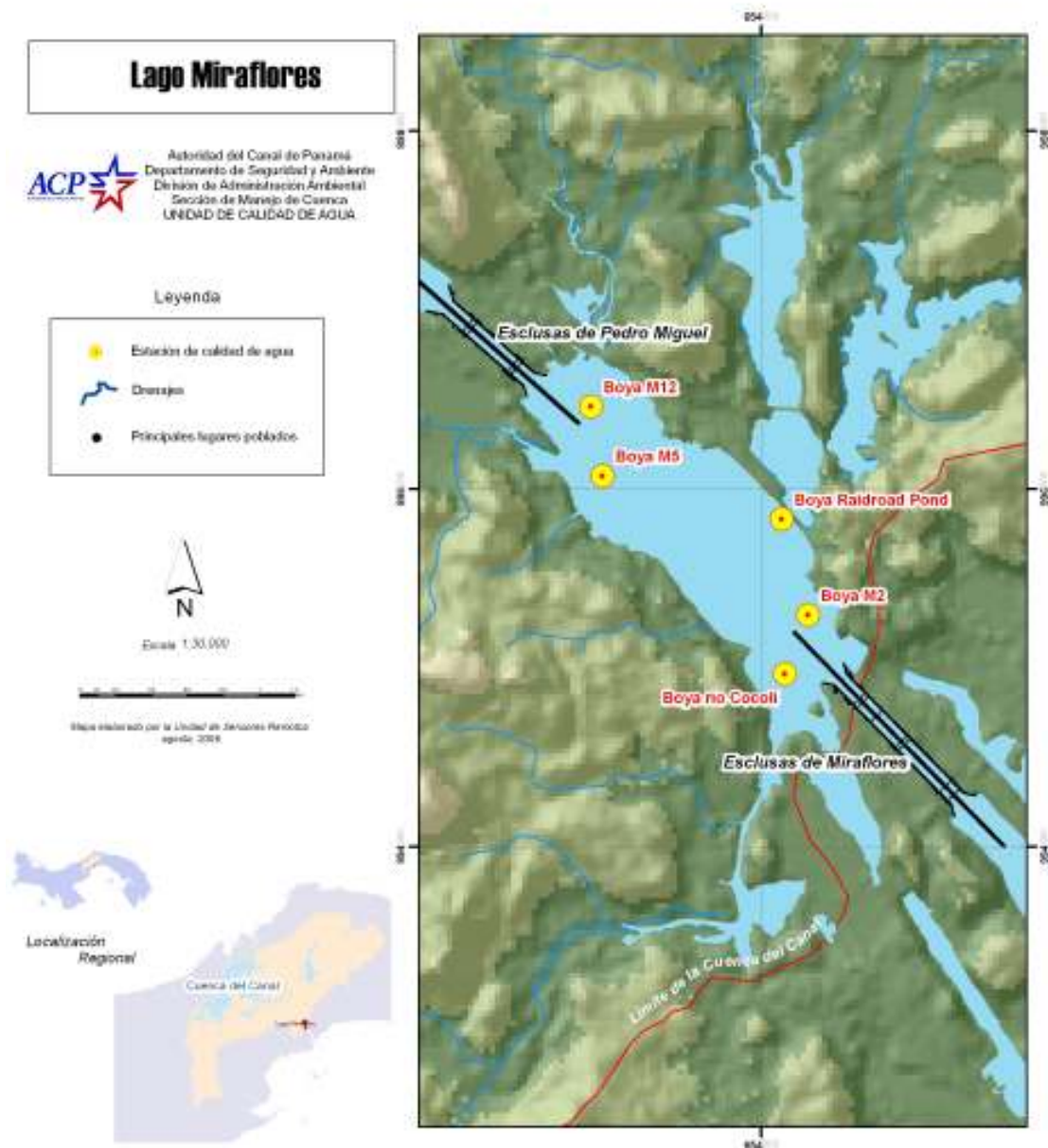
Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
TAR	F	09/30/04	16	2,9	5,4	2,4	,77	1,6	3,6
		10/28/04	14	6,2	4,6	,9	,84	,9	4,2
		11/25/04	14	4,4	2,2	2,1	,86	1,4	s/d
		12/22/04	14	3,6	2,0	2,6	,78	1,5	4,5
		01/27/05	15	3,8	,4	2,5	,99	1,4	3,9
		02/23/05	16	3,8	4,8	2,8	1,07	1,7	4,7
		03/23/05	18	2,9	4,0	2,9	,97	1,9	3,3
		04/28/05	17	2,9	5,4	2,7	,90	1,8	5,2
		05/26/05	20	5,4	6,2	2,5	,81	2,0	s/d
		06/14/05	19	1,9	4,8	3,1	1,08	2,1	6,6
		07/27/05	17	3,3	4,4	2,7	,97	1,7	7,2
		08/30/05	15	2,8	5,0	3,0	,82	1,8	6,1
		09/28/05	14	1,7	4,0	2,4	1,04	1,6	4,3
		10/26/05	15	7,8	4,0	3,1	1,18	1,6	2,9
		11/22/05	12	8,1	3,4	2,6	1,02	1,4	6,0
		12/27/05	14	2,5	3,4	3,0	,88	1,7	5,0
S	S	09/30/04	13	4,4	4,4	1,6	,62	1,3	3,5
		10/28/04	12	1,7	5,6	1,7	,68	1,3	4,3
		11/25/04	12	4,5	4,6	1,7	,76	1,2	s/d
		12/22/04	13	3,2	3,6	2,2	,78	1,4	4,4
		01/27/05	15	4,2	,4	2,4	1,00	1,4	4,4
		02/23/05	16	3,9	5,6	2,8	1,06	1,7	4,7
		03/23/05	18	2,0	4,6	3,4	1,06	2,1	3,4
		04/28/05	17	2,7	5,0	2,8	1,06	1,8	5,3
		05/26/05	17	5,4	6,0	2,7	,78	1,8	5,2
		06/14/05	18	1,9	5,0	3,2	1,09	2,0	6,5
		07/27/05	16	3,6	4,6	2,9	1,00	1,7	7,3
		08/30/05	15	2,5	4,2	3,1	,87	1,8	6,1
		09/28/05	14	1,8	4,0	2,4	,89	1,6	4,3
		10/26/05	12	5,1	3,8	2,2	,99	1,4	3,3
		11/22/05	11	7,6	3,2	2,4	,95	1,4	4,8
		12/27/05	14	5,8	3,4	3,2	,88	1,7	4,8

Tabla 11. Lago Gatún: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
TMR	F	09/30/04	56	10,3	9,0	14,5	,73	3,3	4,1
		10/28/04	56	10,2	11,8	13,6	,75	3,1	6,6
		11/24/04	51	14,7	9,6	14,7	,80	3,5	s/d
		12/22/04	37	7,2	7,4	11,1	,59	3,0	4,7
		01/27/05	42	5,8	,7	8,6	,59	2,6	5,4
		02/23/05	45	5,7	14,2	9,9	,63	3,4	4,7
		03/23/05	47	4,9	7,2	10,5	,63	3,6	4,3
		04/28/05	44	3,3	9,0	10,7	,63	3,5	7,0
		05/26/05	50	9,9	10,0	13,2	,84	3,9	6,7
		06/14/05	48	5,2	8,8	15,7	1,01	4,5	8,1
		07/27/05	28	9,7	9,6	16,4	1,08	4,0	8,6
		08/25/05	52	6,1	7,8	16,2	1,00	3,8	6,4
		09/28/05	54	9,1	7,6	16,2	1,03	3,8	4,8
		10/26/05	51	7,8	8,6	15,6	,82	4,0	5,8
		11/22/05	56	16,2	7,8	3,4	1,13	3,8	5,6
		12/27/05	58	9,4	8,2	15,6	,88	3,6	6,1
S	S	09/30/04	57	10,1	14,4	14,5	,72	3,2	4,6
		10/28/04	57	9,8	11,4	14,6	,77	3,2	6,5
		11/24/04	50	17,4	10,6	14,6	,82	3,5	s/d
		12/22/04	37	6,1	7,2	10,9	,59	3,0	4,9
		01/27/05	43	7,0	,7	10,3	,60	3,2	5,1
		02/23/05	45	5,7	12,0	10,1	,63	3,5	4,7
		03/23/05	47	3,9	7,6	10,6	,61	3,5	4,4
		04/28/05	44	4,1	8,6	10,7	,62	3,6	5,8
		05/26/05	50	9,8	10,2	13,3	,84	3,9	s/d
		06/14/05	56	9,2	8,0	11,8	,77	4,3	8,2
		07/27/05	28	9,2	9,2	16,4	1,06	4,0	8,7
		08/25/05	52	6,4	8,6	17,1	1,02	3,8	6,5
		09/28/05	54	9,8	7,8	16,8	1,02	3,8	4,8
		10/26/05	50	10,0	8,2	14,4	,86	3,8	3,4
		11/22/05	57	23,5	8,2	3,8	1,12	3,8	5,8
		12/27/05	59	8,1	7,8	15,6	,94	3,6	6,0

5.3. Lago Miraflores



5.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La temperatura promedio de las aguas superficiales oscila entre 28,25 y 28,68°C, y en el fondo entre 28,16 y 28,54°C. La variación térmica en la columna de agua es menor de 1°C entre superficie y fondo, por lo que no hay estratificación térmica. La mediana está por encima de 28°C y es similar en todas las estaciones de muestreo (figura 101).

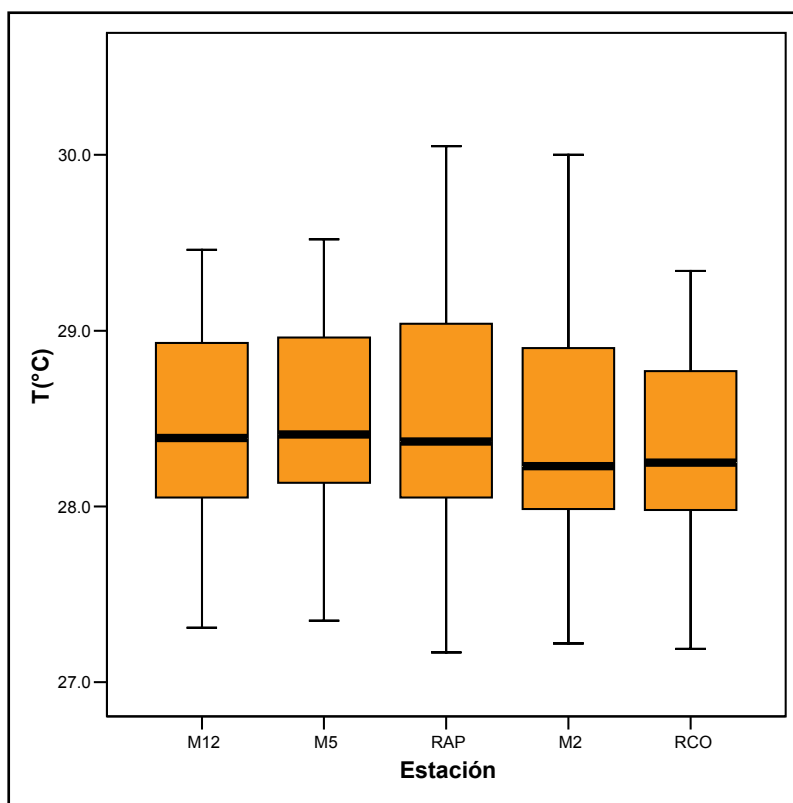


Figura 101. Diagrama de caja de los valores de temperatura (lago Miraflores 2003-2005; superficie).

En términos generales, todas las estaciones del lago, tanto en la superficie como en fondo, presentan niveles de oxígeno disuelto por encima de 6 mg/l. Los valores promedio en superficie se encuentran entre 6,24 mg/l (Raidroad Pond-2004) y 6,90 mg/l (río Cocolí-2003) (figura 102). En el fondo se encuentran valores entre 6,25 mg/l en la estación Boya M2 y 6,68 mg/l en Raidroad Pond-2004. El valor máximo en superficie, 9,33 mg/l, se presentó en la estación Boya M5-2003, y el mínimo, 4,88 mg/l, en la estación Raidroad Pond-2003.

En todas las estaciones de muestreo la mediana de oxígeno disuelto está por encima de 6 mg/l, encontrándose dos valores atípicos en el 2003 por debajo de este valor y por debajo del valor guía recomendado para sustentar vida acuática (5 mg/l). Se reportan seis valores atípicos altos en el 2003 de oxígeno disuelto en todas las estaciones de muestreo (figura 103).

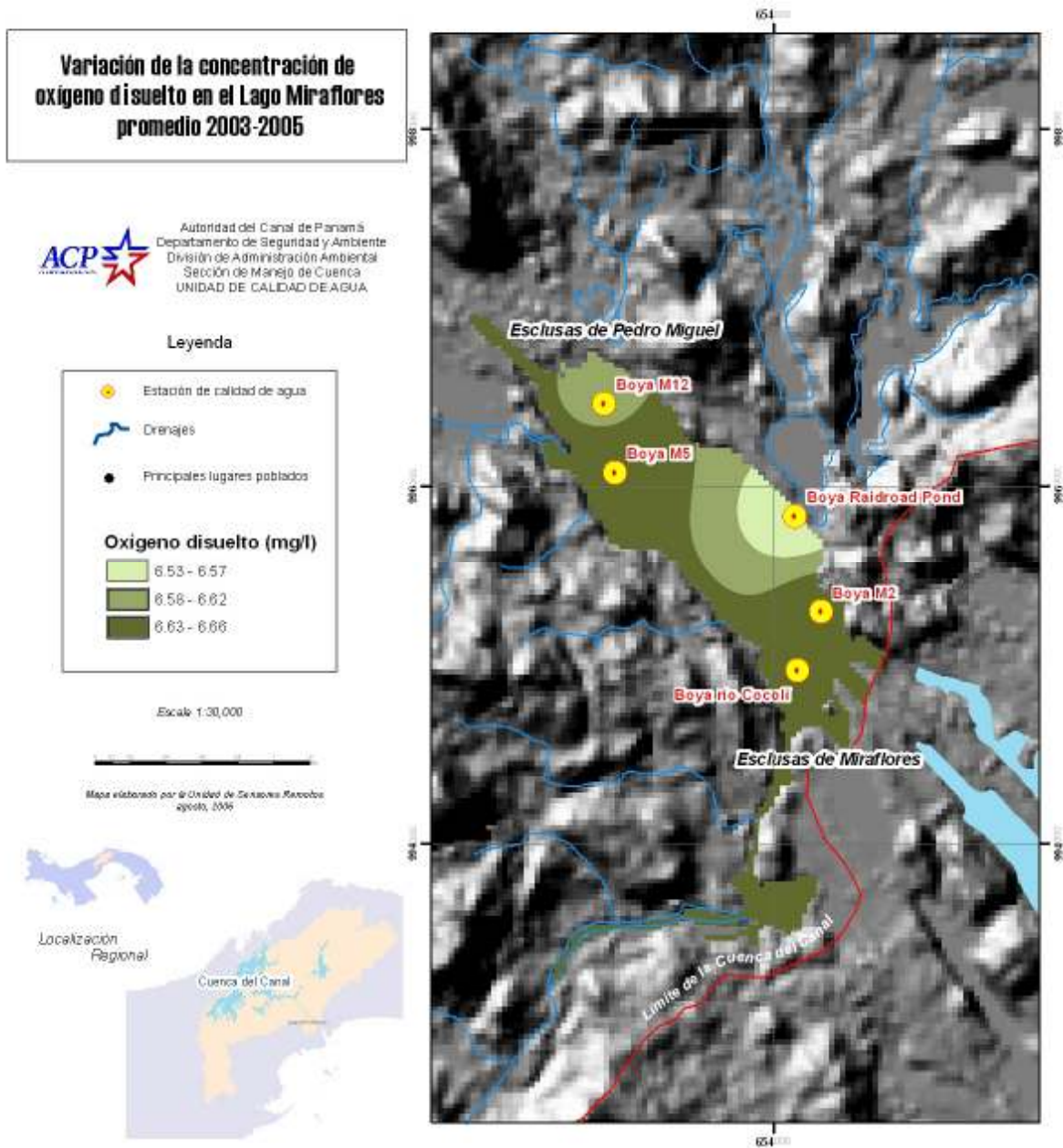


Figura 102. Variación de la concentración de oxígeno disuelto. Lago Miraflores, promedio 2003-2005.

Se observa similitud en la concentración mediana de oxígeno disuelto en todas las estaciones de muestreo. Aproximadamente dos por ciento de los datos en las estaciones M2 y M5 se encuentra por debajo del valor guía recomendado

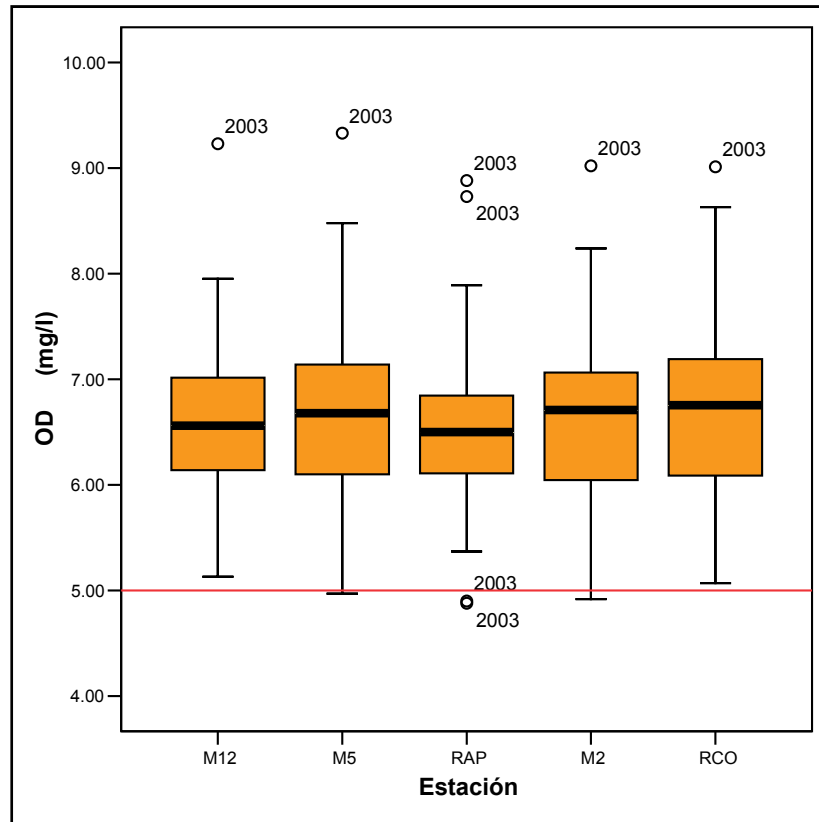


Figura 103. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (lago Miraflores, 2003-2005; superficie).

5.3.2. Nitratos

Las concentraciones promedio de nitratos registradas en la superficie se encuentran entre 0,131 mg/l en la estación Raidroad Pond- 2003 y 0,207 mg/l en la estación Boya M5-2005 (figura 104). En el fondo los valores van desde 0,084 mg/l en la estación Raidroad Pond-2004 hasta 0,197 mg/l en la misma estación-2005. El valor máximo en la superficie es de 0,368 mg/l en la estación Raidroad Pond -2004 y en el fondo es de 0,361 mg/l en la estación Boya M12-2004. El valor mínimo en la superficie es de 0,005 mg/l (estación Boya M5-2003) y en el fondo de 0,006 mg/l (estación Boya M5-2003).

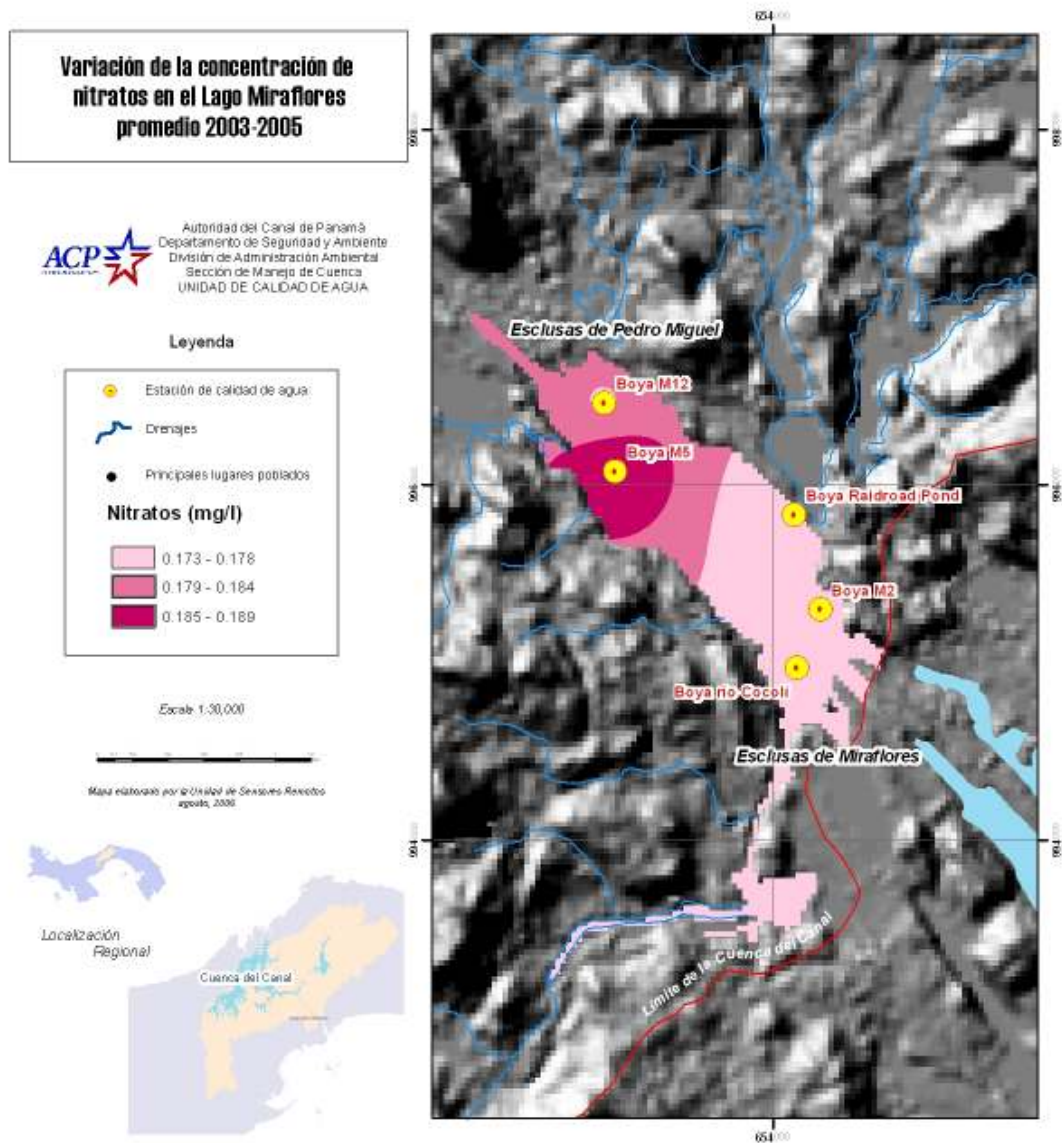


Figura 104. Variación de la concentración de nitratos. Lago Miraflores, promedio 2003-2005.

La mediana de nitratos en todas las estaciones de muestreo, no sobrepasa el valor guía recomendado (0,3 mg/l) utilizado como valor máximo para evitar la eutrofización (figura 105). Sin embargo aproximadamente el 15 por ciento de los valores sobrepasa este valor. En las estaciones RAP, M2 y RCO existe similitud en la mediana de nitratos y en las estaciones M12 y M5 hay una ligera diferencia con respecto a las otras.

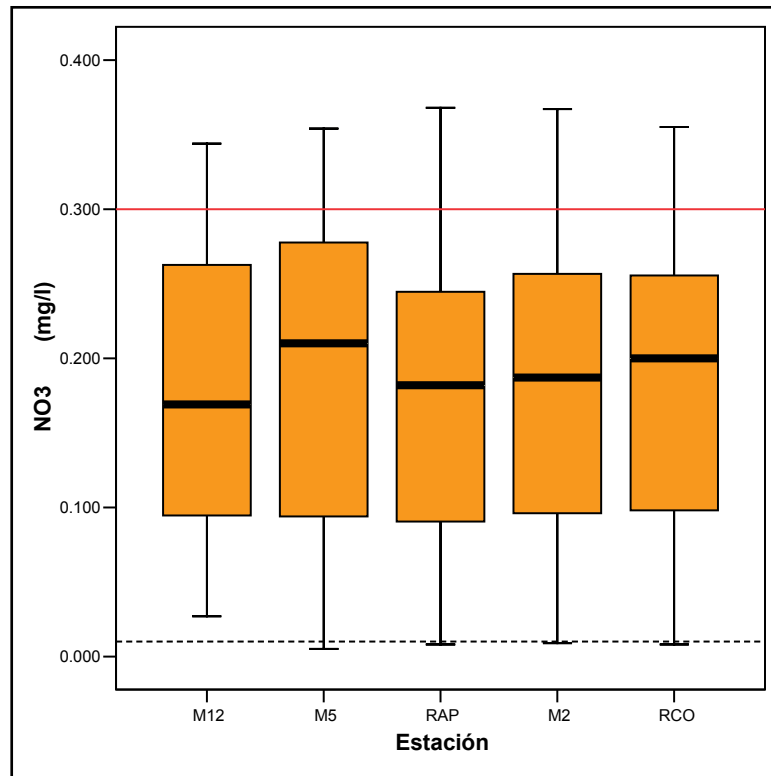


Figura 105. Diagrama de caja de las concentraciones de los nitratos (lago Miraflores 2003-2005; superficie).

5.3.3. Fosfatos

Las concentraciones promedio de fosfatos en la superficie se encuentran entre 0,013 mg/l en la estación Raidroad Pond-2003, y 0,018 mg/l, en la estación río Cocolí- 2005 (figura 106). En el fondo, los valores promedio van desde 0,011 mg/l (Raidroad Pond-2005) hasta 0,021 mg/l (estación río Cocolí-2003). El valor máximo en la superficie es de 0,042 mg/l (estación Boya M5-2003), y en el fondo de 0,054 mg/l en la estación río Cocolí-2003.

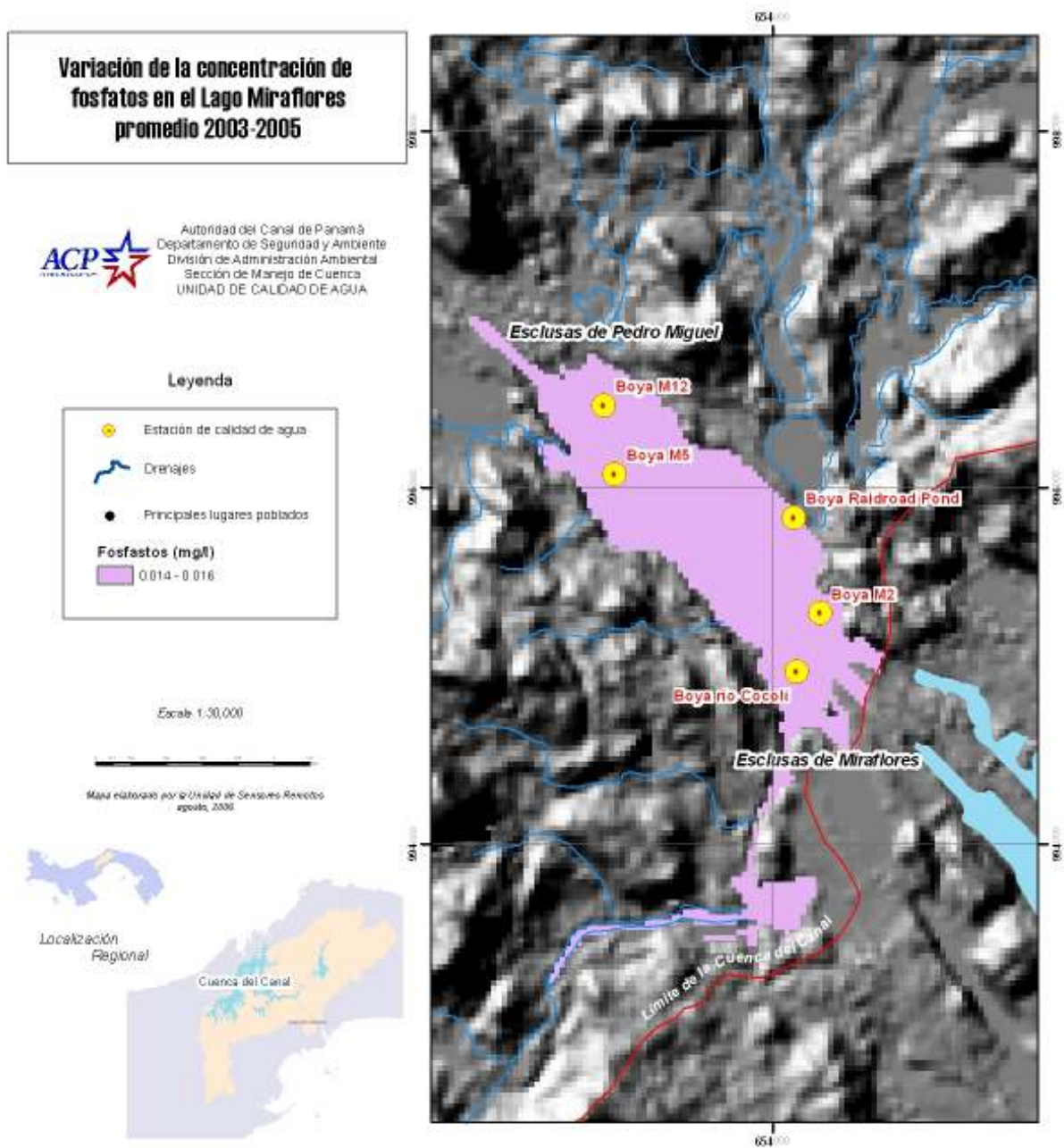


Figura 106. Variación de la concentración de fosfatos. Lago Miraflores, promedio 2003-2005.

El diagrama de caja muestra que en promedio las concentraciones de fosfatos son menores de 0,020 mg/l, muy por debajo del nivel guía establecido y del

límite de detección del método (figura 107). Se registraron cuatro valores atípicos entre el 2003 y el 2005.

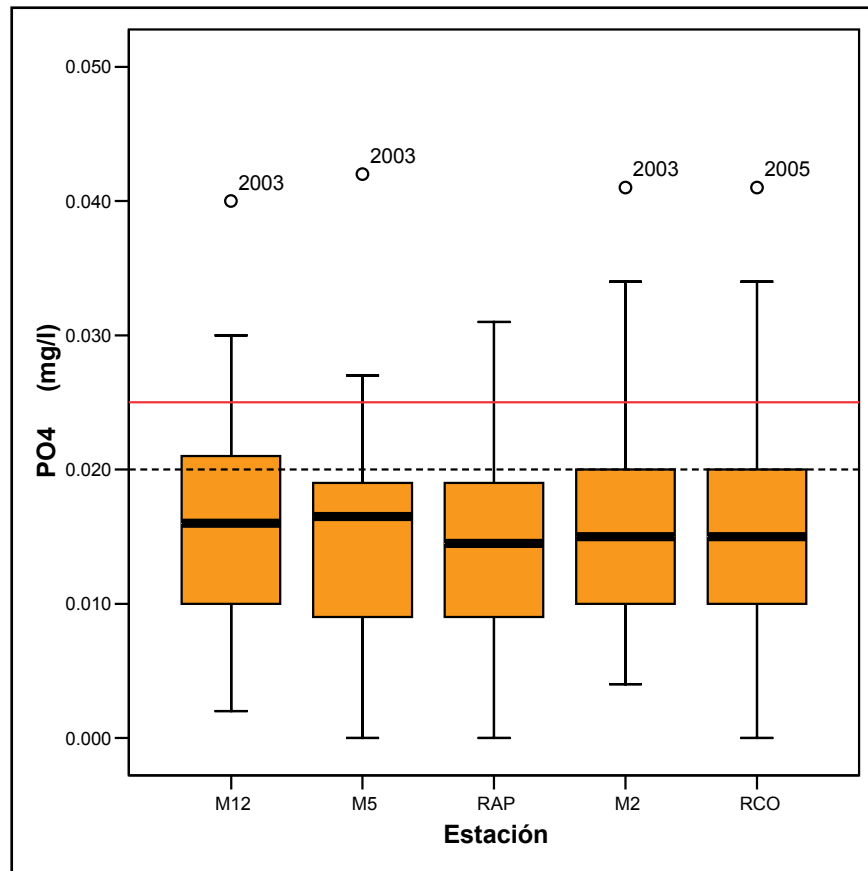


Figura 107. Diagrama de caja de las concentraciones de los fosfatos (lago Miraflores 2003-2005; superficie).

5.3.4. Clasificación de las aguas según las concentraciones de iones principales

El triángulo de los cationes muestra que el sodio es el catión dominante en los 5 sitios de muestreo (aproximadamente el 80 por ciento). El triángulo de los aniones muestra que el cloruro es el anión dominante (aproximadamente 80 por ciento) en todas las muestras (figuras 108 y 109). El análisis de los tres diagramas permitió constatar que las muestras se sitúan en la características sodio cloruradas.

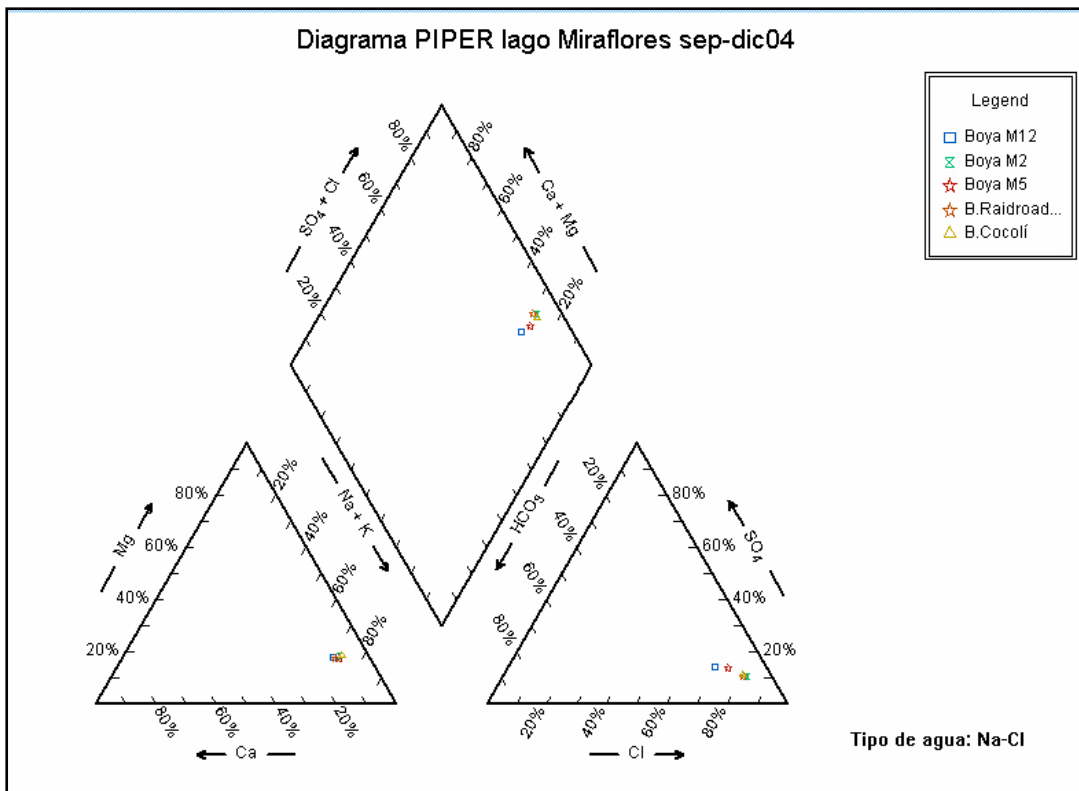


Figura 108. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas del lago Miraflores (setiembre-diciembre 2004; superficie).

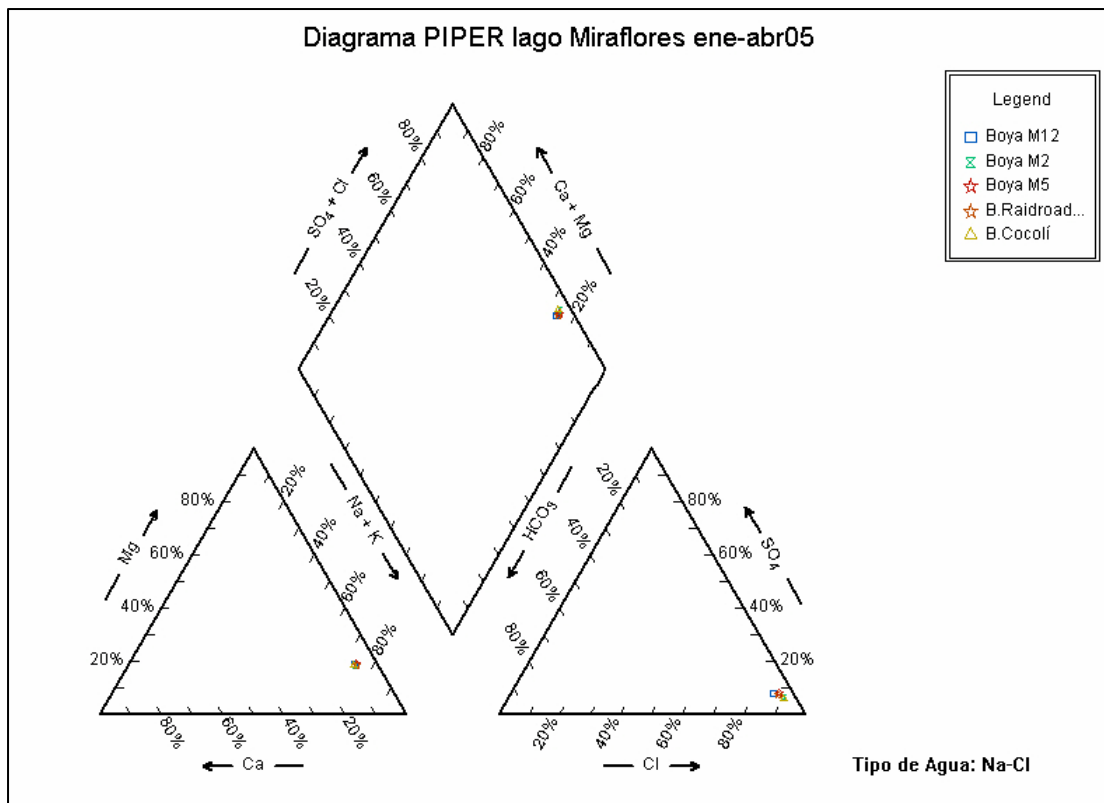


Figura 109. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas del lago Miraflores (enero-abril 2005; superficie).

Tabla 12. Lago Miraflores: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)		
M12	F	09/14/04	59	35,5	109,6	15,4	4,8	12,9	220		
		10/13/04	58	39,8	139,2	19,9	6,1	19,1	s/d		
		11/09/04	60	57,2	199,0	28,0	8,7	27,2	s/d		
		12/07/04	57	56,4	196,2	24,1	8,7	27,2	s/d		
		01/12/05	43	60,7	221,8	18,0	9,6	29,8	620		
		02/10/05	44	67,3	265,4	19,8	10,8	32,9	612		
		03/09/05	49	66,7	314,8	21,9	13,0	40,5	654		
		04/13/05	47	59,7	252,0	19,7	10,4	33,0	561		
		05/11/05	47	37,6	148,0	16,0	6,2	19,4	377		
		06/08/05	52	33,4	91,9	17,0	4,5	14,1	360		
		07/14/05	58	24,2	64,8	16,1	3,3	10,6	284		
		08/10/05	57	37,9	136,0	19,4	6,2	18,9	494		
		09/14/05	52	35,6	123,0	18,0	6,0	17,1	322		
		10/13/05	57	24,8	44,5	17,7	2,7	6,6	250		
		11/08/05	54	31,7	146,0	20,4	4,8	16,9	386		
		12/05/05	64	65,8	222,0	26,0	10,0	27,2	685		
		S		09/14/04	58	28,2	75,8	15,2	3,4	8,6	140
				10/13/04	59	32,0	107,0	18,6	4,7	15,8	s/d
				11/09/04	61	37,4	119,0	18,8	5,4	17,2	s/d
				12/07/04	54	49,9	198,0	21,2	7,7	24,5	s/d
01/12/05	40			54,3	193,6	16,7	8,2	25,5	515		
02/10/05	45			45,2	158,0	8,3	6,5	22,1	325		
03/09/05	50			50,6	211,2	17,7	8,7	28,2	415		
04/13/05	48			29,6	113,0	15,4	4,9	15,8	298		
05/11/05	47			36,7	136,0	15,3	5,8	18,9	332		
06/08/05	52			30,0	78,8	16,7	4,0	11,0	340		
07/14/05	57			22,8	64,4	18,9	3,3	10,1	285		
08/10/05	57			36,5	124,0	18,5	5,7	17,6	491		
09/14/05	52			23,9	71,1	15,8	3,7	10,8	378		
10/13/05	58			23,6	40,7	18,5	2,8	6,8	260		
11/08/05	55	24,7	79,4	17,8	3,1	10,0	274				
12/05/05	64	32,0	92,4	21,4	4,6	14,6	363				

Tabla 12. Lago Miraflores: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)		
M2	F	09/14/04	58	53,7	171,4	15,3	7,6	17,4	390		
		10/13/04	58	58,2	219,4	21,8	9,6	22,4	s/d		
		11/09/04	61	79,2	297,6	25,2	12,8	37,7	s/d		
		12/07/04	53	72,5	273,8	24,1	11,9	36,7	s/d		
		01/12/05	43	79,7	282,6	19,8	11,8	34,9	1.550		
		02/10/05	45	102,2	386,4	44,1	14,9	45,8	915		
		03/09/05	47	66,9	278,2	19,9	11,5	35,1	617		
		04/13/05	52	75,6	315,0	18,9	12,3	40,0	642		
		05/11/05	47	63,7	268,0	19,7	11,1	34,0	590		
		06/08/05	54	44,5	143,0	18,6	6,6	20,2	470		
		07/14/05	54	31,0	123,0	17,2	5,7	12,8	415		
		08/10/05	57	49,3	186,0	20,9	8,3	26,0	614		
		09/14/05	52	37,6	129,0	18,9	6,8	18,9	359		
		10/13/05	56	49,0	114,0	20,4	9,2	14,3	400		
		11/08/05	56	53,9	183,0	20,9	5,7	18,1	415		
		12/05/05	63	72,8	228,0	26,1	10,3	31,2	687		
		S		09/14/04	57	51,5	159,8	16,8	7,0	16,0	350
				10/13/04	58	47,2	157,6	28,7	7,1	25,5	s/d
				11/09/04	60	66,4	233,8	23,1	10,0	29,8	s/d
				12/07/04	53	58,1	211,0	22,1	9,1	28,8	s/d
01/12/05	44			63,5	232,0	25,1	9,7	29,8	1.324		
02/10/05	46			72,4	273,0	20,1	11,4	33,5	655		
03/09/05	49			52,4	216,4	17,4	9,0	28,3	490		
04/13/05	52			54,6	223,0	18,8	9,4	30,0	516		
05/11/05	47			44,2	172,0	16,4	7,3	22,0	444		
06/08/05	54			41,3	126,0	18,6	5,9	18,0	430		
07/14/05	47			27,8	93,1	16,7	4,5	17,2	337		
08/10/05	57			48,7	147,0	19,8	6,6	19,8	537		
09/14/05	52			29,8	96,4	16,7	5,3	14,9	298		
10/13/05	56			36,5	109,0	20,3	8,6	14,4	410		
11/08/05	56			53,3	183,0	21,0	5,8	17,8	423		
12/05/05	63			58,9	186,0	24,5	8,6	25,6	587		

Tabla 12. Lago Miraflores: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)		
M5	F	09/14/04	59	43,2	137,2	16,1	6,0	14,5	290		
		10/13/04	57	54,3	203,0	21,9	8,8	26,3	s/d		
		11/09/04	59	70,0	253,0	25,5	10,8	32,6	s/d		
		12/07/04	55	68,4	260,2	23,0	10,9	33,8	s/d		
		01/12/05	44	75,7	270,8	20,9	11,7	34,9	760		
		02/10/05	45	76,9	287,8	19,6	11,9	36,3	730		
		03/09/05	49	61,1	281,4	34,1	11,5	36,4	591		
		04/13/05	48	59,8	251,0	19,5	10,5	34,0	555		
		05/11/05	47	55,4	229,0	19,0	9,6	30,0	555		
		06/08/05	53	37,0	109,0	18,0	5,2	15,8	390		
		07/14/05	56	28,8	95,3	17,0	4,5	13,6	349		
		08/10/05	57	41,4	182,0	21,0	8,1	24,6	573		
		09/14/05	52	31,1	122,0	17,6	6,2	17,1	332		
		10/13/05	56	33,4	81,7	19,9	7,4	11,4	380		
		11/08/05	54	38,8	157,0	20,0	5,0	16,8	389		
		12/05/05	64	62,4	201,0	25,0	9,1	26,4	634		
		S	S	09/14/04	58	32,7	96,6	14,9	4,4	10,8	200
				10/13/04	58	44,2	165,8	20,4	6,9	21,3	s/d
				11/09/04	60	53,5	187,8	23,6	8,1	24,7	s/d
				12/07/04	54	58,5	212,4	20,7	8,8	26,9	s/d
01/12/05	44			65,7	233,0	17,9	10,0	30,7	627		
02/10/05	45			85,8	304,0	19,9	12,6	37,6	770		
03/09/05	48			50,0	207,8	17,2	8,6	27,0	461		
04/13/05	48			57,4	240,0	19,1	10,0	33,0	549		
05/11/05	47			52,1	208,0	17,6	8,8	28,0	485		
06/08/05	53			36,2	105,0	17,5	5,0	15,4	390		
07/14/05	57			30,4	85,5	15,9	4,1	12,8	332		
08/10/05	57			36,3	173,0	20,0	7,7	23,8	553		
09/14/05	52			31,5	95,6	16,7	6,3	14,0	277		
10/13/05	56			29,7	67,3	19,4	3,6	9,9	340		
11/08/05	55			37,8	127,0	19,0	4,1	13,9	338		
12/05/05	65	48,1	157,0	23,6	7,4	23,0	547				
RAP	F	02/10/05	45	66,3	247,8	19,1	10,2	30,9	594		
		07/14/05	55	36,8	85,6	17,1	4,2	13,6	327		

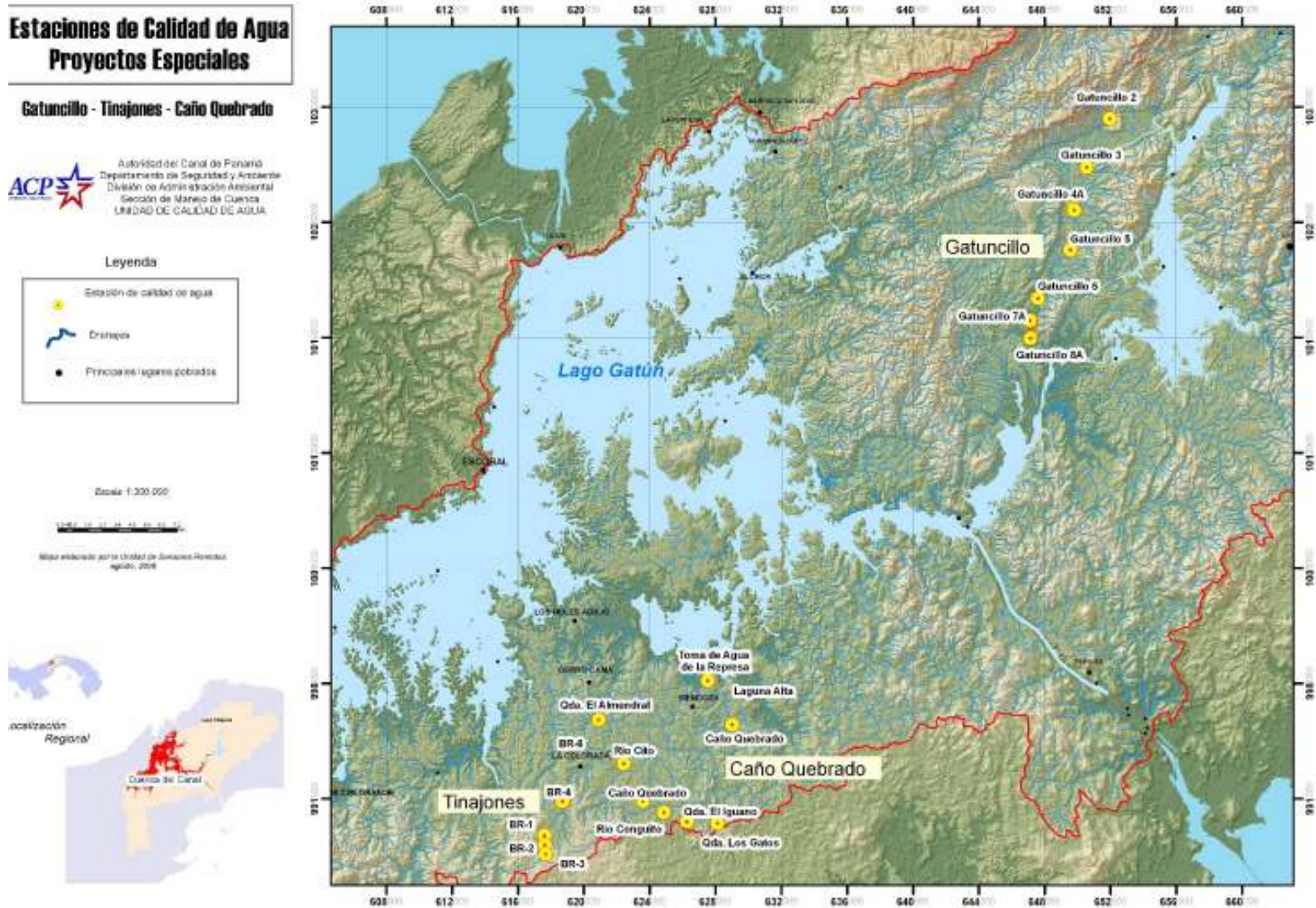
Tabla 12. Lago Miraflores: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
RAP	S	09/14/04	57	43,5	136,6	15,9	6,2	15,1	300
		10/13/04	59	47,1	169,6	20,5	7,4	22,2	s/d
		11/09/04	61	60,1	212,4	24,0	9,2	27,6	s/d
		12/07/04	56	52,0	187,8	38,2	7,9	26,2	s/d
		01/12/05	44	55,2	204,2	16,6	8,5	25,7	550
		02/10/05	45	67,8	250,4	18,4	11,1	30,5	601
		03/09/05	49	53,7	227,6	17,8	9,3	29,0	514
		04/13/05	50	40,9	162,0	16,5	6,9	22,0	419
		05/11/05	47	44,1	169,0	16,4	7,3	22,0	454
		06/08/05	54	38,7	119,0	18,0	5,6	17,2	410
		07/14/05	48	29,5	93,6	16,4	4,5	12,8	339
		08/10/05	58	50,8	119,0	22,5	5,5	16,7	484
		09/14/05	52	37,1	97,8	16,2	5,4	14,9	296
		10/13/05	56	29,7	93,8	20,4	8,6	12,7	400
		11/08/05	55	32,3	125,0	18,9	3,9	12,7	332
12/05/05	63	50,3	152,0	23,0	7,0	21,6	501		
RCO	F	09/14/04	59	59,8	203,8	20,8	8,8	24,5	470
		10/13/04	57	57,0	208,6	23,5	9,1	25,3	s/d
		11/09/04	60	89,1	328,8	26,2	13,6	41,2	s/d
		12/07/04	55	69,7	268,4	23,3	11,4	34,8	s/d
		01/12/05	44	83,3	295,6	20,9	12,4	37,1	1.619
		02/10/05	44	98,4	348,6	22,0	14,2	44,4	860
		03/09/05	49	50,4	201,6	17,5	8,2	26,5	452
		04/13/05	51	58,4	248,0	19,4	10,3	14,5	564
		05/11/05	47	73,0	305,0	20,9	12,0	37,0	623
		06/08/05	54	46,7	148,0	18,8	6,9	20,7	470
		07/14/05	58	35,7	118,0	17,2	5,6	12,8	409
		08/10/05	59	48,8	165,0	21,6	7,5	22,4	584
		09/14/05	52	54,3	156,0	20,3	7,5	21,2	387
		10/13/05	54	54,9	125,0	20,7	9,4	15,1	390
		11/08/05	56	59,8	210,0	21,6	6,6	21,7	447
12/05/05	63	68,1	220,0	25,8	10,0	28,8	694		

Tabla 12. Lago Miraflores: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Prof.	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
RCO	S	09/14/04	59	45,5	137,6	15,4	6,2	13,9	320
		10/13/04	57	50,9	190,6	22,6	8,1	28,7	s/d
		11/09/04	60	76,0	277,8	23,2	11,8	34,9	s/d
		12/07/04	56	57,8	206,0	21,4	9,0	28,3	s/d
		01/12/05	44	66,6	241,6	25,2	10,1	32,1	1.365
		02/10/05	44	71,3	266,0	19,0	11,1	32,5	650
		03/09/05	48	35,5	140,6	15,3	5,8	19,1	341
		04/13/05	51	53,5	217,0	18,4	9,1	30,0	513
		05/11/05	47	48,7	192,0	17,5	8,2	25,0	470
		06/08/05	54	45,7	145,0	18,6	6,6	20,2	470
		07/14/05	56	29,9	85,4	17,8	4,2	17,2	321
		08/10/05	57	42,0	146,0	21,2	6,6	20,2	537
		09/14/05	52	31,4	101,0	17,6	5,1	14,4	293
		10/13/05	54	49,6	117,0	20,1	9,2	14,3	380
		11/08/05	55	56,5	181,0	20,7	5,7	18,0	412
12/05/05	64	51,2	172,0	24,0	7,8	22,6	580		

6. Proyectos especiales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.



Subcuenca del río Gatuncillo

La calidad del agua en la subcuenca del río Gatuncillo, para el período 2003-2005, según los resultados obtenidos, se determina como buena para los tramos alto y medio-alto. De 450 muestras con registros, 392 muestras (87 por ciento) registraron valores de oxígeno disuelto (OD) por encima de 5 mg/l, valor guía recomendado para soporte de vida acuática. Esta distribución sugiere que el cuerpo de agua mantiene condiciones de soporte adecuadas para los organismos acuáticos, quedando solo el 12,4 por ciento de las muestras en condiciones menos favorables. Esta última situación se presenta hacia el tramo bajo del río, probablemente en correspondencia con la alta densidad de población y sus consecuentes actividades.

De las muestras con registros, el 61 por ciento para el caso de nitratos y el 72 por ciento en cuanto a los fosfatos, sugieren una calidad de agua aceptable para evitar procesos de eutrofización, ya que los valores se encuentran por debajo de los valores guía recomendados. Sin embargo, es importante resaltar que 39,11 por ciento de las muestras para nitratos y 27,77 por ciento para fosfatos, no cumplen con el valor guía para estos parámetros. Las muestras provienen de las estaciones G4 (quebrada Sardinilla) ubicada en el tramo medio-alto del río y a las estaciones del tramo bajo G7A, G7B, G8, G8A y G8B. Esta condición desmejorada sugiere un impacto de las actividades agropecuarias (cría de ganado porcino, vacuno, de aves) y comercio/servicios, característicos de esta área, ubicada dentro del corredor transistmico.

Para el parámetro de coliformes fecales, el 87,33 por ciento de las muestras exceden el valor guía de 200 NMP/100 ml, indicado para uso recreativo de contacto directo (véase página 25); 31,11 por ciento se encuentra por encima de 1000 NMP/ml, valor guía para uso recreacional de contacto secundario; y un 17,33 por ciento está por encima de 2000 NMP/100 ml, valor recomendado para uso de abastecimiento público con tratamiento. Es importante mencionar que todas las estaciones tienen un comportamiento homogéneo para este

parámetro, encontrándose los porcentajes más altos hacia el tramo bajo del río. En estas áreas se llevan a cabo actividades agropecuarias e industriales, además de clasificarse como densamente pobladas, lo que sugiere una contaminación por residuos fecales (ACP, 2004).

En su conjunto, el Índice de Calidad del Agua promedio para los tres años, coincide con una distribución que incluye a la subcuenca del río Gatuncillo dentro del rango de la categoría de calidad buena del agua, con un 89 por ciento de los datos ubicados dentro del rango verde, lo cual sugiere un estado de la subcuenca sano actualmente, con una buena capacidad de autodepuración. El 11 por ciento de las muestras (57 muestras) se ubican en el rango de calidad media, correspondiendo el 79 por ciento de ellas a estaciones ubicadas en el tramo bajo del río. Esta clasificación permite estimar que el agua en las estaciones del río Gatuncillo es aceptable para el abastecimiento de agua potable, previo tratamiento, para uso recreativo de contacto directo o indirecto en algunos tramos y conservación de la vida acuática, en la mayoría de ellas. Llama la atención la tendencia que se observa hacia el desmejoramiento de la calidad de agua en el tramo bajo del río, y en el tramo medio-alto, a la altura de la entrada al río Gatuncillo de las aguas de la quebrada Sardinilla.

Subcuenca del río Tinajones

La calidad del agua en la subcuenca del río Tinajones, para el período 2004-2005, según los resultados obtenidos se clasifica, en términos generales, como buena. De 120 muestras con registros, el 90 por ciento de los datos de oxígeno disuelto (OD) cumplen y/o sobrepasan el valor guía de referencia de 5 mg/, adecuado para el soporte de la vida acuática, quedando un 10 por ciento por debajo de dicho valor. Estos resultados sugieren que la presencia de material orgánico en descomposición es baja en los sitios muestreados. En el caso de los nitratos y los fosfatos, el 68 y 89 por ciento de las muestras, respectivamente, se encuentran dentro de límites aceptables para evitar procesos de eutrofización, notándose una moderada afectación (32 por ciento de

las muestras) en las concentraciones de los nitratos en las estaciones BR3 y BR4 (área de influencia de una finca porcina) donde se presumen eventos de descarga de aguas residuales sobre el río.

Las concentraciones de *E. coli* sobrepasan en 95 muestras (79,2 por ciento del total), el valor guía de 200 NMP/100 ml, indicado para uso recreativo del agua con contacto directo (véase página 25), notándose una distribución bastante homogénea de estos valores en todas las estaciones, sobresaliendo ligeramente la estación BR3 (área de influencia de la porqueriza) con el mayor porcentaje de datos por encima del valor guía de referencia (19 por ciento de 95 muestras). Esta distribución estaría sugiriendo una posible contaminación por residuos fecales probablemente generada desde los asentamientos humanos y las diversas actividades pecuarias que se llevan a cabo en esta región caracterizada por varias fincas porcinas, avícolas y ganaderas.

Un 71 por ciento de los datos están por debajo del valor guía que limita el valor del agua para uso recreacional de contacto secundario (1000 NMP/100 ml), haciendo aceptable el agua para tal actividad. Así mismo, 96 muestras del total (80 por ciento) resultaron aptas para uso de abastecimiento de agua, previo tratamiento, encontrándose por debajo del valor guía de 2000 NMP/100 ml.

En su conjunto, el Índice de Calidad del Agua coincide con una distribución que incluye el agua de la subcuenca del río Tinajones dentro del rango del descriptor de calidad buena del agua (71- 90), con un 91 por ciento de los datos ubicados dentro del rango verde, lo cual sugiere un estado saludable de la subcuenca. Solo un 9 por ciento de los registros se ubican en el rango de calidad media (51 - 70). Esta clasificación permite inferir que el agua en las estaciones del río Tinajones es aceptable para el abastecimiento de agua potable, previo tratamiento, para uso recreativo de contacto directo y/o indirecto según sitios y conservación de la vida acuática, presentando una buena capacidad de autodepuración.

Subcuenca del río Caño Quebrado

El 100 por ciento de las muestras en toda la subcuenca tienen concentraciones de nitratos y fosfatos por debajo de los valores guías recomendados para evitar procesos de eutrofización.

Del total de 108 muestras, el 53 por ciento presentó niveles de oxígeno disuelto por encima del valor mínimo recomendado como aceptable para mantener la vida acuática. Las concentraciones de *E. coli* se encuentran por encima del valor guía recomendado como adecuado para uso recreativo con contacto directo en un 60 por ciento de las muestras (véase página 25). El 11 por ciento de las muestras tiene concentraciones por encima del valor guía recomendado como adecuado para uso recreativo con contacto secundario y el 5,6 por ciento excede el valor guía para uso de abastecimiento de agua con tratamiento previo. Las estaciones QAL, QIG y RCN son las que tienen mayor número de muestras con concentraciones de *E. coli* por encima de 200 NMP/100ml (15, 15 y 16 respectivamente, lo cual representa el 23,08 y 24,62 por ciento de las muestras)

La mayor proporción de datos (91,7 por ciento), para las estaciones en la subcuenca del río Caño Quebrado de acuerdo al cálculo del ICA, se concentra en el rango de calidad buena.

parámetros químicos, físicos y biológicos en tales estaciones corresponde a los años 2003, 2004 y 2005.

6.1.1. Temperatura y oxígeno disuelto

La mediana en todas las estaciones es similar y se encuentra por encima de 25°C, excepto en G2 donde es ligeramente inferior. Se registran ocho valores atípicos altos en los años 2003 y 2005. En los tres años de muestreo se registraron siete valores atípicos bajos. En el año 2003 se encuentran tres valores extremos bajos en G6, G6A y G6B (figura 110).

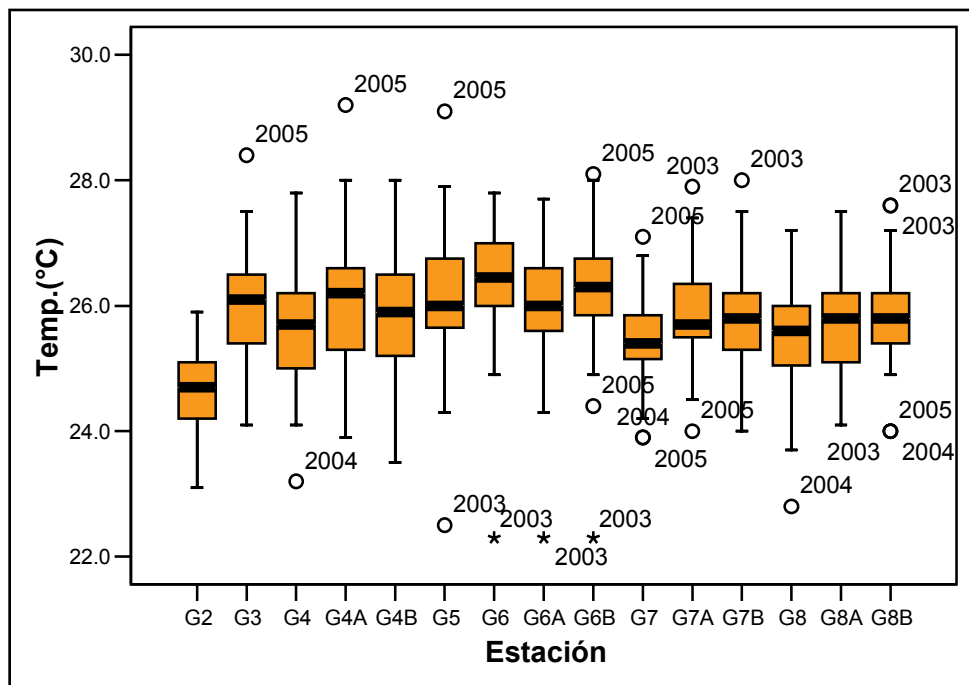


Figura 110. Diagrama de caja de la temperatura (subcuenca del río Gatuncillo, 2003-2005).

La mediana de oxígeno disuelto en todas las estaciones es similar y está por encima de 6 mg/l. Es notorio que en los tramos, alto y medio hay menos variación en los valores de oxígeno disuelto a diferencia de lo que ocurre en el tramo bajo (figura 111).

Se registran dieciocho valores atípicos bajos en los años 2003 y 2005, algunos de ellos por debajo del valor guía recomendado (5 mg/l). Es notorio un valor extremo alto en el 2004 en la estación G2 y tres extremos bajos en 2003 y 2005. En la estación G4 aproximadamente un 3 por ciento de los valores se encuentra por debajo del valor guía recomendado, mientras que en G7, G7A, G7B, G8, G8A, y G8B (tramo bajo), poco más del 25 por ciento de los datos está por debajo el valor guía recomendado.

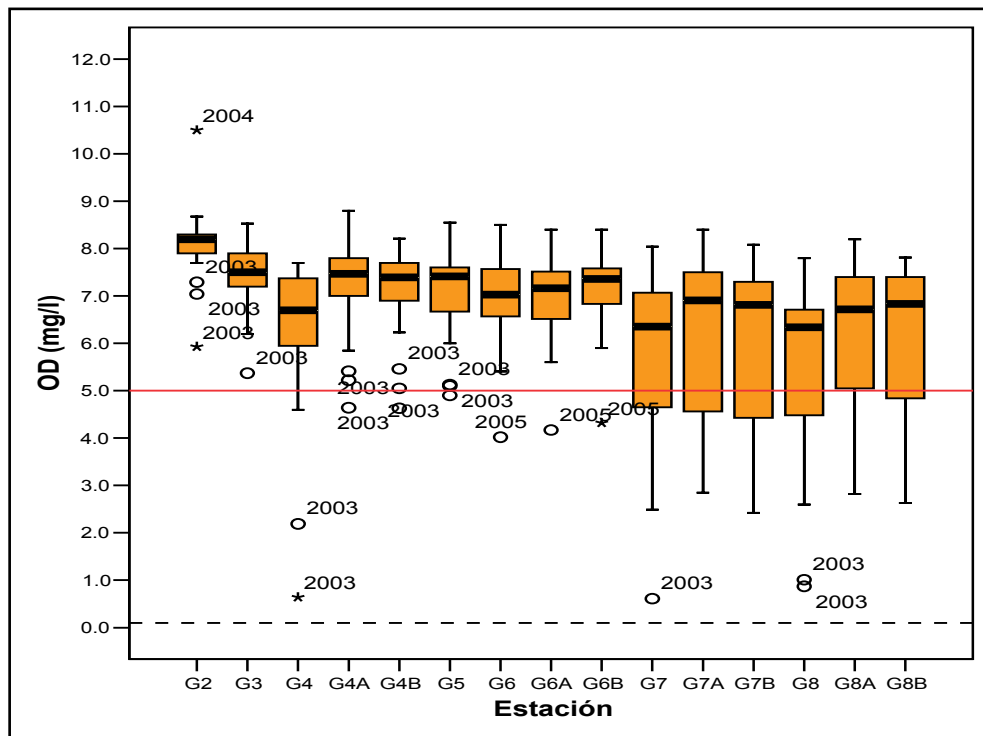


Figura 111. Diagrama de caja de la concentración de oxígeno disuelto (subcuenca del río Gatuncillo, 2003-2005).

De acuerdo con los resultados de la mediana, las concentraciones de oxígeno disuelto durante el período 2003-2005 son aceptables para la vida acuática; todas las estaciones presentan valores por encima del valor guía recomendado, indicando que las condiciones del entorno (población, actividades agrícolas y pecuarias) no alcanzan a afectar las concentraciones de este parámetro en términos generales. No obstante, al nivel local dentro de la subcuenca, sí se evidencian afectaciones puntuales sobre las condiciones del recurso hídrico que

podiesen estar afectando el desarrollo de la vida acuática. Existe una tendencia hacia los valores bajos en el tramo bajo del río que corresponde al área de mayor densidad de población, mayor cantidad de comercios y agroindustrias, deficientes sistemas de aguas servidas e inapropiados sistemas de disposición de desechos. En este tramo, en varias estaciones, se observa una disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto y se estima que estos factores deben ser controlados, para garantizar la calidad del agua.

6.1.2. Nitratos

La mediana de nitratos en el tramo alto y medio se encuentra por debajo del valor guía recomendado (0,3 mg/l), excepto en la estación G4, donde el 65 por ciento de los valores sobrepasa este valor (figura 112). En el tramo bajo, la mediana supera el valor guía recomendado, excepto en G7. Se observa que el mayor porcentaje de los valores en estas estaciones (tramo bajo), está por encima del valor guía recomendado. Se registran trece valores atípicos altos y doce extremos altos en los tres años de registros.

De acuerdo con los resultados se puede inferir que la parte alta y media de la subcuenca presenta valores por debajo del valor guía recomendado para evitar procesos de eutrofización, a excepción de la estación G4, que presenta concentraciones por encima de este valor. La parte baja del río al igual que la estación G4, registra valores por encima del valor guía recomendado, lo que pudiera indicar que hay aportes de aguas residuales, lo cual desmejora la calidad de este cuerpo de agua.

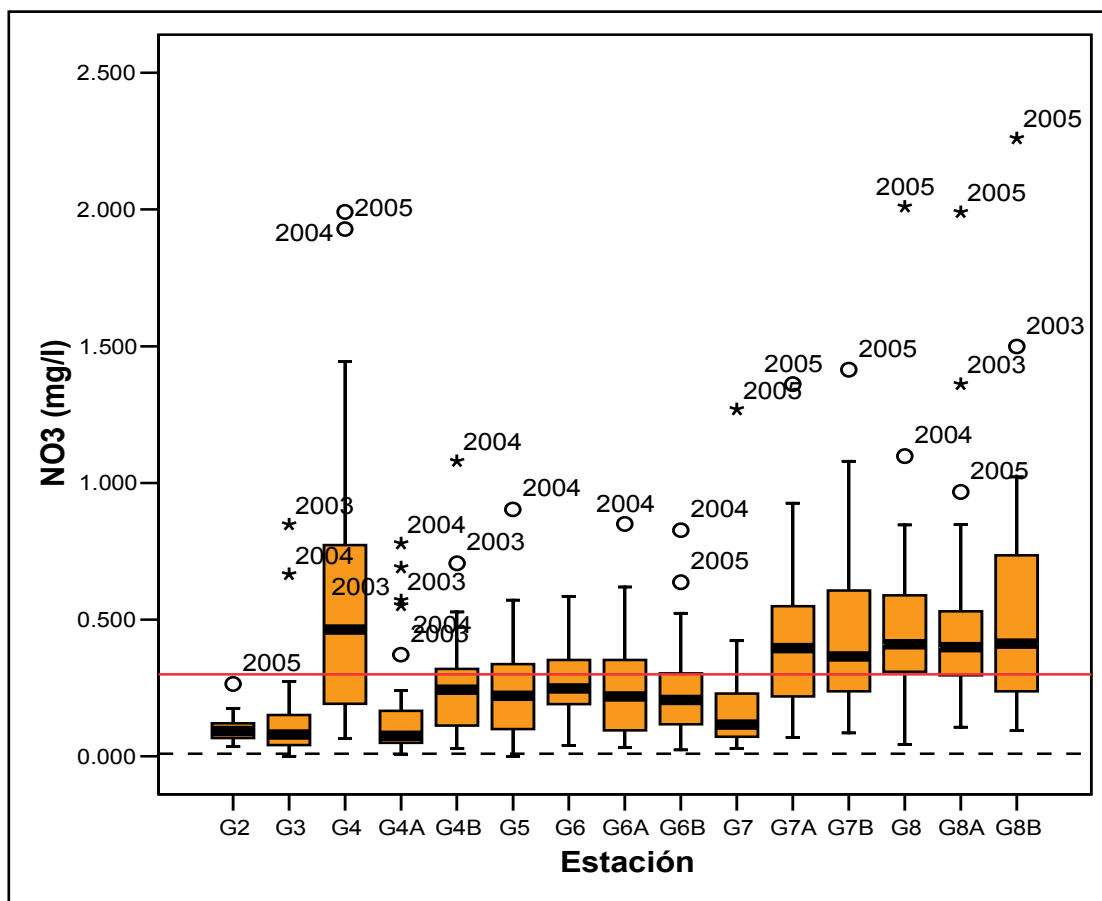


Figura 112. Diagrama de caja para la concentración de nitratos (subcuenca del río Gatuncillo, 2003-2005).

El incremento en las concentraciones de este parámetro pudiera estar relacionado con el crecimiento de los asentamientos humanos y actividades productivas (porquerizas), que establecen sus viviendas, comercios/servicios e industrias en las cercanías. Esto trae como consecuencia un incremento de la cantidad de basura, aguas servidas y similares que tienen como destino final el cauce del río como área de descarga, receptor de aguas de lavado, aguas servidas, transporte de desechos, entre otros.

6.1.3. Fosfatos

La mediana de fosfatos en el tramo alto y medio, además de la estación G7 (tramo bajo), se encuentran por debajo del valor guía de referencia como

máximo (0,1 mg/l), excepto en la estación G4, donde el 75 por ciento de los valores sobrepasa dicho valor guía (figura 113).

En el tramo bajo la mediana está próxima al valor guía recomendado, excepto en G8 donde la mediana y aproximadamente el 77 por ciento de los registros está por encima del mismo. Se observa que cerca de un 50 por ciento de los valores en estas estaciones (tramo bajo), está por encima del valor guía de referencia. Se registran trece valores atípicos altos y doce extremos altos en los tres años de muestreo.

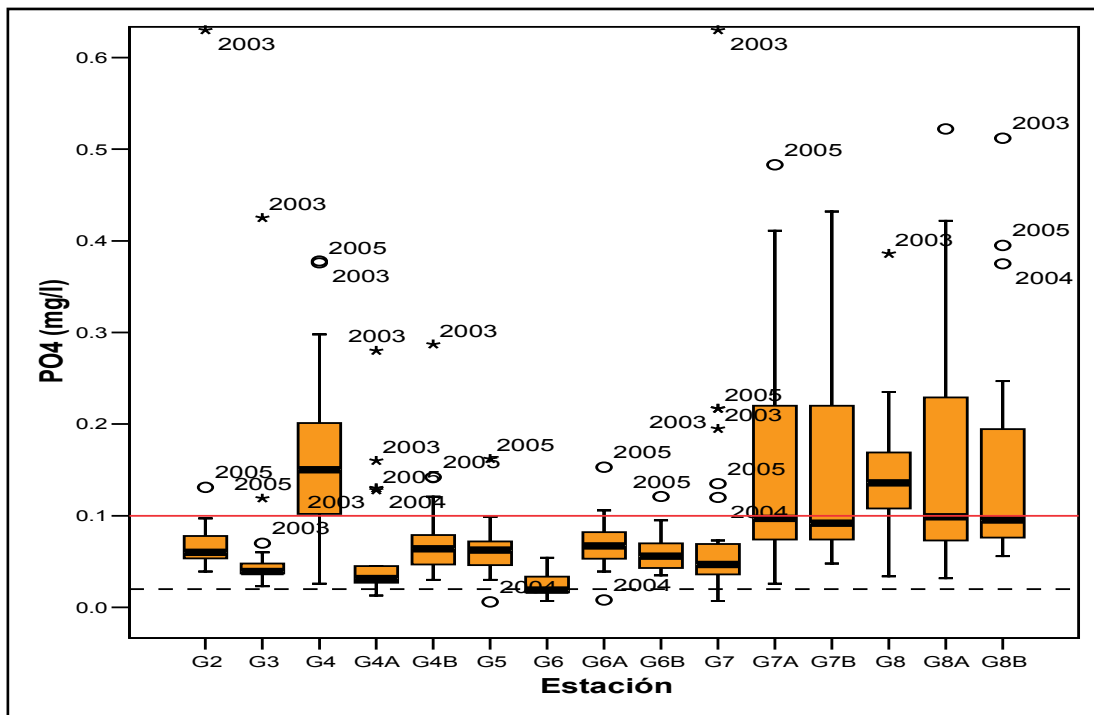


Figura 113. Diagrama de caja para la concentración de fosfatos (subcuenca del río Gatuncillo, 2003-2005).

Los resultados de las medianas indican que los niveles alcanzados por este parámetro no contribuyen significativamente al desmejoramiento de la calidad del agua. Sin embargo, se observa una tendencia al aumento de las concentraciones hacia el tramo bajo del río (estaciones 7, 7A y B, 8, 8A y B) que corresponde al área de mayor densidad de población, mayor cantidad de

comercios, deficientes sistemas de aguas servidas e inapropiados sistemas de disposición de desechos. En este tramo se recogen, además, las aguas descargadas desde actividades agropecuarias, en particular de varias porquerizas. El río en las estaciones G4 y en el tramo bajo atraviesa una serie de fincas (ganaderas, porcinas, forestales, agrícolas) y comercios/servicios que pudieran estar aportando aguas servidas, y aguas de lavado a los cuerpos de agua provocando un aumento en la concentración de los fosfatos. Se estima que si estos factores contaminantes no se controlan, en un futuro próximo, la calidad del agua podría estar comprometida en este punto.

6.1.4. *Escherichia coli*

La mediana de *E. coli* en todas las estaciones de muestreo se encuentra por encima de 200 NMP/100 ml, valor guía recomendado para uso recreacional de contacto directo (figura 114). Es notorio que parte del tramo medio (G6A y G6B), y en todo el tramo bajo, la mediana se encuentra ligeramente por encima de las otras estaciones. En la estación G2 (tramo alto), el 25 por ciento de los valores está por debajo de 200 NMP/100 ml; en el resto de las estaciones, menos del 25 por ciento está por debajo de este valor. Se observan tres valores extremos en el 2005. En los tres años de muestreo se registran veintisiete valores atípicos altos y tres atípicos bajos.

El valor de 200 NMP/100 ml es el recomendable para actividades recreativas de contacto directo, de manera que las aguas con concentraciones mayores a éste no califican para tal uso. Se observa un patrón claro de distribución de los resultados con una tendencia hacia valores altos hacia el tramo bajo del río, donde hay valores muy elevados en las estaciones 7A y 7B (15.865 y 19.109 NMP/100 ml).

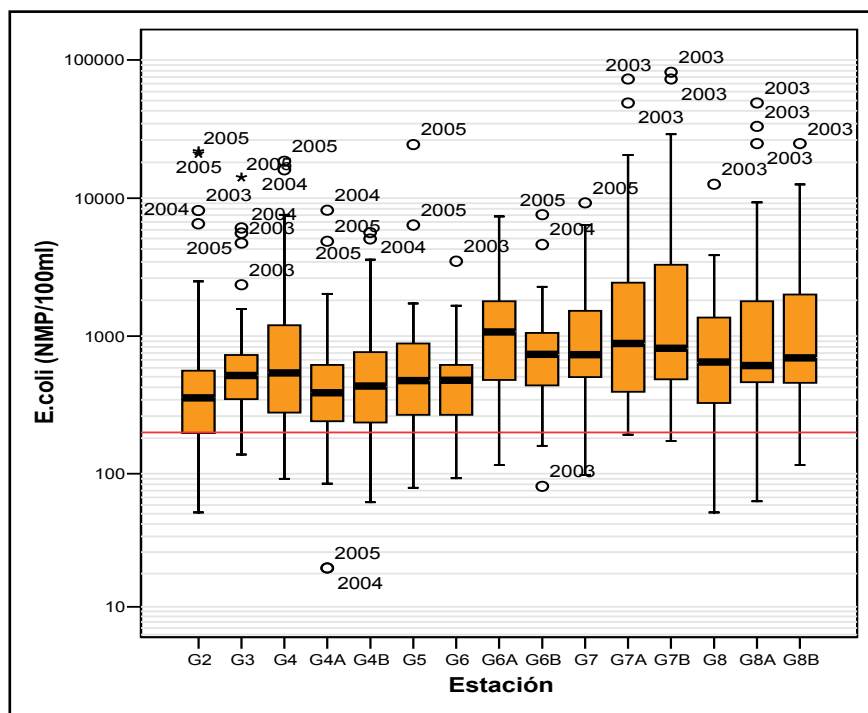


Figura 114. Diagrama de caja para la concentración de *E. coli* (subcuenca del río Gatuncillo, 2003-2005).

De acuerdo a los resultados de este parámetro, la calidad del agua en la subcuenca Gatuncillo se ve afectada por las altas concentraciones de *E. coli* que sobrepasan el valor guía recomendado. Estas elevadas concentraciones sugieren una entrada de contaminantes principalmente en la época de lluvia, cuando diferentes cantidades de residuos líquidos y sólidos (lodos y basura), se mezclan y se descargan directamente a los cursos de agua, causando un incremento en los niveles de contaminación.

6.1.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

Se evaluó un total de 487 muestras de agua. De acuerdo a este indicador, y empleando un análisis de frecuencia, se registró un 88,7 por ciento de datos dentro del rango 71-90, que clasifica las aguas como buenas para uso de abastecimiento público, uso recreativo y conservación de vida acuática. El 11,3 por ciento de las muestras (57 muestras) se encuentra en la categoría de media.

De este total, el 78,95 por ciento corresponden a estaciones ubicadas en el tramo bajo del río.

En resumen, la calidad del agua en términos generales es buena hasta el tramo medio del río. Hacia el tramo bajo se observa un desmejoramiento de la misma. El uso de estas tierras es principalmente agropecuario, con fincas ganaderas, avícolas, porcinas y comercios/servicios. Todas estas actividades generan un impacto negativo sobre la calidad del agua.

6.1.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales

De acuerdo con los resultados de este análisis se encontró que las muestras en todas las estaciones se incluyen en la categoría cálcico-bicarbonatada. Los aniones principales en todas las estaciones de muestreo son los bicarbonatos y de los cationes, el calcio (figura 115).

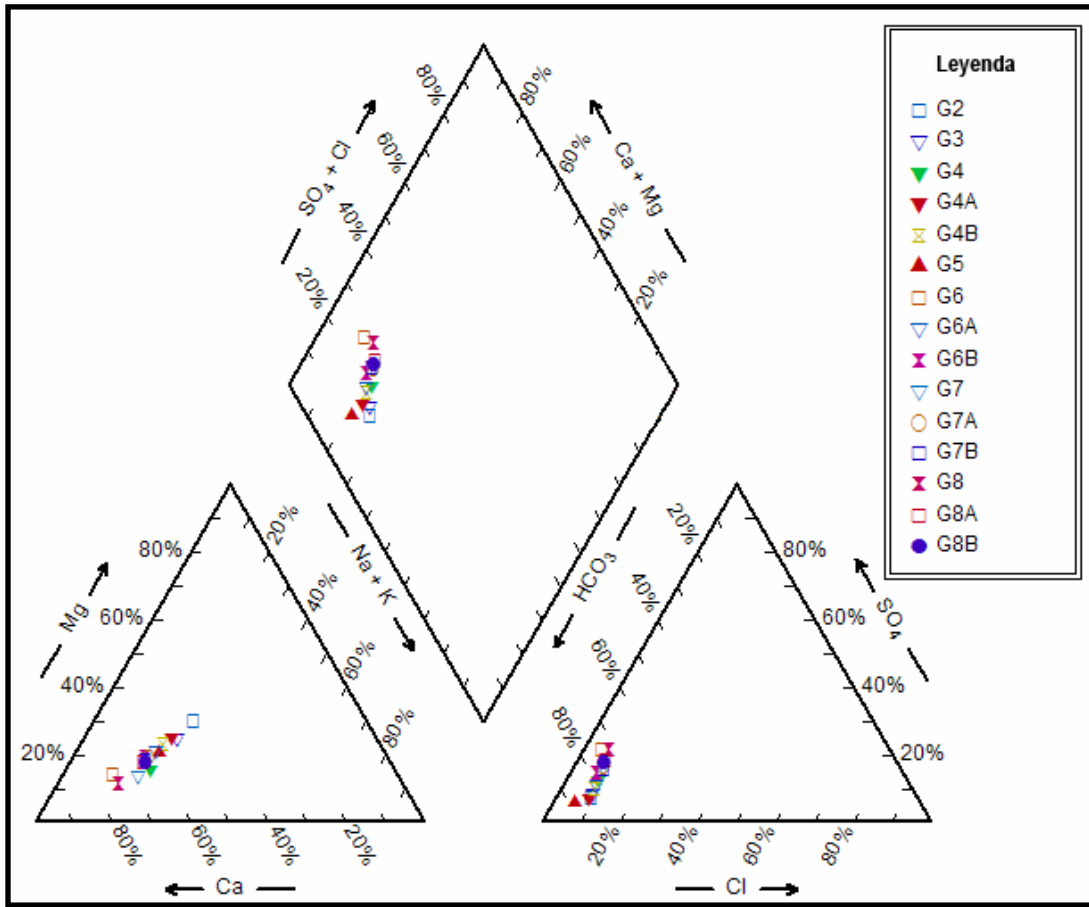


Figura 115. Diagrama de Piper para las estaciones de la subcuenca Gatuncillo.

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G2	09/21/04	87	5,4	9,6	14,8	,56	6,6	3,4
	10/19/04	78	6,8	10,6	14,2	,79	6,2	4,2
	11/16/04	72	5,5	8,0	16,2	,86	6,0	3,3
	12/14/04	83	5,7	11,4	15,8	,76	7,0	5,6
	01/18/05	85	7,0	12,4	16,6	,89	7,4	7,3
	02/15/05	101	4,5	7,8	16,2	,77	7,4	4,5
	03/15/05	101	6,9	13,6	19,6	,78	8,2	5,9
	04/26/05	102	4,6	11,4	17,0	,88	7,2	6,5
	05/17/05	99	5,8	11,8	17,2	,93	7,2	8,0
	06/15/05	62	,0	8,6	12,8	1,54	4,6	6,0
	07/20/05	91	7,9	11,0	16,0	,93	6,6	6,3
	08/30/05	96	4,5	11,2	19,2	,83	6,4	5,6
	09/21/05	90	5,0	11,2	18,0	,81	6,6	8,4
	10/18/05	95	7,4	12,6	21,4	,78	7,4	6,1
	11/16/05	70	4,3	8,8	4,2	,65	6,2	5,0
12/21/05	93	7,5	10,2	22,2	,90	6,0	7,5	
G3	09/21/04	89	6,8	9,0	16,0	,85	4,6	3,3
	10/19/04	86	5,6	11,2	20,2	1,05	5,6	3,4
	11/16/04	70	7,0	8,4	15,6	1,04	4,8	2,9
	12/14/04	82	6,3	10,0	18,6	,95	6,0	5,1
	01/18/05	85	5,3	10,6	18,0	1,09	5,6	5,5
	02/15/05	89	5,4	10,2	14,4	1,07	5,0	4,7
	03/15/05	89	8,3	11,6	19,0	1,09	6,2	7,2
	04/26/05	92	5,0	9,8	18,8	1,12	5,8	7,0
	05/17/05	92	6,0	9,8	19,0	1,13	6,0	7,9
	06/15/05	57	9,9	8,6	13,8	1,54	3,8	6,6
	07/20/05	93	7,6	11,2	25,4	1,37	6,4	6,0
	08/30/05	99	4,3	9,4	24,6	,97	5,8	5,5
	09/21/05	96	4,7	9,4	24,8	,99	5,8	8,5
	10/18/05	94	12,7	10,8	25,2	1,02	6,0	6,1
	11/16/05	81	4,6	9,6	6,2	,90	5,4	5,4
12/21/05	92	7,0	9,6	22,2	,93	5,8	7,6	

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G4	09/21/04	105	10,0	8,4	22,6	2,16	3,4	3,0
	10/19/04	103	4,4	8,4	31,2	1,95	4,4	2,9
	11/16/04	71	25,8	14,0	24,2	1,71	3,4	s/d
	12/14/04	97	9,5	9,8	27,0	1,77	4,0	4,6
	01/18/05	94	11,4	9,4	27,8	2,68	4,4	7,9
	02/15/05	119	7,4	10,8	26,8	2,20	4,0	5,7
	03/15/05	119	12,3	12,6	36,2	2,10	5,0	9,0
	05/17/05	126	11,2	11,6	33,6	3,80	5,4	13,0
	06/15/05	71	35,3	7,2	22,0	6,42	3,8	6,9
	07/20/05	114	20,0	11,2	30,4	4,26	4,8	7,1
	08/30/05	124	10,2	10,2	38,0	3,76	5,2	5,9
	09/21/05	117	10,8	10,6	36,8	2,88	5,0	9,1
	10/18/05	108	12,9	11,8	37,8	2,76	4,8	7,2
	11/16/05	94	9,0	7,0	12,8	1,63	4,0	4,7
12/21/05	99	9,6	9,4	29,0	1,79	4,2	7,2	
G4A	09/21/04	96	6,4	8,8	15,4	,83	4,8	3,4
	10/19/04	89	9,3	13,8	19,4	,89	6,4	3,2
	11/16/04	74	8,0	7,8	17,4	,94	5,4	3,3
	12/14/04	87	5,5	9,6	19,0	,89	6,6	5,1
	01/18/05	88	5,9	9,4	16,4	1,01	5,2	5,7
	02/15/05	94	3,7	9,6	17,2	1,04	5,6	4,9
	03/15/05	94	6,5	12,8	21,2	1,13	6,4	8,2
	05/17/05	96	4,2	9,4	20,8	1,17	6,0	8,3
	06/15/05	62	4,2	8,0	15,2	1,55	4,2	6,5
	07/20/05	96	8,0	8,2	20,6	1,11	5,8	5,4
	08/30/05	102	3,8	8,8	24,2	,90	6,8	5,3
	09/21/05	102	3,0	9,0	25,2	,92	6,6	7,8
	10/18/05	101	7,7	10,2	27,0	,89	7,0	6,4
	11/16/05	90	7,9	7,6	20,6	,85	6,2	5,4
12/21/05	95	5,8	9,2	23,2	,87	6,4	7,4	
G4B	09/21/04	98	8,9	8,6	20,0	1,38	4,4	3,1
	10/19/04	92	6,9	8,0	22,8	1,22	5,8	3,0
	11/16/04	75	8,0	10,4	17,0	,99	5,2	3,5
	12/14/04	91	7,0	9,6	21,4	1,12	5,8	5,0
	01/18/05	89	6,0	10,8	21,4	1,51	6,0	6,1
	02/15/05	94	4,8	9,8	19,4	1,20	5,8	4,9
	03/15/05	94	7,1	10,8	22,2	1,19	6,4	7,4
	05/17/05	105	8,5	11,0	25,5	1,42	6,4	9,3
	06/15/05	66	29,8	8,2	14,8	1,67	3,8	6,0
	07/20/05	101	11,8	9,4	23,2	2,05	5,6	6,8
	08/30/05	107	4,1	9,0	27,6	1,32	6,4	5,5
	09/21/05	105	5,2	9,4	28,0	1,49	6,2	7,6
	10/18/05	102	10,6	11,0	31,0	1,40	6,4	8,2
	11/16/05	90	3,4	8,2	25,8	,92	6,0	5,4
12/21/05	97	10,9	9,4	24,8	1,16	5,8	7,0	

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G5	09/22/04	97	9,1	7,6	19,6	1,36	4,4	3,7
	10/20/04	97	8,1	8,0	24,4	1,21	5,8	3,0
	11/18/04	94	6,6	9,8	22,8	1,14	5,6	7,1
	12/15/04	97	6,8	9,6	23,4	1,19	6,0	5,5
	01/19/05	88	7,3	10,4	22,8	1,48	5,6	5,9
	02/16/05	103	5,9	10,0	21,0	1,39	5,2	6,2
	03/15/05	103	8,0	10,8	26,0	1,61	6,0	7,0
	05/18/05	85	5,7	9,0	24,4	3,10	4,8	9,1
	06/16/05	97	15,0	8,8	22,6	2,16	5,2	6,8
	07/21/05	103	11,4	8,6	22,2	1,66	5,2	5,9
	08/31/05	112	6,4	9,2	30,8	1,45	6,4	5,4
	09/22/05	112	7,2	9,0	30,6	1,45	6,2	7,4
	10/19/05	113	11,5	11,4	35,2	1,48	6,2	8,5
	11/16/05	95	5,3	7,6	30,1	1,24	5,0	4,2
12/21/05	101	,9	9,6	27,8	1,29	5,6	7,1	
G6	09/22/04	164	36,4	9,0	46,8	1,25	5,2	3,8
	10/20/04	155	26,0	13,4	56,6	1,17	6,0	3,0
	11/18/04	139	19,3	6,6	51,0	1,10	4,8	5,9
	12/15/04	145	33,7	9,0	55,2	1,31	5,8	5,3
	01/19/05	150	35,1	10,0	51,8	1,62	6,0	7,6
	02/16/05	149	2,0	10,6	47,0	1,59	5,2	6,9
	03/15/05	149	27,6	10,6	54,4	1,68	5,8	8,7
	05/18/05	155	98,9	14,4	57,6	2,46	9,4	9,2
	06/16/05	150	25,7	7,4	39,4	1,39	5,0	5,3
	07/21/05	172	44,6	11,0	46,6	1,43	6,8	7,1
	08/31/05	172	40,4	10,2	64,8	1,35	6,4	5,7
	09/22/05	175	33,1	9,8	64,6	1,17	6,4	7,4
	10/19/05	173	59,8	15,0	85,6	1,52	9,0	9,9
	11/16/05	157	28,5	8,4	6,0	1,19	6,2	4,3
12/22/05	167	31,1	8,8	61,2	1,21	6,0	7,3	
G6A	09/22/04	96	10,8	8,2	21,2	1,45	4,4	4,4
	11/18/04	96	8,2	9,4	24,0	1,21	5,8	7,3
	12/15/04	99	9,5	10,2	23,8	1,29	5,8	5,7
	01/19/05	101	8,3	10,2	25,2	1,57	6,0	7,0
	02/16/05	114	7,1	10,4	23,6	1,66	5,6	5,9
	03/15/05	114	11,4	12,0	28,4	1,90	6,4	8,8
	05/18/05	82	11,3	9,4	24,2	3,08	4,8	10,0
	06/16/05	95	18,6	9,0	21,8	2,20	5,0	7,7
	07/21/05	104	14,1	9,0	22,6	1,74	5,2	6,1
	08/31/05	116	7,7	9,8	33,0	1,55	6,8	5,9
	09/22/05	114	7,2	9,4	32,2	1,54	6,2	6,6
	10/19/05	113	11,1	11,4	35,8	1,56	6,4	8,7
12/22/05	107	10,9	10,4	28,8	1,35	5,8	7,5	

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G6B	09/22/04	107	15,5	8,4	23,8	1,48	4,4	4,3
	10/20/04	111	13,6	13,0	32,4	1,30	6,0	3,2
	11/18/04	111	14,8	8,0	33,2	1,17	5,4	6,7
	12/15/04	104	13,8	11,0	27,2	1,30	5,8	5,8
	01/19/05	107	2,5	10,8	27,4	1,56	6,0	6,4
	02/16/05	121	11,4	10,2	27,2	1,68	5,6	6,3
	03/15/05	121	14,9	11,8	36,4	1,84	6,2	9,6
	05/18/05	100	42,4	10,6	31,8	2,94	5,8	10,0
	06/16/05	134	23,9	7,6	35,6	1,58	5,0	4,2
	07/21/05	117	20,9	8,8	28,4	1,69	5,6	6,1
	08/31/05	128	17,5	10,0	38,4	1,50	7,2	5,9
	09/22/05	133	20,6	9,8	43,2	1,43	6,4	6,4
	10/19/05	126	19,8	12,6	44,2	1,52	6,8	8,8
	11/16/05	119	18,6	8,6	5,8	1,29	5,6	4,4
12/22/05	114	10,6	10,2	32,8	1,32	5,6	7,2	
G7	09/22/04	133	19,4	10,2	47,2	1,56	4,6	6,0
	10/20/04	110	20,0	16,6	35,8	1,45	4,0	4,1
	11/18/04	117	15,6	8,0	28,8	1,36	5,6	7,1
	12/15/04	116	19,6	13,4	37,4	1,54	4,0	7,3
	01/19/05	115	21,1	12,8	35,2	2,14	4,0	9,6
	02/16/05	126	12,1	13,8	39,4	2,16	3,8	11,0
	03/15/05	126	17,8	12,6	40,0	4,15	6,6	10,2
	05/18/05	83	29,0	8,8	26,4	2,40	3,2	9,5
	06/16/05	144	26,2	12,0	37,8	2,18	4,6	5,5
	07/21/05	116	25,6	10,0	31,6	1,59	4,2	6,3
	08/31/05	133	19,6	11,2	42,8	1,49	7,0	7,1
	09/22/05	136	23,8	11,6	46,0	1,53	4,2	7,4
	10/19/05	123	18,3	13,0	46,4	1,58	4,4	9,8
	12/22/05	120	16,4	13,2	38,4	1,71	4,0	8,5
G7A	09/22/04	108	16,7	8,6	23,6	1,58	4,2	4,5
	11/18/04	119	17,2	10,8	37,2	1,24	3,8	8,3
	12/15/04	106	13,1	12,4	28,0	1,84	6,0	6,1
	01/19/05	107	18,3	10,6	27,6	2,23	5,8	6,9
	02/16/05	129	8,8	10,4	28,2	1,79	5,6	6,5
	03/15/05	129	19,0	12,4	39,2	4,25	6,6	10,7
	05/18/05	86	41,4	10,4	30,0	5,28	16,0	11,0
	06/16/05	114	21,5	9,0	27,8	2,05	5,0	4,1
	07/21/05	120	22,9	10,0	28,0	2,28	5,8	7,2
	08/31/05	162	18,6	11,6	39,8	9,30	4,2	7,9
	09/22/05	139	20,0	9,8	43,2	2,24	6,6	6,3
	10/19/05	129	18,5	12,4	43,4	1,65	6,8	9,3
	12/22/05	116	14,4	10,2	34,0	1,41	5,8	7,4

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G7B	09/22/04	106	16,2	9,0	34,0	1,62	6,2	5,0
	10/20/04	108	14,3	12,0	31,4	1,45	6,0	3,2
	11/18/04	106	17,0	8,6	30,0	1,29	5,4	7,2
	12/15/04	107	15,0	10,2	28,2	1,88	5,8	6,3
	01/19/05	108	17,1	10,4	27,0	2,16	5,6	6,9
	02/16/05	127	9,9	10,2	27,2	1,85	5,4	14,3
	03/15/05	127	19,6	12,6	39,0	4,25	6,6	10,7
	05/18/05	93	40,5	10,6	29,0	4,89	5,4	10,0
	06/16/05	113	20,9	11,0	33,2	2,20	6,2	4,1
	07/21/05	118	21,9	9,2	27,2	2,16	5,4	7,8
	08/31/05	161	20,2	11,4	40,6	8,60	7,0	7,9
	09/22/05	138	20,0	9,8	49,4	2,18	6,4	6,1
	10/19/05	128	20,0	11,8	43,8	1,66	6,6	9,2
12/22/05	118	14,4	10,8	34,6	1,44	5,8	7,1	
G8	09/22/04	156	32,5	11,2	62,4	2,56	5,4	7,1
	10/20/04	128	30,2	10,4	46,6	2,54	4,2	4,7
	11/18/04	145	26,0	11,6	52,8	2,19	4,6	9,6
	12/15/04	158	35,0	13,2	60,8	2,66	4,6	8,2
	01/19/05	178	32,6	13,2	64,6	2,72	5,2	9,7
	03/15/05	121	33,3	13,0	40,0	4,20	6,8	11,6
	05/18/05	114	40,0	8,6	34,8	3,60	3,6	9,5
	06/16/05	175	46,2	13,6	51,2	3,36	5,2	5,6
	07/21/05	130	30,7	9,0	38,0	2,16	4,6	6,5
	08/31/05	156	31,0	11,6	59,0	2,82	6,6	7,0
	09/22/05	149	36,9	12,0	57,8	2,18	4,8	6,9
	10/19/05	165	39,3	14,0	68,6	2,44	5,2	10,8
	12/22/05	167	32,8	15,0	62,8	2,46	5,0	8,9
G8A	09/22/04	108	16,3	8,6	32,8	1,64	5,8	5,0
	10/20/04	109	13,6	10,6	30,8	1,42	5,8	3,2
	11/18/04	106	14,5	8,4	29,6	1,31	5,4	7,1
	12/15/04	108	15,2	10,0	31,2	1,80	6,0	6,2
	01/19/05	107	16,4	10,4	29,0	2,18	5,8	7,3
	02/16/05	122	9,5	11,0	27,4	1,90	5,4	6,9
	03/15/05	122	46,3	13,0	39,2	4,15	6,6	12,0
	05/18/05	94	40,3	10,4	29,4	4,80	5,4	11,0
	06/16/05	114	21,8	8,6	29,0	2,06	5,2	4,0
	07/21/05	118	22,1	9,0	26,6	2,20	5,4	6,7
	08/31/05	137	17,2	10,8	41,2	3,78	5,2	6,8
	09/22/05	136	20,7	9,8	43,4	2,02	6,4	5,7
	10/19/05	126	18,7	12,4	43,4	1,70	6,6	9,3
12/22/05	118	47,2	10,6	35,0	1,49	5,8	7,1	

Tabla 13. Subcuenca del río Gatuncillo: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
G8B	09/22/04	109	15,5	8,8	33,2	1,64	5,8	5,0
	10/20/04	109	15,3	14,2	30,2	1,48	5,6	3,0
	11/18/04	106	14,7	8,8	31,0	1,38	5,4	7,0
	12/15/04	107	13,8	10,2	29,0	1,88	6,2	6,2
	01/19/05	107	17,7	11,6	27,6	2,21	5,4	7,2
	02/16/05	119	11,1	10,8	27,4	1,89	5,4	6,9
	03/15/05	119	45,9	13,4	38,0	4,40	6,6	12,2
	05/18/05	96	40,4	10,4	29,4	4,95	5,2	10,0
	06/16/05	114	30,7	9,6	26,2	2,11	5,2	4,0
	07/21/05	117	24,3	9,0	34,0	2,08	5,2	6,4
	08/31/05	137	20,2	11,0	40,0	3,68	6,6	6,8
	09/22/05	139	21,1	10,6	44,2	2,11	6,4	5,7
	10/19/05	129	20,2	12,2	46,6	1,73	6,8	9,2
	12/22/05	118	14,0	11,0	34,8	1,50	5,6	7,2

6.1.7. Modelo de calidad de agua

La generación de información socioambiental en el proyecto Gatuncillo (figura 116) ha permitido caracterizar el comportamiento de esta subcuenca desde el punto de vista de los niveles de contaminación asociados a las actividades humanas. Dentro del proyecto está la validación de un modelo de calidad de agua, que permite la simulación del sistema hídrico y la determinación de su capacidad de carga, facilitando la planificación y toma de decisiones.

Los crecimientos espontáneos y los asentamientos planificados, así como el desarrollo de actividades agropecuarias, industriales y de servicios en las áreas cercanas a las principales fuentes de agua en la CHCP, ejercen una fuerte presión sobre el recurso hídrico. Un modelo de calidad de agua permite:

- Localizar las fuentes de contaminantes puntuales y no puntuales y realizar la cuantificación de sus contribuciones.
- Identificar las áreas que son un peligro para la salud de la población, y determinar la capacidad de los ríos para absorber la carga de estas actividades económicas y domésticas;
- Determinar las capacidades remanentes de absorción de contaminantes (capacidad de carga del sistema hidrobiológico). La capacidad de recuperación de los cuerpos de agua, determinando los puntos críticos de contaminación y las actividades que más inciden en ella.
- Modelar las entradas de contaminantes que pueden hacer colapsar el sistema biótico del río, a puntos de no recuperación.
- Determinar la situación de los principales indicadores de calidad de agua, principalmente oxígeno disuelto y contaminación microbiológica (coliformes fecales).
- Comparar las situaciones halladas con los valores máximos permisibles para parámetros establecidos en las normas de calidad de agua según los distintos usos posibles.
- Simular escenarios diversos de usos del suelo y desarrollo comercial e industrial en su relación con la cantidad y calidad del agua.

Finalmente, permite la mejor toma de decisiones para definir el otorgamiento o no de nuevos permisos para el desarrollo de actividades económicas y domésticas, asegurando de antemano que incorporen adecuados sistemas de tratamiento de sus aguas residuales, basados en el análisis de la capacidad de carga de los ríos.

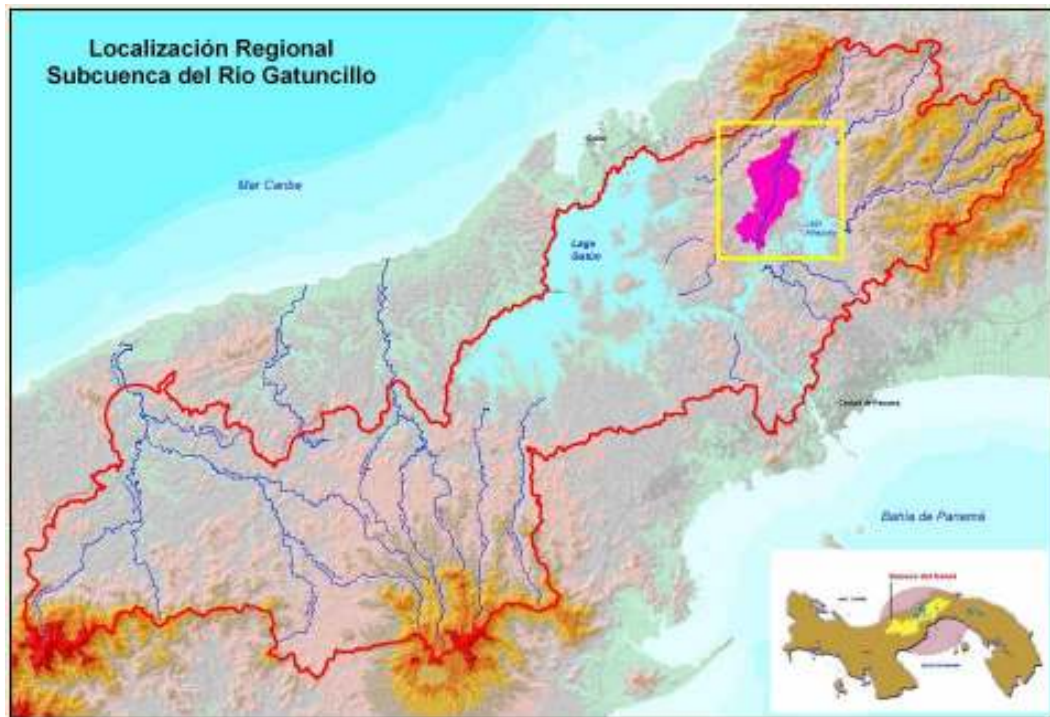


Figura 116. Ubicación regional de la subcuenca del río Gatuncillo.

La comprensión clara y cuantificable de los mecanismos de contaminación, con la simulación de las complejas interacciones realizadas a través de modelos de calidad de agua, permiten el desarrollo de un mejor y más efectivo plan de manejo al atender cada causa o fuente en la medida de su significación e impacto.

En conjunto con investigadores de la Universidad de Panamá, se identificaron y evaluaron modelos de calidad de agua existentes y se seleccionaron los más aplicables a las condiciones locales específicas. Se determinaron las necesidades de ajustes, adecuaciones, pruebas, así como también, se realizó la implementación, calibración y validación de los modelos con datos de campo.

El modelo de calidad de agua QUAL2E (desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) fue probado con datos históricos obtenidos en el año 2004, específicamente en la estación seca. Los coeficientes que se utilizaron para la simulación fueron obtenidos de la literatura y en algunos casos fueron estimados en la Unidad de Calidad de Agua. Entre las características que fueron simuladas por el modelo están: oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), temperatura (T) y coliformes fecales, obteniéndose resultados aceptables que muestran la misma tendencia que el perfil longitudinal de estos parámetros en el cauce principal del río Gatuncillo, obtenida a partir de los muestreos regulares.

El modelo unidimensional QUAL2E puede usarse en condiciones de régimen permanente como no permanente, y puede simular cualquier ramificación de un sistema fluvial unidimensional (flujo unidireccional). Además, permite de acuerdo a su estructura, múltiples descargas, extracciones y afluentes, como también caudales distribuidos. Puede simular, numerosos parámetros de calidad de agua, como oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), temperatura (T°C), alga como clorofila a, nitrógeno orgánico, amonio, nitrito, nitrato, fósforo orgánico, fósforo disuelto, coliformes, un constituyente no conservativo arbitrario y tres constituyentes conservativos.

Este modelo fue usado para predecir la calidad del agua a lo largo del cauce principal del río Gatuncillo y para determinar el impacto que podrían tener el establecimiento de fuentes puntuales de contaminación sobre ésta. Para este último caso, se simuló un ejemplo hipotético con el propósito de ver la respuesta del modelo, la cual fue aceptable. En las figuras 117 y 118 se muestra la comparación entre la simulación del OD y DBO₅ a lo largo del cauce principal del río Gatuncillo y los sitios de verificación para este parámetro. Estos sitios de verificación, corresponden a los sitios de muestreo aguas abajo de la confluencia de las quebradas (sitios B) cuyos datos no fueron incluidos en la modelación. El

error en la predicción del modelo fue calculado como la diferencia entre los valores calculados por el modelo y los valores medidos en los sitios de verificación, expresado en porcentaje. El porcentaje de error estuvo por debajo del 12 por ciento, lo cual es aceptable.

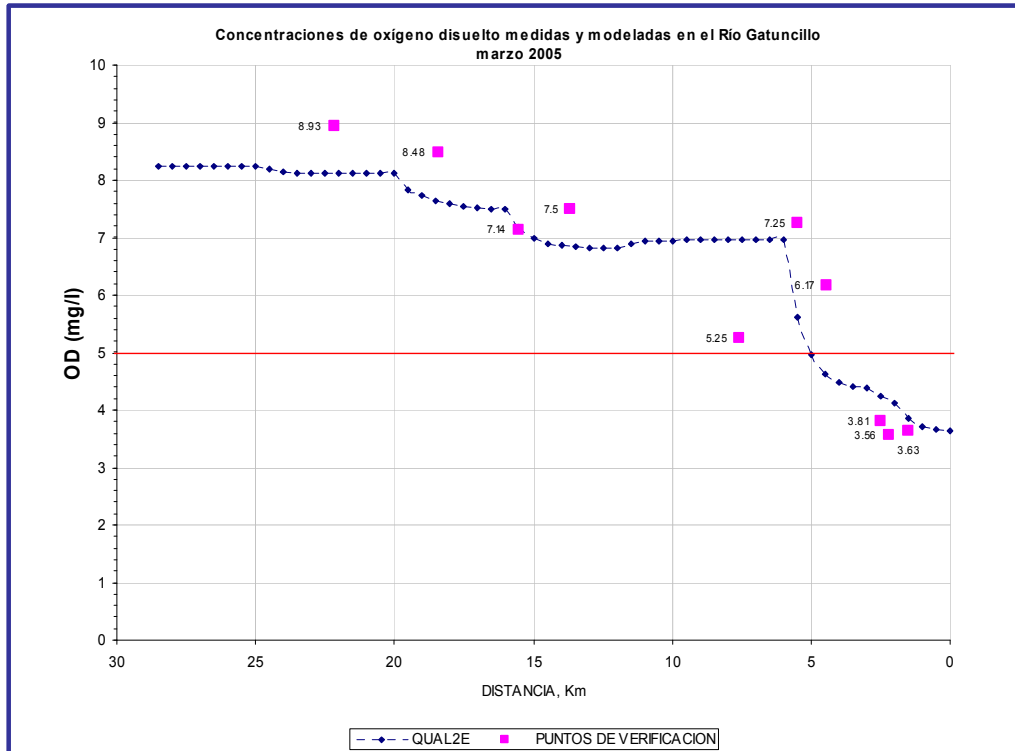


Figura 117. Comparación entre la simulación del oxígeno disuelto a lo largo del cauce principal del río Gatuncillo y los puntos de verificación.

En la simulación se introdujo, adicionalmente, información de una descarga puntual hipotética con las siguientes características: OD = 0,2 mg/l; DBO₅ = 200 mg/l; caudal = 1,0 m³/s; T = 29° C, coliformes fecales = 10000 NMP/100 ml. Fue posible observar una caída rápida de la concentración de oxígeno disuelto por debajo de los 5 mg/l en el punto de la descarga que se recupera, aproximadamente, 5 km aguas abajo de la misma.

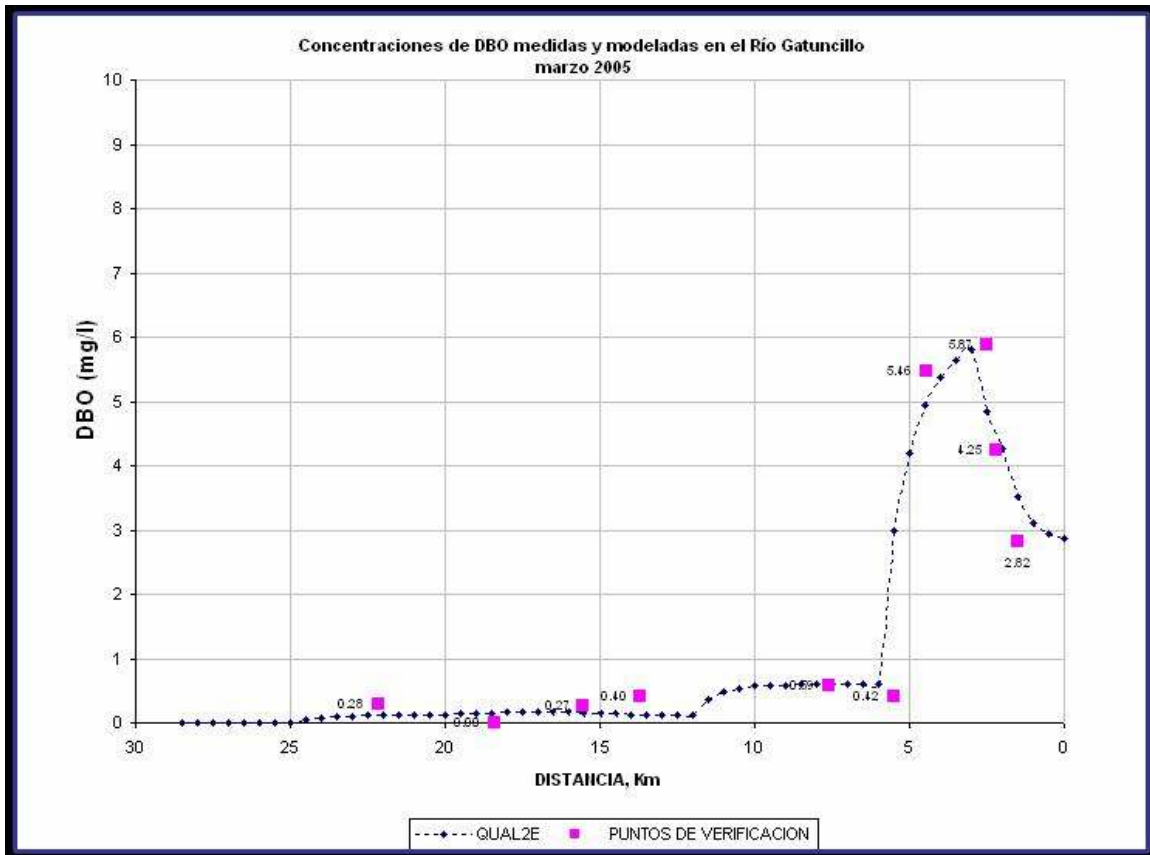


Figura 118. Comparación entre la simulación de la DBO₅ a lo largo del cauce principal del río Gatuncillo y los puntos de verificación.

Es posible concluir que los resultados de la predicción del modelo en la simulación del OD, DBO₅, temperatura y coliformes fecales resultaron aceptables. El modelo puede ser aplicado a las condiciones de la subcuenca del río Gatuncillo para simular la calidad del agua y el impacto de efluentes provenientes de fuentes puntuales de contaminación orgánica. Con este modelo es posible determinar la capacidad de carga del sistema hidrobiológico en esta subcuenca, y simular escenarios diversos de usos del suelo y desarrollo comercial e industrial en su relación con la cantidad y calidad del agua. De esta manera, el modelo provee el análisis de capacidad de carga y recuperación de los cuerpos de agua. Lo anterior fortalece las políticas de gestión integral del recurso hídrico, sobre una base sustentada científicamente, permitiendo:

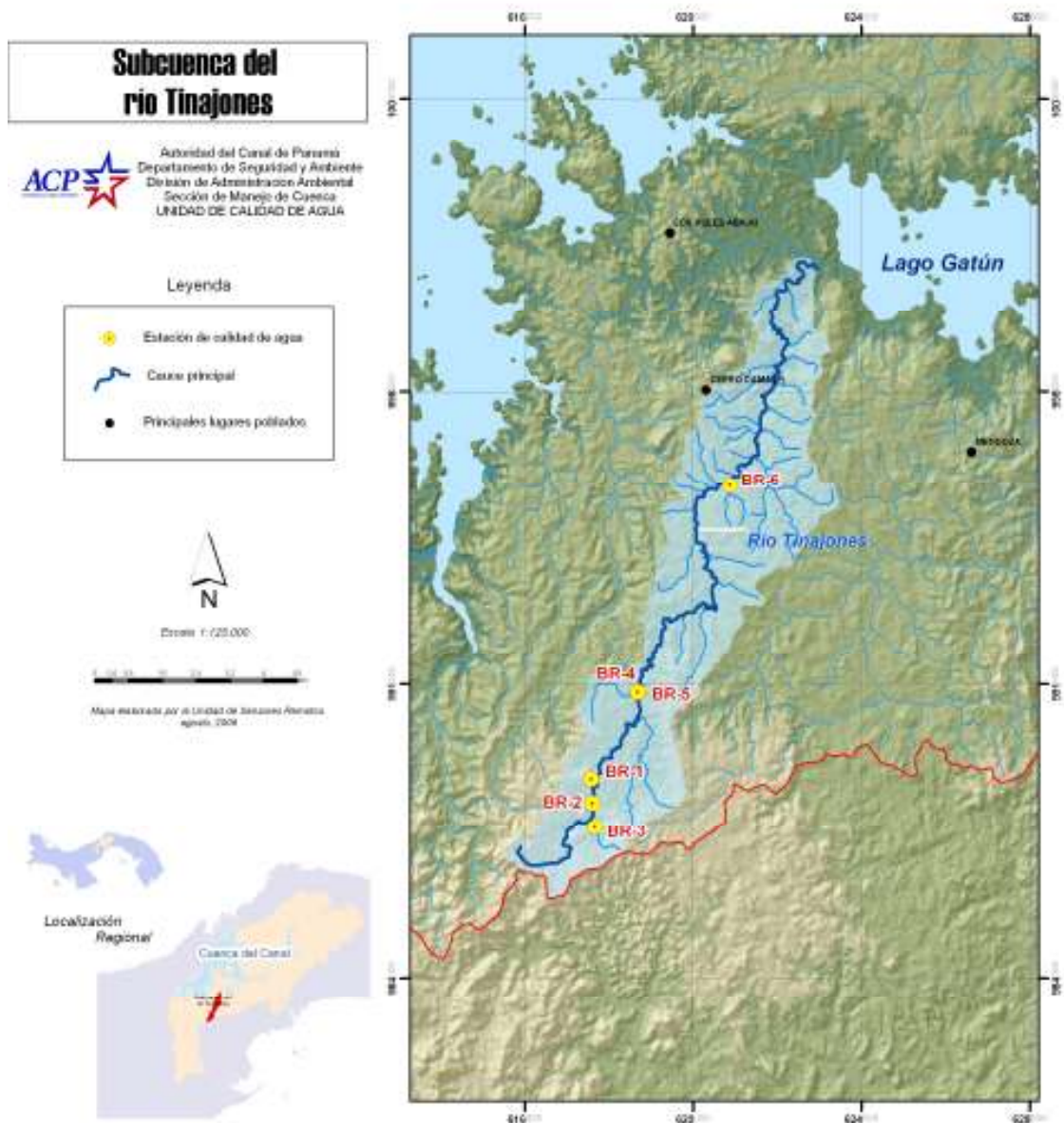
- La divulgación y discusión de los aspectos críticos de la contaminación, con la población y los distintos actores sociales que dependen de ella.

- El análisis, el consenso y la planificación de diversas acciones preventivas y de mitigación para la recuperación de los ríos.
- La participación de los diversos usuarios, autoridades locales y entidades estatales y de la sociedad civil, en la toma de decisiones.
- La delimitación participativa de responsabilidades para la conservación.
- La estructuración de indicadores que permitan en el tiempo medir la efectividad de la intervención que se ha realizado en la subcuenca y los dineros invertidos en la misma.
- La sensibilización y discusión sobre los sistemas de tratamiento necesarios y medidas de mitigación para que el ecosistema del río no colapse y sus aguas sean seguras para los diversos usuarios.
- Garantizar la calidad de las aguas y la calidad ambiental que redunde en un ambiente sano y un saneamiento adecuado de los asentamientos humanos que los circundan.

La asesoría regular de la Universidad de Panamá ha permitido establecer un programa que contempla, entre otras actividades, el diseño de un programa de muestreo a intervalos de tiempo más cortos para la calibración del modelo; depuración de los datos correspondientes al año 2003 para realizar otras corridas para ver las respuestas del modelo; capacitación del personal en el uso de modelos; determinación en laboratorio de constantes cinéticas y tasas de decrecimiento; caracterización de las posibles fuentes de contaminación puntual; identificación de software para el manejo de información espacial y temporal; cálculo o estimación de coeficientes que utiliza el modelo y además, la aplicación del análisis de incertidumbre y la calibración del modelo.

El modelo de calidad de agua es una poderosa herramienta para una gestión participativa del agua y la identificación de alternativas que permiten la protección, conservación y recuperación del recurso hídrico.

6.2. Subcuenca del río Tinajones



La subcuenca del río Tinajones comprende 6 estaciones de monitoreo de la calidad del agua identificadas por las siglas: BR1 (Quebrada el Amargo), BR2 (Caño Quebrado antes), BR3 (Caño Quebrado después), BR4 (Caño Quebrado puente), BR5 (toma de agua de Cerro Cama) y BR6 (Cuarentena). El período de muestreo de los diferentes parámetros químicos, físicos y biológicos corresponde a los años 2003, 2004 y 2005. Sin embargo, los registros para el

año 2003 son pocos, pues solo se efectuaron dos giras de colecta de agua en marzo y noviembre, de manera que los datos son escasos y no representativos, por consiguiente no se aplicarán para la descripción de la calidad del agua.

6.2.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor mínimo de temperatura durante todo el período fue de 24,2°C en la estación BR2 para el año 2005 y el valor máximo de 26,8°C en la estación BR5 para el 2004. Los valores promedios registrados fueron de 25,2 en las estaciones BR1 y BR2 para el año 2004, BR1, BR2 y BR3 para el 2005, y hasta 26,0°C en la estación BR5 para el 2004. La mediana se encuentra por encima de 25°C y es similar en las estaciones BR1, BR2, BR3 y BR6. En BR4 y BR5, la mediana está por encima de las otras estaciones (figura 119).

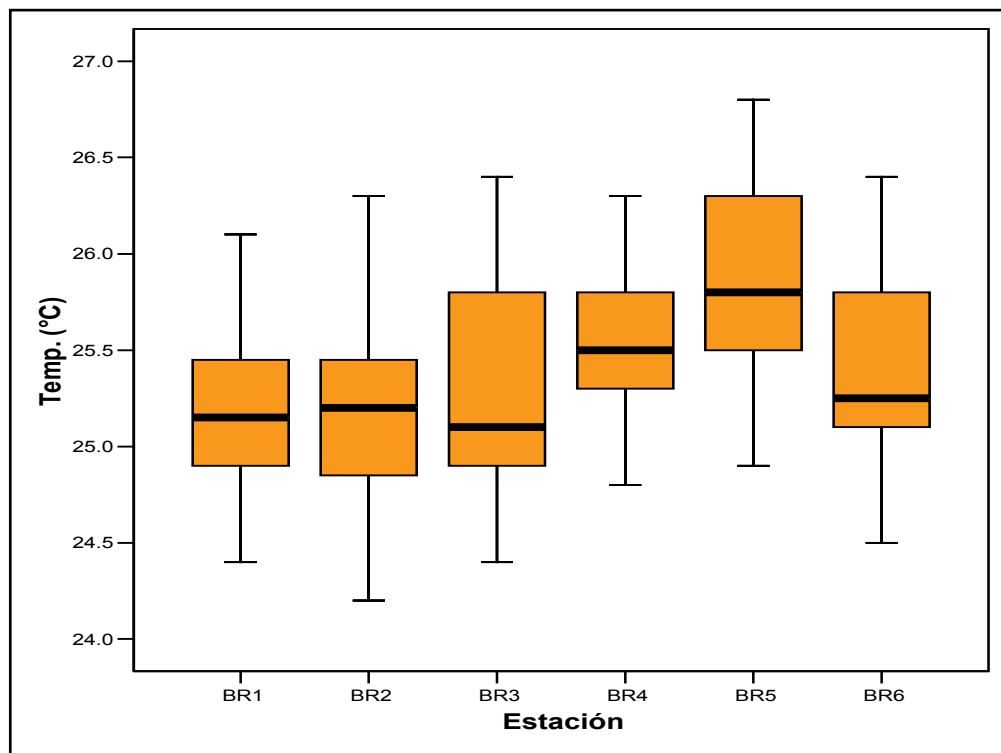


Figura 119. Diagrama de caja para la distribución de las temperaturas (subcuenca del río Tinajones, 2004-2005).

La distribución de las concentraciones de oxígeno disuelto muestra que los valores máximo y mínimo del período aparecen en el año 2005 y corresponden a las estaciones BR5 (8,76 mg/l) y BR6 (2,80 mg/l). Los valores promedio de oxígeno disuelto reportados en las 6 estaciones del proyecto durante el período fluctúan entre 5,71 mg/l para la estación BR1 en el año 2005 y 7,78 mg/l para la estación BR5 en el 2005. La mediana de oxígeno disuelto en todas las estaciones se encuentra por encima de 5 mg/l, valor guía recomendado para sustentar la vida acuática. Sin embargo, en las estaciones BR1, BR2, BR3 y BR6, menos del 25 por ciento de los valores están por debajo del valor guía recomendado (figura 120).

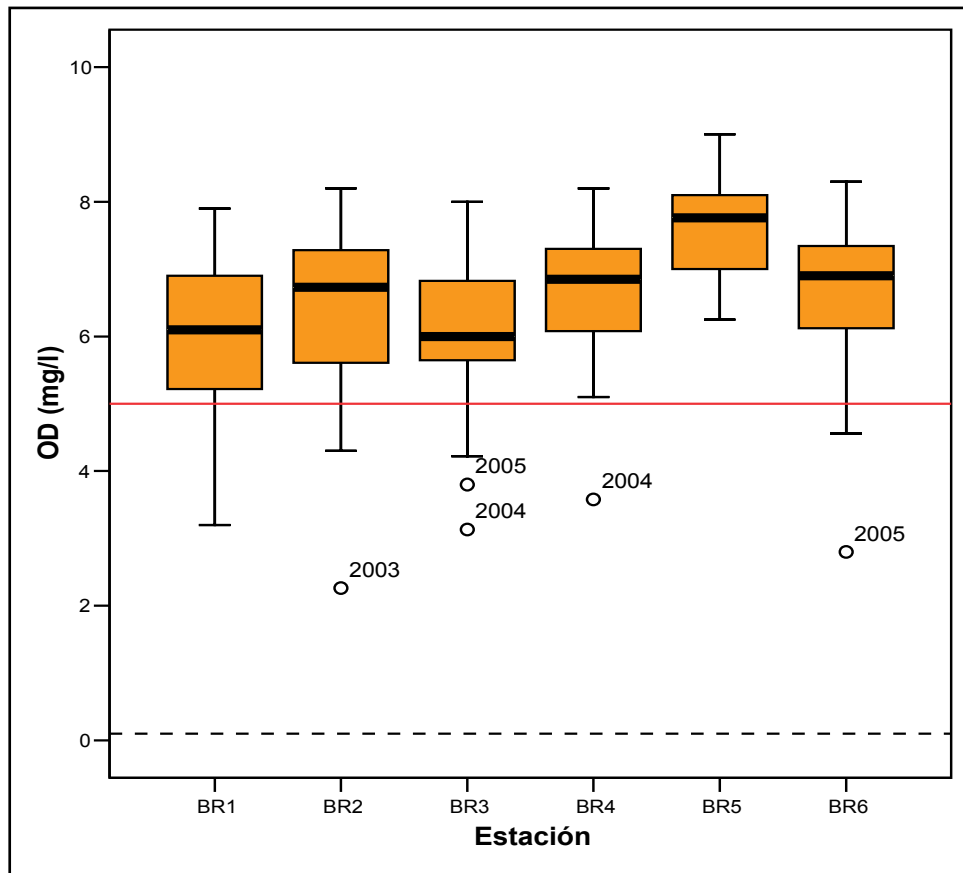


Figura 120. Diagrama de caja para la concentración de oxígeno disuelto (subcuenca del río Tinajones, 2004-2005).

En la estación BR5 se registran los valores más altos de oxígeno disuelto. Se registraron cinco valores atípicos bajos en el 2004 y 2005, en las estaciones BR2, BR3, BR4 y BR6.

6.2.2. Nitratos

El valor mínimo de concentraciones de nitratos se registró en la estación BR2 con 0,014 mg/l para el año 2004 y el valor máximo se registró en la estación BR3 con 1,920 mg/l para el 2005. Los valores promedio de nitratos se encuentran en un rango entre 0,034 mg/l en la estación BR1 para el año 2005 y 0,778 mg/l en la estación BR3 para el 2005. La mediana de nitratos se encuentra por debajo del valor guía (0,3 mg/l), en todas las estaciones, excepto en BR3 y BR4 donde se observa que el mayor porcentaje de los valores, en estas estaciones está por encima del valor guía recomendado (figura 121).

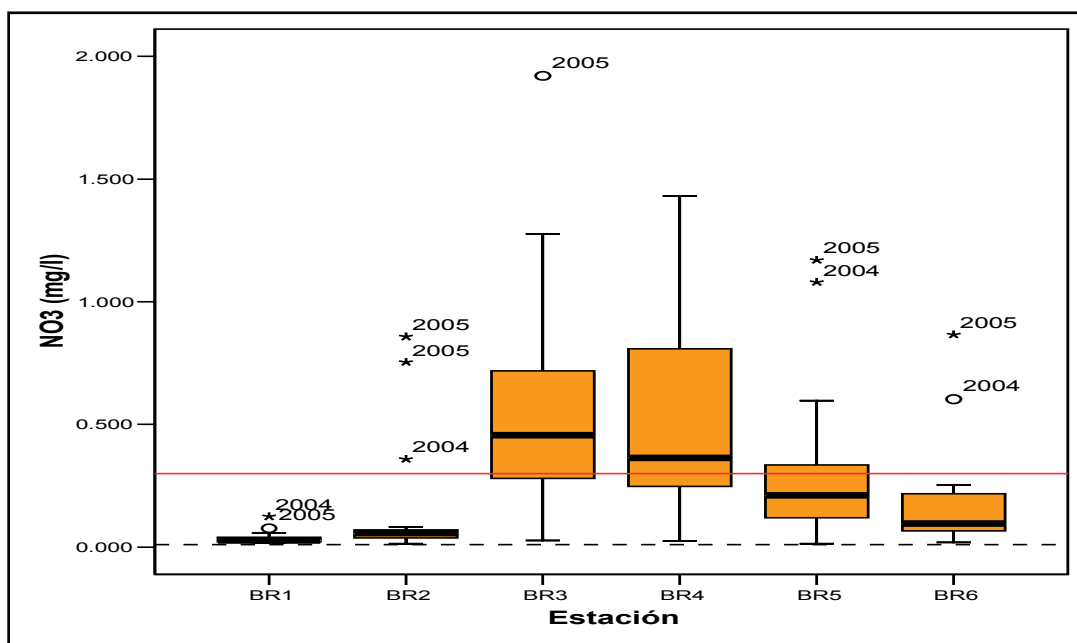


Figura 121. Diagrama de caja para la concentración de nitratos (subcuenca del río Tinajones, 2004-2005).

Es notorio que en las estaciones BR1 y BR2, la mediana es similar y no hay variación de los datos. En BR5, aproximadamente el 35 por ciento de los valores sobrepasa el valor guía recomendado. Se observan siete valores

extremos altos en el 2004 y 2005 (todos, excepto uno, sobrepasan el valor guía recomendado). Además, dos valores atípicos altos en el 2005 y uno en el 2004, por encima del valor guía.

6.2.3. Fosfatos

El valor máximo para todo el período de monitoreo es de 1,017 mg/l que corresponde a la estación BR3 para el año 2005. Los valores promedio de fosfatos muestran una variación entre 0,007 mg/l en las estaciones BR1 y BR2 para el 2004 y 0,114 mg/l en la estación BR3 para el 2005. La mediana de fosfatos se encuentra por debajo del valor guía (0,05 mg/l), y también por debajo del límite de detección del método en todas las estaciones (figura 122).

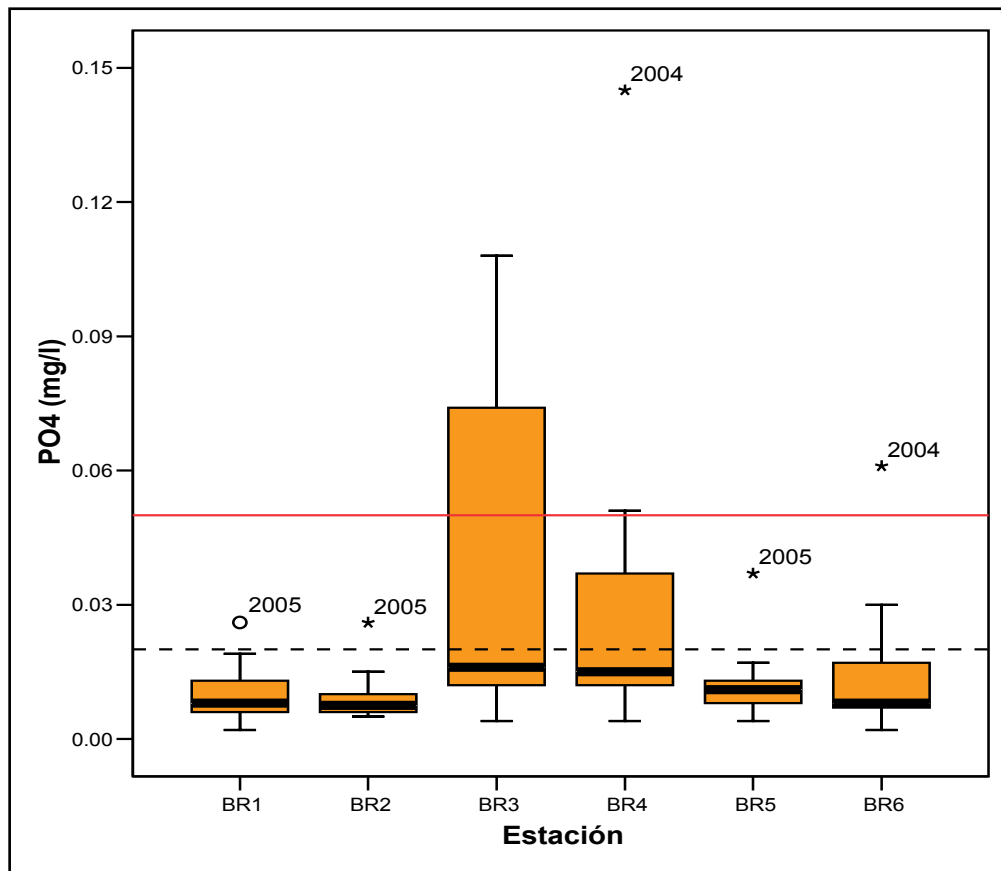


Figura 122. Diagrama de caja para la concentración de fosfatos (subcuenca del río Tinajones, 2004-2005).

Es notorio que en todas las estaciones la mediana es similar y no hay variación en los datos, excepto en BR3, donde, se observa más variación en los datos y aproximadamente el 40 por ciento de los mismos está por encima del valor guía recomendado. Se observan cuatro valores extremos altos en el 2004 y 2005, dos de ellos, sobrepasan el valor guía recomendado. Además, un valor atípico alto en el 2005.

6.2.4. *Escherichia coli*

El valor mínimo de *E. coli* durante el período es de 30 NMP/100 ml en la estación BR6 para el año 2005 y el valor máximo de todo el período se presenta en la estación BR3 con 51.721 NMP/100 ml para el 2004. Los valores promedio oscilan entre los 318 NMP/100 ml en la estación BR1 para el año 2005 y 8.191 NMP/100 ml en la estación BR6 para el 2004. La mediana de *E. coli*, en todas las estaciones, se encuentra por encima de 200 NMP/100 ml, valor guía recomendado para uso recreacional de contacto directo (figura 123).

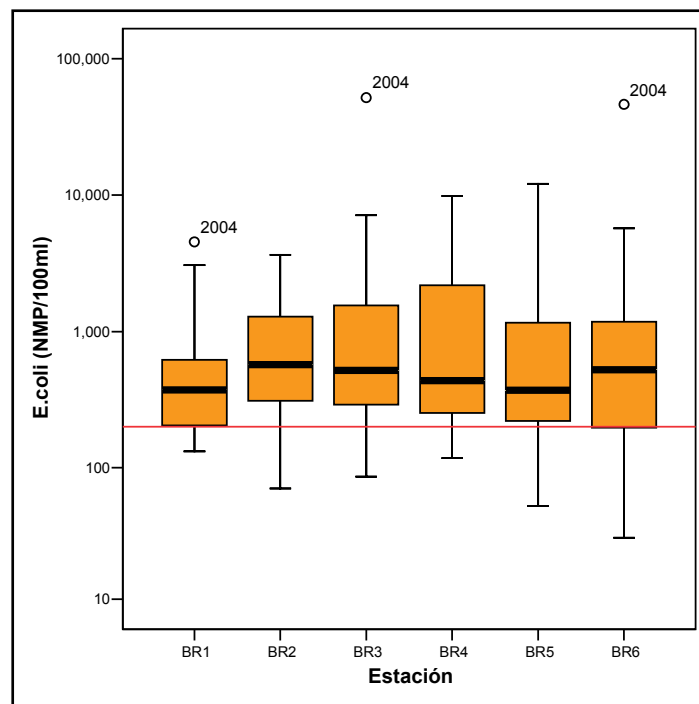


Figura 123. Diagrama de cajas para la concentración de *E. coli* (subcuenca del río Tinajones, 2004-2005)

En la estación BR1 y BR6, el 25 por ciento de los valores está por debajo de 200 NMP/100 ml y, en el resto de las estaciones, menos del 25 por ciento está por debajo de éste. Se observan, tres valores atípicos altos en el 2004.

6.2.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

De acuerdo a este indicador, la calidad del agua en términos generales, para el período 2004-2005 concentra la mayor proporción de datos (91 por ciento) en el rango del descriptor de buena calidad. En base a estos resultados, se puede sugerir que la calidad del agua en la subcuenca del río Tinajones es apropiada para los siguientes usos: abastecimiento público, previo tratamiento de potabilización; conservación de la vida acuática; no es recomendable, en algunas de las estaciones, su uso para actividades recreativas de contacto directo.

El uso de los suelos dentro de la subcuenca es principalmente agropecuario, con fincas ganaderas, avícolas, porcinas y cultivos de piña (exportación). Todas estas actividades generan un impacto sobre el ambiente y la calidad del agua que hasta ahora se ha mantenido dentro de límites aceptables, excediéndose las concentraciones de algunos parámetros solo en los tramos donde el río está bajo la influencia de actividades porcinas con eventos contaminantes puntuales. Sin embargo la misma dinámica del río pareciera mitigar, a través de procesos de autodepuración, los efectos de tales eventos.

6.2.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales

Observando los diagramas se puede determinar que el agua en las estaciones BR1 y BR2 se incluyen dentro de la categoría cálcico-bicarbonatada y en las estaciones BR3, BR4, BR5 y BR6 se clasifica como sódico-bicarbonatada. Los aniones principales en todas las estaciones de muestreo son los bicarbonatos y los cationes son calcio y sodio (figura 124).

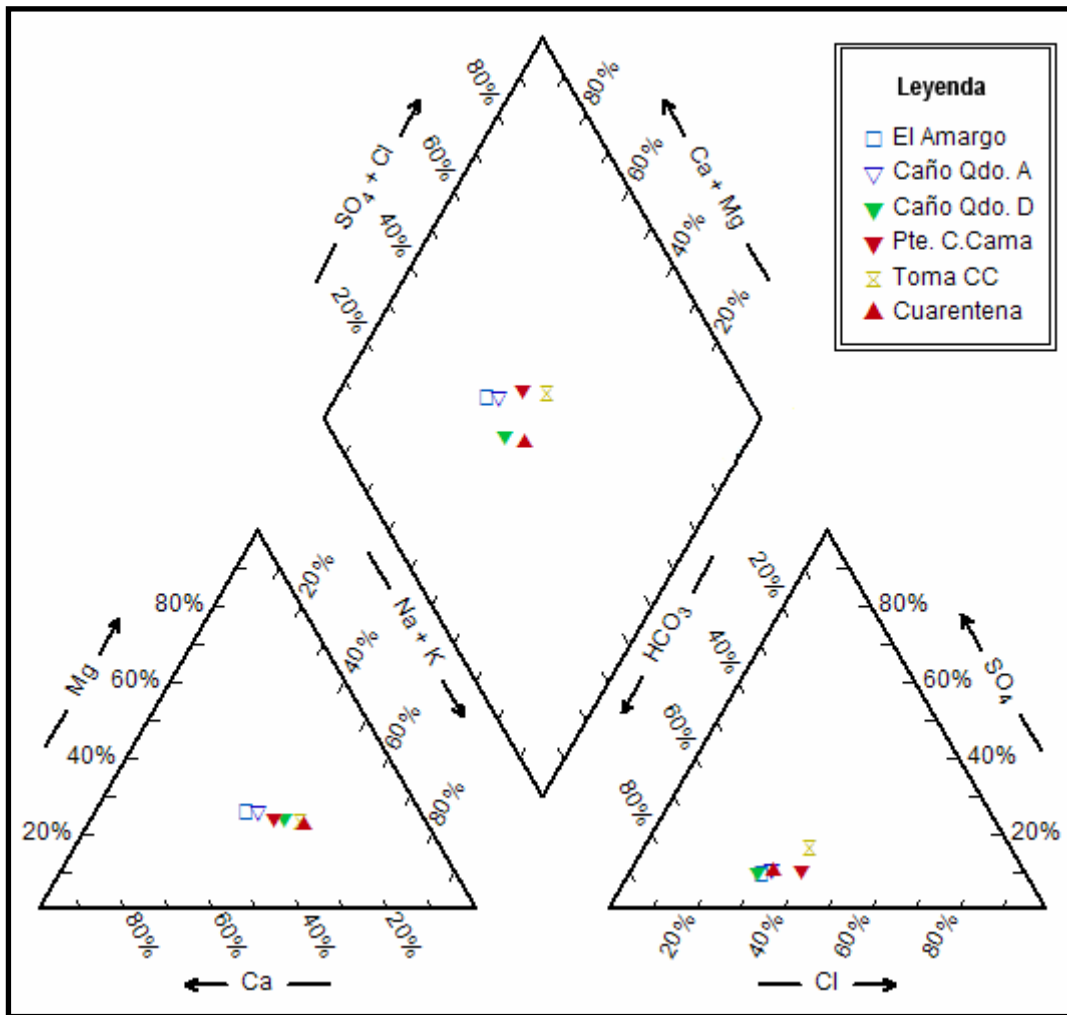


Figura 124. Diagrama de Piper para las estaciones de la subcuenca del río Tinajones.

Tabla 14. Subcuenca del río Tinajones: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BR1	09/23/04	22	3,5	5,4	4,1	,39	2,0	6,1
	10/21/04	24	3,4	5,8	4,3	,35	2,1	6,4
	11/18/04	22	4,0	4,2	3,1	,41	1,7	7,1
	12/16/04	22	6,0	5,2	4,0	,86	1,9	7,4
	01/21/05	29	1,6	6,8	6,0	,58	3,2	8,3
	02/17/05	32	2,6	7,4	6,6	,50	3,2	6,2
	03/17/05	36	1,9	7,4	7,2	,51	3,5	6,2
	04/21/05	35	2,3	6,6	6,5	,58	3,1	5,6
	05/19/05	7	,5	4,4	4,5	,58	1,1	7,0
	06/16/05	24	2,8	6,2	6,0	,48	2,5	7,1
	07/21/05	15	2,6	4,6	3,7	,33	1,6	5,9
	08/31/05	20	1,4	5,8	4,9	,32	2,2	4,2
	09/21/05	21	1,4	5,8	4,9	,32	2,2	6,0
	10/20/05	14	3,8	5,0	3,0	,32	1,8	3,9
	11/30/05	22	1,0	5,2	18,6	,36	2,4	10,6
	12/29/05	24	3,9	5,4	5,4	,61	2,3	7,5
	01/31/06	33	8,9	6,4	4,0	,52	3,2	8,4
02/17/06	33	5,1	8,4	6,9	,47	3,3	9,7	
03/23/06	41	3,3	6,4	8,1	,57	3,7	10,2	
BR2	09/23/04	20	3,5	5,4	3,0	,62	1,9	5,7
	10/21/04	22	2,1	5,8	3,6	,71	2,0	5,3
	11/18/04	22	2,1	5,4	3,0	,57	1,8	6,9
	12/16/04	20	5,5	5,8	6,3	,73	2,1	6,7
	01/21/05	24	3,3	6,6	4,5	,90	2,8	8,0
	02/17/05	23	2,0	6,8	5,7	,78	3,4	6,6
	03/17/05	34	1,4	7,4	5,8	,80	3,7	6,5
	04/21/05	28	3,9	6,6	6,3	1,04	2,8	5,4
	05/19/05	8	,9	4,6	4,3	1,14	1,4	7,1
	06/16/05	24	3,8	6,4	5,3	,75	2,5	6,8
	07/21/05	16	3,1	4,6	3,6	,69	1,7	5,7
	08/31/05	19	2,0	6,6	4,1	,69	2,0	7,6
	09/21/05	20	1,8	6,6	4,1	,69	2,0	4,6
	10/20/05	13	4,2	4,8	2,4	,76	1,6	4,9
	11/30/05	21	2,4	5,0	18,2	,65	2,4	11,1
	12/29/05	20	4,6	5,0	4,0	,85	2,0	6,4
	01/31/06	30	7,0	6,2	5,0	,85	2,8	8,0
02/17/06	31	5,7	8,6	6,0	,83	3,2	9,6	
03/23/06	37	4,2	6,4	6,8	,93	2,6	10,5	

Tabla 14. Subcuenca del río Tinajones: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BR3	09/23/04	49	4,6	7,6	5,8	5,40	3,1	10,2
	10/21/04	25	4,9	6,0	3,7	2,10	2,4	7,8
	11/18/04	21	2,3	4,4	2,7	,97	1,7	7,2
	12/16/04	17	4,9	4,8	3,6	1,48	2,1	7,1
	01/21/05	26	2,3	6,8	5,0	1,42	3,0	8,6
	02/17/05	25	2,4	7,8	6,4	1,53	3,8	8,6
	03/17/05	33	3,1	8,6	7,0	2,92	4,7	9,4
	04/21/05	29	4,5	7,8	10,8	1,92	3,7	7,3
	05/19/05	6	,7	5,4	4,1	1,90	1,5	7,6
	06/16/05	43	5,6	10,4	7,8	7,90	3,5	9,9
	07/21/05	20	3,4	5,4	3,7	1,79	1,8	6,4
	08/31/05	134	8,8	13,2	7,6	20,30	4,1	17,4
	09/21/05	20	2,1	13,2	7,6	20,30	4,1	5,0
	10/20/05	14	5,3	5,4	2,7	1,44	1,6	5,1
	11/30/05	22	3,9	5,8	17,2	1,17	2,6	11,4
	12/29/05	20	4,3	5,4	4,7	2,02	2,4	8,1
	01/31/06	30	6,8	7,0	5,9	2,38	3,4	9,9
	02/17/06	56	8,0	9,4	6,3	7,70	3,7	13,4
03/23/06	60	4,9	8,6	8,2	5,30	2,4	13,8	
BR4	09/23/04	14	4,2	5,2	2,7	1,27	1,7	5,9
	10/21/04	13	2,6	4,6	2,2	1,95	1,5	5,8
	11/18/04	11	1,9	4,2	1,7	,86	1,3	6,5
	12/16/04	9	6,2	3,4	1,9	,98	1,1	5,9
	01/21/05	17	2,2	5,8	3,6	1,03	2,3	7,4
	02/17/05	20	2,0	6,8	3,2	1,11	2,2	6,6
	03/17/05	39	,0	10,4	8,1	2,54	5,2	16,6
	04/21/05	22	2,5	5,4	8,1	1,39	2,3	5,1
	05/19/05	3	,5	6,2	3,3	1,65	1,0	6,8
	06/16/05	18	,9	5,8	5,0	1,82	2,3	7,1
	07/21/05	10	3,3	4,6	3,2	2,80	1,4	6,0
	08/31/05	13	1,5	5,2	2,6	1,04	1,6	7,4
	09/21/05	46	1,9	5,2	2,6	1,04	1,6	5,8
	10/20/05	1	4,5	4,0	1,8	1,46	1,2	5,2
	11/30/05	13	1,8	4,4	16,4	,97	1,8	10,2
	12/29/05	11	3,9	4,6	3,2	1,56	1,5	7,8
	01/31/06	20	5,1	4,8	3,8	1,53	2,2	7,3
	02/17/06	26	6,8	7,2	5,0	5,90	2,7	11,6
03/23/06	26	3,9	5,6	4,7	2,52	1,7	11,2	

Tabla 14. Subcuenca del río Tinajones: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
BR5	09/23/04	12	3,0	4,0	2,1	,93	1,3	5,2
	10/21/04	12	6,1	4,2	2,1	1,29	1,2	4,0
	11/18/04	11	2,4	3,6	1,5	,88	1,0	6,3
	12/16/04	9	6,3	4,0	1,5	,97	1,0	5,8
	01/21/05	16	1,8	5,2	3,1	1,22	2,0	6,6
	02/17/05	18	2,4	5,0	2,6	1,28	1,7	5,2
	03/17/05	22	4,3	5,6	3,5	1,07	2,3	6,1
	04/21/05	19	4,3	6,0	7,1	1,33	2,0	4,9
	05/19/05	2	2,3	9,0	2,9	1,27	,6	5,7
	06/16/05	13	2,5	5,0	4,2	1,96	1,7	6,4
	07/21/05	9	5,4	4,2	3,0	1,33	1,2	5,1
	08/31/05	11	2,5	4,8	2,5	1,15	1,4	7,0
	09/21/05	11	2,3	4,8	2,5	1,15	1,4	4,4
	10/20/05	1	4,0	5,0	1,6	1,34	1,0	5,4
	11/30/05	11	2,5	4,8	2,9	,91	1,6	9,6
	12/29/05	15	3,1	4,8	3,1	1,07	1,6	6,9
	01/31/06	19	7,0	5,0	3,7	1,45	1,8	6,4
	02/17/06	17	5,9	7,0	4,6	2,98	2,5	11,1
	03/23/06	27	4,9	5,2	4,8	1,66	3,7	9,6
BR6	09/23/04	22	4,5	11,4	6,4	5,80	3,0	14,3
	10/21/04	21	3,7	6,0	4,0	,81	2,2	6,0
	11/18/04	15	4,0	5,6	2,6	,56	1,7	7,0
	12/16/04	122	18,1	17,5	15,3	34,75	4,7	28,9
	01/21/05	24	2,2	6,4	4,4	,92	2,8	7,6
	02/17/05	21	1,8	16,6	5,8	,80	3,3	28,7
	03/17/05	31	3,7	6,8	5,9	,82	3,5	7,0
	04/21/05	26	4,1	6,8	7,4	1,03	2,9	5,5
	05/19/05	8	3,0	4,8	3,6	1,19	1,4	7,1
	06/16/05	26	2,5	6,4	5,3	1,43	2,6	7,3
	07/21/05	18	3,2	5,4	3,7	1,05	1,7	5,9
	08/31/05	20	1,4	16,2	3,9	,73	2,0	7,6
	09/21/05	21	1,1	16,2	3,9	,73	2,0	4,9
	10/20/05	13	4,2	5,2	2,4	,71	1,6	3,7
	11/30/05	21	2,7	4,8	4,2	,66	2,4	10,6
	12/29/05	20	8,4	5,0	4,3	,94	2,1	6,4
01/31/06	29	5,7	6,2	5,4	,87	2,9	7,7	
03/23/06	35	4,7	6,4	6,6	,95	1,7	9,4	

corresponde a los años 2004 y 2005; los registros para el año 2004 comienzan en el mes de junio cuando se iniciaron las giras del proyecto.

6.3.1. Temperatura y oxígeno disuelto

El valor mínimo detectado para la temperatura durante el período 2004-2005 es de 24,2°C en la estación QIG para el 2004, y el valor máximo es de 27,7°C en la estación QLG para el 2005. Los valores promedio oscilan entre 25,7°C en las estaciones QIG y RCT para el 2004 y 26,8°C en la estación QLG para el 2005. La mediana en todas las estaciones es variable. Los valores se encuentran por encima de 25°C. Se registra un valor atípico alto en el año 2005 y tres valores atípicos bajos en el 2004 y 2005 (figura 125).

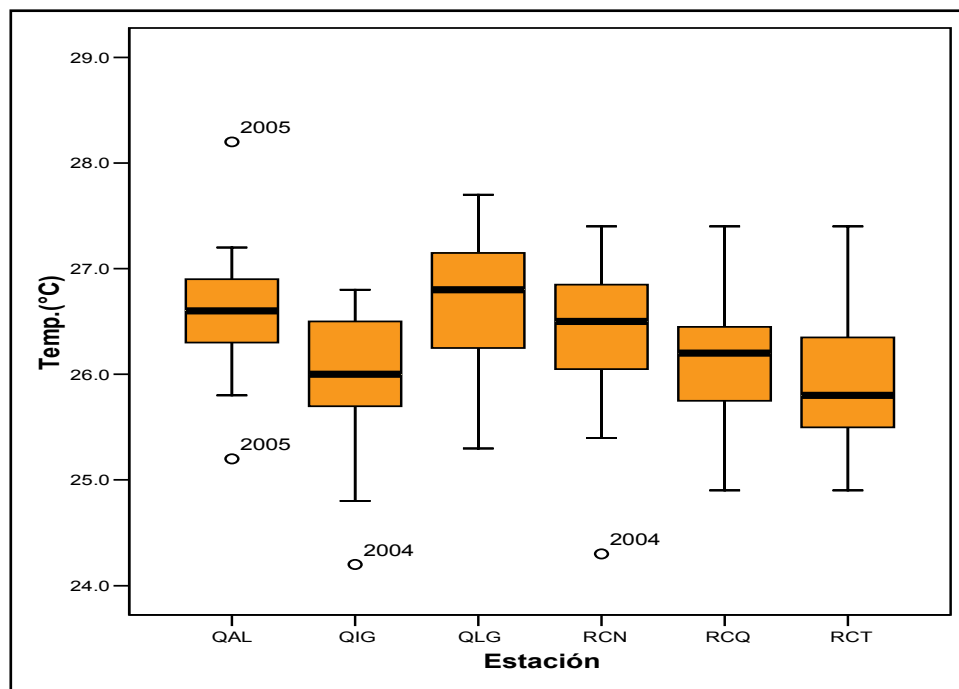


Figura 125. Diagrama de caja para la distribución de la temperatura (subcuenca del río Caño Quebrado, 2004-2005).

La mediana de oxígeno disuelto en las estaciones RCT, RCN y QIG es similar, QLG y QAL también son similares entre sí. La estación RCQ difiere de las otras estaciones porque los valores de oxígeno disuelto son más altos que en las otras estaciones (figura 126).

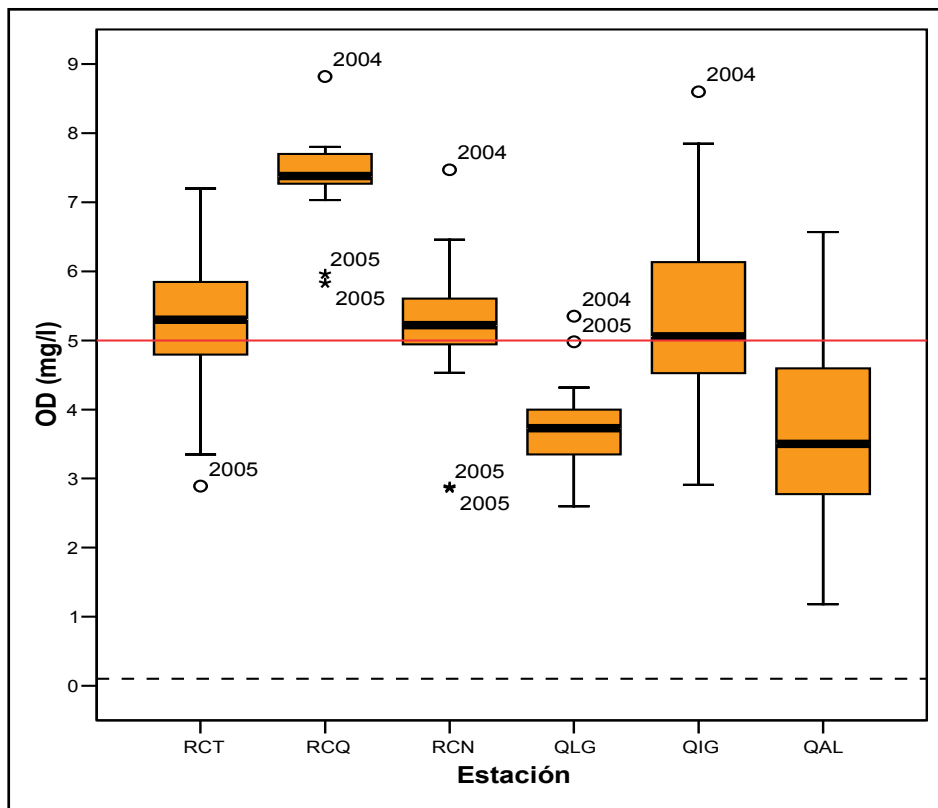


Figura 126. Diagrama de caja para la concentración de oxígeno (subcuenca del río Caño Quebrado, 2004-2005).

En todas las estaciones, con excepción de RCQ, se observa que una parte de los datos se encuentra por debajo del valor guía recomendado (5 mg/l) para conservar la vida acuática. En la estación QLG, el 100 por ciento de los valores está por debajo del valor guía. En su conjunto, se registran cuatro valores atípicos altos en el 2004 y uno en el 2005, y uno atípico bajo y cuatro valores extremos bajos en el 2005.

De acuerdo con la distribución de datos en la mediana se observa que la mayoría de las estaciones presentan valores por encima del valor guía recomendado. Esto indica una condición aceptable para la vida acuática, con la excepción de las estaciones QLG y QAL que presentan concentraciones por

debajo de este valor sugiriendo deterioro de la calidad del agua a la altura de dichas estaciones.

6.3.2. Nitratos

El valor mínimo para las concentraciones de nitratos, durante el período, se registró en la estación RCT con 0,005 mg/l para el 2004. El valor máximo aparece en la estación QLG con 0,323 mg/l, en el 2005. De acuerdo con el cálculo de los promedios, durante todo el período, las concentraciones de nitratos varían en un rango entre 0,026 mg/l para la estación RCT en el 2004 y 0,139 mg/l para la estación QLG en el 2005.

La mediana de nitratos en todas las estaciones se encuentra por debajo del valor guía recomendado (0,3 mg/l) y es variable entre las estaciones (figura 127). Se registra un valor extremo alto y tres valores atípicos en el 2005, uno de ellos sobrepasa el valor guía de referencia.

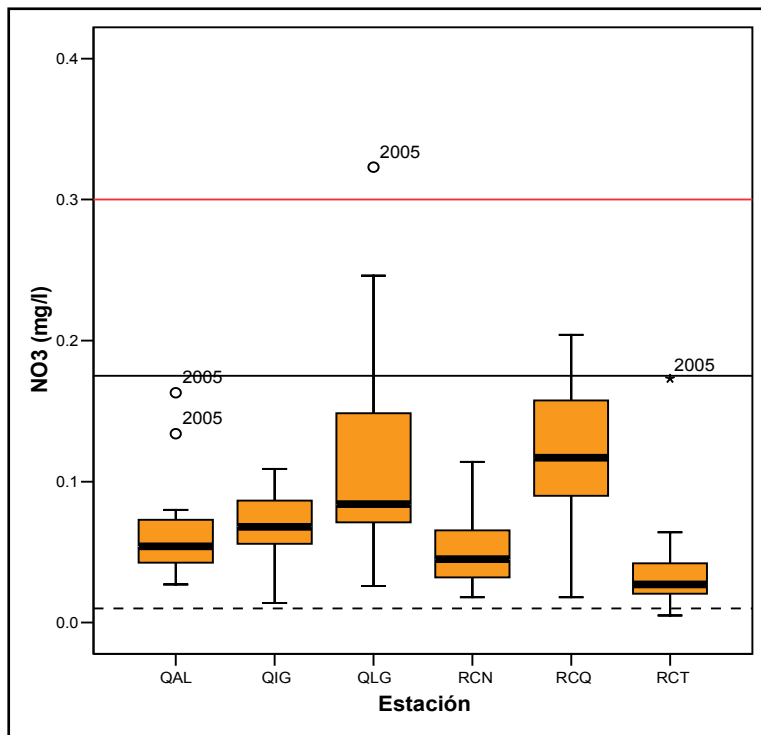


Figura 127. Diagrama de caja para la concentración de nitratos (subcuenca del río Caño Quebrado, 2004-2005).

De acuerdo a los resultados, los valores de concentración de nitratos muestran una calidad de agua aceptable para evitar los procesos de eutrofización, con valores por debajo del valor guía recomendado.

6.3.3. Fosfatos

El valor mínimo durante el período es de 0,000 mg/l y se registró en las estaciones RCN y QAL para el 2004 y prevalece en la estación QAL para el 2005. El valor máximo, de 0,190 mg/l, corresponde a la estación RCN para el 2005. Los valores promedio de fosfatos varían entre 0,002 mg/l, para la estación QLG en el 2004, y 0,022 mg/l, para la estación RCN en el 2005.

En todas las estaciones la mediana de fosfatos se encuentra por debajo del valor guía recomendado (figura 128). Es notoria una similitud de los valores en todas las estaciones. Se observan tres valores atípicos altos y cuatro valores extremos altos en el 2005.

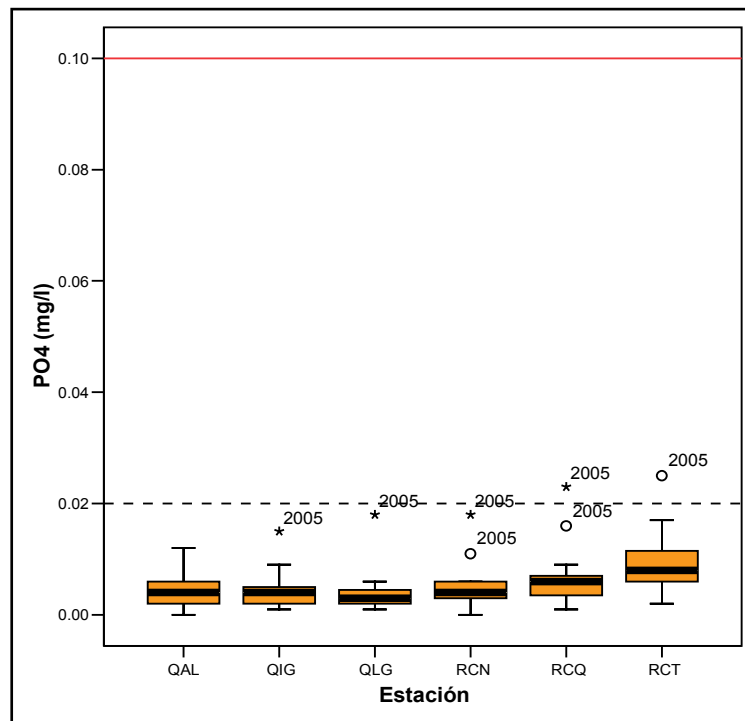


Figura 128. Diagrama de caja para la concentración de fosfatos (subcuenca del río Caño Quebrado, 2004-2005).

De acuerdo con los resultados de la distribución de fosfatos, se puede estimar que éstos no contribuyen a desmejorar la calidad del agua por procesos de eutrofización debido a sus bajas concentraciones.

6.3.4. *Escherichia coli*

El valor mínimo durante el período es de 5 NMP/100 ml en la estación QLG para el 2005 y el valor máximo es de 24.890 NMP/100 ml que corresponde a la estación RCN para el año 2005. Los valores promedio para todo el período varían entre 154 NMP/100 ml para la estación QLG en 2005 y 2.697 NMP/100 ml para la estación RCN en el mismo año.

La mediana de *E. coli* en las estaciones QLG y RCT se encuentra por debajo del valor guía recomendado para agua recreacional de contacto directo; en el resto de las estaciones se encuentra por encima de este valor (figura 129). En la estación QLG, aproximadamente, el 20 por ciento de los datos se encuentra por encima del valor guía recomendado y en la estación RCT, aproximadamente, el 35 por ciento de los datos también sobrepasa este valor. Se registran cinco valores atípicos altos en el 2004 y uno en el 2005. Adicionalmente se observa un valor extremo alto en el 2004.

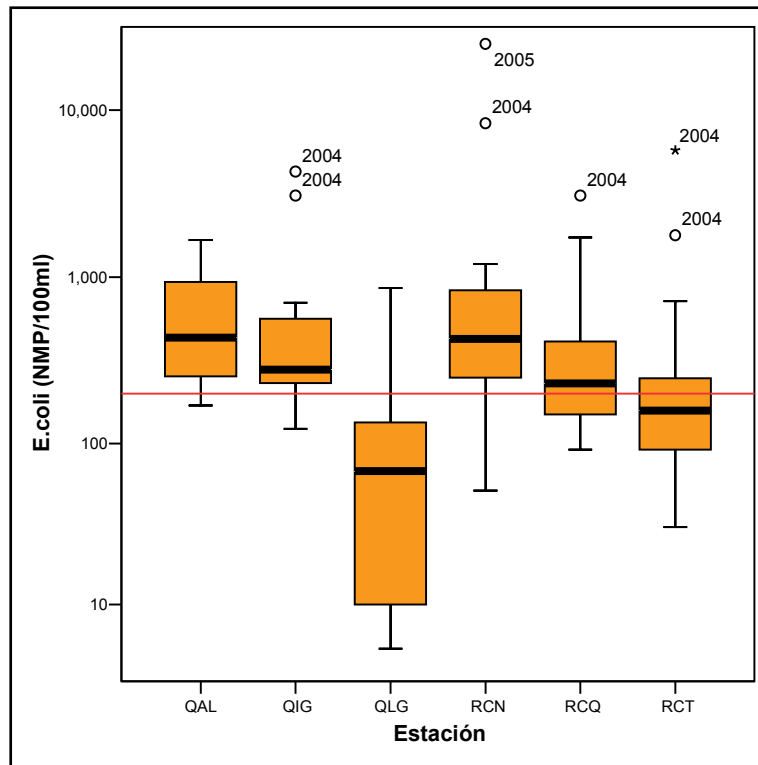


Figura 129. Diagrama de caja para la concentración de *E. coli* (subcuenca del río Caño Quebrado, 2004-2005).

6.3.5. Índice de Calidad de Agua (ICA)

En su conjunto, y de acuerdo a los resultados del ICA, la mayor proporción de datos (91,7 por ciento) para las estaciones en la subcuenca del río Caño Quebrado, se concentra en el rango del descriptor de buena calidad, lo cual indica que la calidad del agua en esta subcuenca es aceptable. En base a los resultados obtenidos se puede sugerir que la calidad del agua en la subcuenca del río Caño Quebrado es apropiada para los siguientes usos: abastecimiento público, previo tratamiento de potabilización, conservación de la vida acuática y, en algunos de los sitios, no es recomendable su uso para actividades recreativas de contacto directo.

El uso de los suelos en la subcuenca es principalmente agropecuario, con fincas ganaderas, avícolas, porcinas, reforestación y cultivos de piña (exportación).

Todas estas actividades generan un impacto sobre el ambiente y la calidad del agua cuyos efectos, hasta ahora, se han mantenido dentro de límites admisibles por el cuerpo de agua. La dinámica del sistema hídrico y la baja densidad de población ayudan a mitigar o revertir, de momento, los efectos de tales eventos.

Queda abierta la inquietud respecto a los bajos valores de oxígeno disuelto registrados en su relación con los bajos valores de nitratos, que sugieren, los primeros alto consumo de oxígeno en procesos de descomposición de materia orgánica que podría estar representada por restos vegetales procedentes de áreas de cultivos y fincas de reforestación. Los segundos, que no hay aportes importantes, continuos, de aguas residuales con fertilizantes nitrogenados o con excrementos de animales al cuerpo de agua. Las bajas concentraciones de fosfatos permiten, a su vez, avanzar la hipótesis que no hay un aporte continuo de aguas residuales que contengan compuestos fosfatados persistentes o residuos de excretas de animales sobre las aguas del río Caño Quebrado, las cuales resultan de una calidad aceptable para diferentes actividades humanas y la vida acuática.

6.3.6. Clasificación de las aguas según la concentración de iones principales

El agua en las estaciones RCQ, RCN, QIG y QAL se clasifica como sódico-bicarbonatada, y en las estaciones RCT y QLG el agua se clasifica como magnésico-bicarbonatada. Los aniones principales en todas las estaciones de muestreo son los bicarbonatos y los cationes son magnesio y sodio (figura 130).

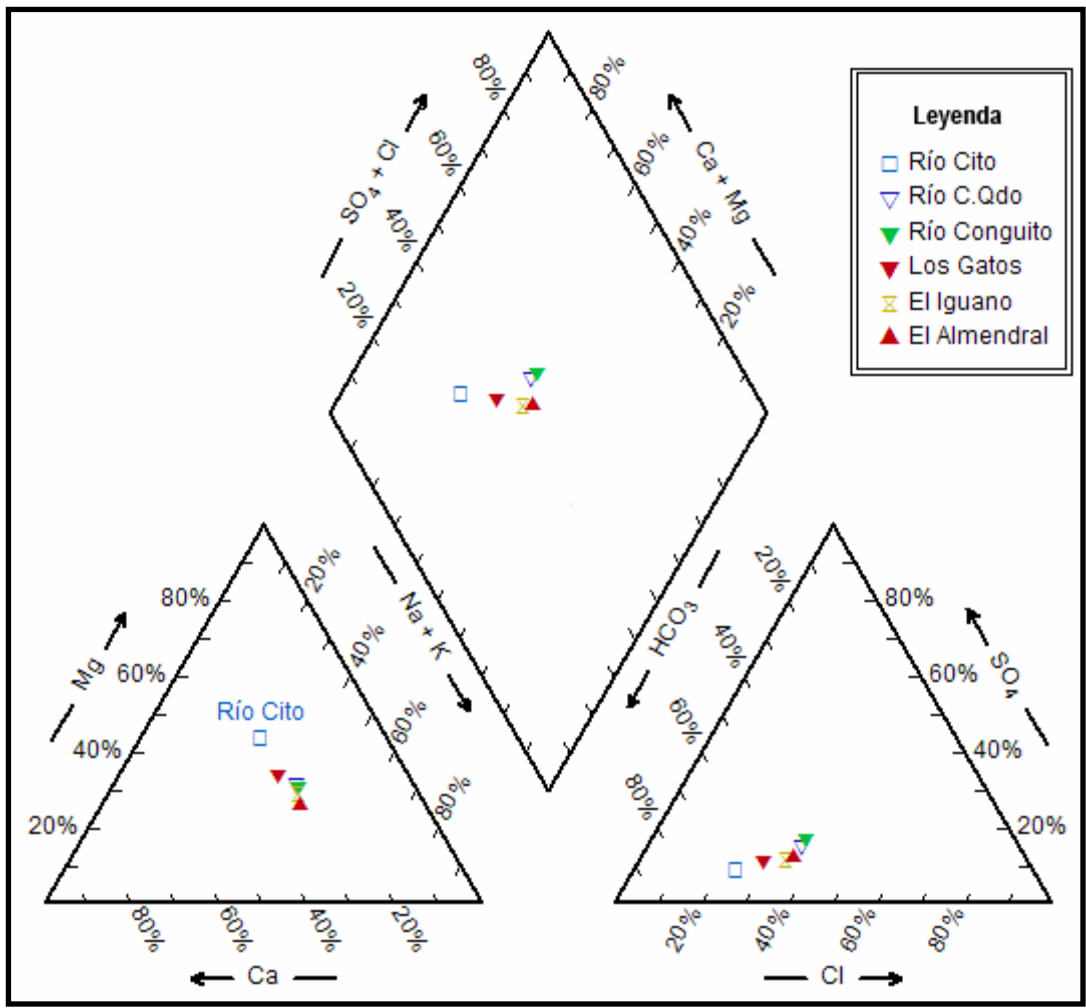


Figura 130. Diagrama de Piper para la clasificación de las aguas de la subcuenca del río Caño Quebrado.

Tabla 15. Subcuenca del río Caño Quebrado: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
QAL	09/16/04	12	2,0	3,8	2,4	,41	1,2	4,4
	10/14/04	13	1,9	3,8	2,1	,57	1,1	8,0
	11/15/04	12	1,9	3,6	1,9	,45	1,1	4,3
	12/13/04	13	3,6	4,0	2,4	,39	1,2	4,9
	01/13/05	12	6,6	6,2	2,0	,84	1,3	6,2
	02/10/05	16	5,3	4,1	2,9	,41	1,4	3,6
	03/10/05	16	1,7	4,2	3,1	,57	1,5	4,2
	04/14/05	16	1,1	4,3	3,2	,77	1,6	4,1
	05/12/05	18	2,2	4,4	3,1	,41	1,4	4,3
	06/09/05	16	3,4	4,1	3,1	,48	1,5	6,2
	07/14/05	14	3,5	4,3	2,6	1,10	1,4	5,0
	08/11/05	15	2,1	4,4	3,6	,60	1,5	7,8
	09/15/05	15	1,9	4,4	2,3	,47	1,3	5,5
	10/12/05	14	2,9	4,8	2,5	,65	1,6	6,6
	11/21/05	15	<1	4,0	2,9	,43	1,4	5,7
	12/14/05	15	<1	5,0	,4	,52	1,6	7,5
QIG	09/16/04	13	2,6	3,8	2,2	,89	1,4	5,0
	10/14/04	15	2,3	4,0	2,6	,70	1,5	6,3
	11/15/04	12	1,6	4,0	2,2	,62	1,3	5,0
	12/13/04	13	3,4	4,0	2,5	,53	1,5	5,4
	01/13/05	14	4,9	5,8	2,2	,72	1,6	6,3
	02/10/05	20	4,5	4,3	3,0	,77	1,8	4,1
	03/10/05	18	1,0	4,1	3,3	,37	2,0	4,5
	04/14/05	20	1,9	4,3	3,4	,92	2,0	4,8
	05/12/05	20	2,5	4,5	3,4	,90	2,0	4,7
	06/09/05	20	2,9	4,0	3,6	,94	2,4	6,9
	07/14/05	16	2,4	4,0	2,8	1,11	1,7	5,0
	08/11/05	14	3,5	5,0	2,8	1,00	1,5	9,0
	09/15/05	14	2,3	4,0	2,3	,72	1,6	5,9
	10/12/05	12	4,8	4,4	2,1	,85	1,4	6,4
	11/21/05	14	<1	4,2	2,8	,59	1,6	6,2
	12/14/05	15	<1	5,4	,3	,60	1,7	8,0

Tabla 15. Subcuenca del río Caño Quebrado: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
QLG	09/16/04	13	2,9	3,0	2,1	,73	1,4	4,3
	10/14/04	12	3,0	3,0	2,0	,58	1,3	5,3
	11/15/04	11	3,3	2,8	1,6	,79	1,2	3,5
	12/13/04	23	4,1	3,4	3,2	,91	2,2	5,5
	01/13/05	25	5,2	4,6	3,0	,73	2,3	5,8
	02/10/05	27	6,2	3,1	3,4	,76	2,5	3,6
	03/10/05	26	1,1	3,2	3,5	,58	2,5	3,5
	04/14/05	22	1,2	3,3	3,4	,41	2,4	5,2
	05/12/05	20	2,4	3,2	3,4	,71	2,2	3,7
	06/09/05	20	2,0	3,0	3,2	,90	2,1	5,8
	07/14/05	20	2,2	3,0	2,9	1,03	1,8	4,7
	08/11/05	15	2,3	4,8	2,7	1,22	1,5	7,8
	09/15/05	18	2,4	3,6	2,5	,64	1,6	5,3
	10/12/05	16	3,7	3,6	2,2	,76	1,8	5,3
	11/21/05	18	<1	3,4	3,0	,59	1,6	5,7
12/14/05	15	<1	3,4	,3	,58	1,6	7,2	
RCN	09/16/04	11	2,5	3,6	1,9	,44	1,3	4,2
	10/14/04	11	2,2	3,6	1,7	,51	1,3	5,5
	11/15/04	9	1,9	3,0	1,9	,47	1,3	3,7
	12/13/04	9	3,5	3,6	1,9	,66	1,3	5,5
	01/13/05	15	7,2	4,8	2,0	,42	1,4	5,5
	02/10/05	16	5,0	3,5	2,8	,43	1,9	3,8
	03/10/05	18	1,7	3,7	3,0	,45	2,0	3,9
	04/14/05	13	3,3	4,1	2,8	,76	1,8	6,1
	05/12/05	16	3,2	3,8	3,4	,51	1,9	4,7
	06/09/05	13	3,1	3,4	3,4	,46	2,3	6,0
	07/14/05	11	3,6	3,6	2,2	,60	1,4	5,0
	08/11/05	8	4,9	3,6	1,9	,85	1,1	7,7
	09/15/05	10	4,1	3,2	1,5	,75	1,2	6,0
	10/12/05	10	6,6	3,6	1,9	,63	1,4	5,8
	11/21/05	12	2,2	3,6	2,4	,41	1,8	4,7
12/14/05	14	<1	5,0	,3	,41	1,7	7,7	

Tabla 15. Subcuenca del río Caño Quebrado: Registros de los valores de los iones principales utilizados en el diagrama de Piper (cont.)

Estación	Fecha	HCO ₃ ⁻	SO ₄ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	Ca ⁺⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)
RCQ	09/16/04	11	2,2	3,4	1,7	,55	1,2	4,4
	10/14/04	12	2,7	3,4	2,0	,64	1,3	4,9
	11/15/04	9	2,7	3,4	1,5	,53	1,2	4,2
	12/13/04	9	3,6	3,6	1,9	,56	1,3	5,2
	01/13/05	12	6,9	4,6	1,7	,68	1,3	6,1
	02/10/05	16	5,0	3,6	2,9	,57	1,9	3,7
	03/10/05	18	1,7	3,9	3,0	,64	2,0	4,1
	04/14/05	16	3,7	4,0	3,4	,76	2,0	5,4
	05/12/05	22	3,1	4,1	3,2	,81	2,0	4,8
	06/09/05	14	3,8	3,4	2,6	,86	1,7	6,3
	07/14/05	13	4,1	3,6	2,8	,84	2,0	4,9
	08/11/05	13	2,6	4,0	2,6	,88	1,5	8,2
	09/15/05	12	2,7	3,6	1,9	,65	1,5	5,6
	10/12/05	11	5,1	4,4	2,6	,79	2,2	8,0
	11/21/05	12	<1	3,6	2,4	,51	1,6	5,0
	12/14/05	13	<1	3,6	,4	,51	1,8	7,7
RCT	09/16/04	18	3,2	3,6	3,1	,44	2,4	5,0
	10/14/04	23	1,9	3,6	3,7	,24	2,7	4,9
	11/15/04	22	1,9	3,4	3,2	,44	2,4	4,0
	12/13/04	26	3,8	3,6	3,6	,28	3,2	5,2
	01/13/05	24	3,6	4,8	3,3	,28	3,1	6,0
	02/10/05	22	4,3	3,9	4,6	,37	4,3	4,2
	03/10/05	39	1,3	4,2	5,4	,51	4,9	4,3
	04/14/05	42	1,2	4,5	5,4	,43	5,3	4,9
	05/12/05	32	3,6	4,1	5,1	,52	4,7	4,7
	06/09/05	27	2,8	3,7	3,8	,26	3,3	6,0
	07/14/05	21	6,2	3,7	3,5	,47	2,7	4,8
	08/11/05	28	3,5	4,4	4,7	,19	3,1	8,7
	09/15/05	32	1,5	4,6	4,6	,26	4,2	5,1
	10/12/05	27	2,9	4,6	4,2	,27	3,6	4,9
	11/21/05	24	1,8	4,2	2,2	,22	3,0	5,2
	12/14/05	25	<1	4,0	,5	,41	3,3	7,3

7. Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten afirmar que la calidad del agua en las estaciones de muestreo en los **principales ríos en la ROR** es buena. Según los valores del ICA, la condición varió de media a excelente, siendo predominantemente buena durante todo el período de muestreo. Por lo tanto, se considera apta para la vida acuática, uso recreacional de contacto directo e indirecto (véase página 25) y como abastecimiento para consumo.

Los niveles de nitratos y fosfatos fueron consistentemente bajos en todas las muestras colectadas, encontrándose dentro de límites aceptables para evitar procesos de eutrofización. El oxígeno disuelto se encontró en concentraciones aceptables para soportar la vida acuática en todas las estaciones y durante todo el período de muestreo. Sólo el parámetro *E. coli* presentó algunos alejamientos importantes sobre la base del valor guía, utilizado para uso recreativo con contacto directo, principalmente en las subcuencas ubicadas en el área oeste de la CHCP. La existencia de actividades humanas de subsistencia como las agrícolas y ganaderas, así como la propia vida silvestre, pueden ser las responsables de estas concentraciones.

Respecto a la clasificación de las aguas según la concentración de iones principales, las aguas de las estaciones de Ciento, Peluca, Candelaria y Río Piedras se clasifican como cálcico bicarbonatadas, mientras que las de Chico, Caño Quebrado, El Chorro y Los Cañones entran en la categoría de sódico bicarbonatadas.

En el caso de los **ríos en la ROCC**, todas las muestras colectadas durante el período presentaron concentraciones de oxígeno por encima de los 5 mg/l (mínimo reconocido como adecuado para la vida acuática). El 75 por ciento de los resultados se situaron por encima de 7,5 mg/l. En varias de las estaciones, durante el período, se observaron altas concentraciones de coliformes totales y *E. coli*, principalmente en las estaciones alrededor de las cuales existen asentamientos

humanos. En la cuenca del Río Indio oeste se observa un aumento de *E. coli*, luego de la entrada al cauce principal de diversos tributarios, por ejemplo, el río Teriá cuya área drena por zonas con un gran número de comunidades, pequeños poblados y viviendas aisladas. Básicamente, las concentraciones tienden a aumentar siguiendo un orden descendente desde la estación El Silencio ubicada en el tramo alto de la cuenca, Boca de Uracillo y Tres Hermanas, ubicadas estas últimas en el tramo medio-bajo de la misma.

Respecto a la clasificación de las aguas según la concentración de iones principales, las aguas en la cuenca del Río Indio oeste son predominantemente sódico-bicarbonatadas, mientras que las de la cuenca del río Coclé del Norte son cálcico-bicarbonatadas. El Índice de Calidad de agua en las estaciones de los ríos de la ROCC presenta una clasificación de buena a excelente, con la mayoría de los registros por encima de 80.

El ***lago Alhajuela*** es un ecosistema de agua dulce, que en términos generales presenta una calidad de agua de buena a excelente en todas las estaciones de muestreo, con bajas concentraciones de nitratos, fosfatos y *E. coli*, y con concentraciones de oxígeno disuelto excelentes para el soporte de la vida acuática. El área donde desembocan los ríos Boquerón y Pequení (estación BOP) presenta las mayores concentraciones de fosfatos, nitratos y *E. coli* y menores concentraciones de oxígeno disuelto con respecto al resto de las estaciones de muestreo, sin que la mediana sobrepase los valores guías recomendados para evitar eutrofización y para uso recreativo con contacto directo/indirecto. Con relación a las concentraciones de iones principales, sus aguas se clasifican como cálcico bicarbonatadas.

El ***lago Gatún*** es un ecosistema de agua dulce, en donde la calidad del agua es de excelente a buena en todas las estaciones de muestreo, con bajas concentraciones de *E. coli*, fosfatos y nitratos, con concentraciones de oxígeno disuelto adecuadas para el soporte de la vida acuática. Las áreas de Gamboa y Paraíso son las que

presentan mayores concentraciones de nitratos, fosfatos y *E. coli* y menores concentraciones de oxígeno disuelto sin que la mediana sobrepase los valores guía recomendados para evitar eutrofización y para uso recreativo con contacto directo. Respecto a la clasificación de las aguas según la concentración de iones principales está en la categoría de cálcico bicarbonatada, exceptuando la estación de Laguna Alta en donde son sódico bicarbonatadas. El lago Gatún representa una barrera de agua dulce, creado artificialmente, que ha permitido la colonización y adecuación de numerosas especies tanto nativas provenientes de los ríos así como exóticas producto de numerosas intervenciones humanas.

El **lago Miraflores** es un ecosistema de agua salobre, en donde la calidad del agua es buena en todas las estaciones de muestreo, para mantener la biota existente. El lago Miraflores no es utilizado como fuente de abastecimiento de agua potable, ni para uso recreativo con contacto directo sin embargo, es necesario preservar la calidad de sus aguas para mantener su equilibrio ecológico, ya que es parte integral de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Sus aguas se sitúan, según la concentración de iones principales, en la categoría de sodio cloruradas.

La calidad del agua en la **subcuenca del río Gatuncillo**, según el ICA, es buena hasta el tramo medio del río. Se observa un desmejoramiento de la misma hacia el tramo bajo. Las concentraciones de oxígeno disuelto muestran valores altos en todas las estaciones, por encima del valor guía recomendado para sustento de la vida acuática, salvo un reducido porcentaje de valores que se encuentran por debajo de este valor guía, hacia el tramo bajo del río. Las concentraciones de nitratos y fosfatos más altas se encontraron en la estación G4 (tramo alto, quebrada Sardinilla), y en el tramo bajo (estaciones 7, 7A y B, 8, 8A y B). *E. coli* presentó ligeras excedencias sobre la base del valor guía utilizado principalmente en el tramo bajo. La existencia de actividades pecuarias (cría de cerdos), la elevada densidad de población en el tramo bajo con el consecuente impacto sobre el recurso hídrico y las actividades humanas de subsistencia pueden representar una fuente para el incremento de este parámetro. Según las concentraciones de iones principales en

la subcuenca del río Gatuncillo, el agua en todas las estaciones se incluye en la categoría cálcico-bicarbonatada.

De acuerdo a los valores del ICA la calidad de agua en la **subcuenca del río Tinajones** es buena. Las concentraciones de oxígeno son bastante similares para todas las estaciones y las medianas se presentan por encima del valor guía recomendado para el soporte de la vida acuática (5 mg/l), asignándole al cuerpo de agua la clasificación de aceptable. Las concentraciones de nitratos, a lo largo de la mayor parte del río, se presentan por debajo del valor guía con la excepción de las estaciones BR3 y BR4 que presentan valores de las medianas por encima del mismo. Estas corresponden al área de incidencia de las descargas de aguas residuales de una finca porcina, lo cual sugiere una contaminación, que se va diluyendo aguas abajo, a medida que se aleja de la fuente. Las concentraciones de fosfatos en las estaciones BR3 y BR4 fueron las más altas de la subcuenca. La distribución en la carga de bacterias *E. coli* es homogénea a lo largo del río, con los valores de las medianas ubicados, ligeramente, por encima del valor guía recomendado para actividades recreacionales de contacto directo, lo cual sugiere una ligera contaminación asociada a las actividades realizadas en la región.

Los parámetros que indican contaminación orgánica y eutrofización sugieren que no hay impacto de actividades productivas que incidan significativamente en el deterioro de la calidad del agua en la mayor parte del río a excepción de las estaciones BR3 y BR4 que corresponden a las áreas donde existe actividad porcicultora. Según las concentraciones de iones principales en la subcuenca del río Tinajones, el agua en las estaciones BR1 y BR2 se incluye dentro de la categoría cálcico-bicarbonatada y en las estaciones BR3, BR4, BR5 y BR6 se clasifica como sódico-bicarbonatada.

Sobre la base de los resultados, la calidad del agua en las estaciones de muestreo en la **subcuenca Caño Quebrado** es buena. Las concentraciones de nitratos y fosfatos son bajas en todas las estaciones de muestreo, encontrándose por debajo

del valor guía recomendado para evitar la eutrofización. El mayor porcentaje de los valores para el oxígeno disuelto en las estaciones de muestreo se encontró en concentraciones aceptables para soportar la vida acuática. Sin embargo, debe prestarse atención en las estaciones QLG y QAL (quebradas) donde las concentraciones de oxígeno disuelto son menores, lo cual podría deberse a la acumulación de restos vegetales, basura, sedimentos erosionados y aguas residuales, aunado al bajo caudal y movimiento de las aguas en estas estaciones. *E. coli*, presentó ligeras excedencias sobre la base del valor guía recomendado para uso recreativo de contacto directo en todas las estaciones. Sin embargo, QLG y RCT son las que se encuentran en mejor estado para este parámetro. Según las concentraciones de iones presentes en el río Caño Quebrado, el agua en las estaciones RCQ, RCN, QIG y QAL se clasifica como sódico-bicarbonatada y en las estaciones RCT y QLG, como magnésico-bicarbonatada.

Los resultados de este trabajo permiten evidenciar que la calidad del agua en las estaciones de vigilancia en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá se encuentra, primordialmente, entre buena y excelente, calificando para diversos usos. Los parámetros analizados se encontraron dentro de límites aceptables en relación con sus respectivos valores guías, indicando una condición saludable del sistema hídrico, así como su capacidad de autodepuración.

8. Recomendaciones

Entre las principales recomendaciones que emanan de este Informe de Calidad de Agua para la CHCP, están:

- Mantener el programa regular de vigilancia de la calidad del agua en los ríos principales y lagos, haciendo énfasis en áreas críticas y en parámetros indicadores.
- Evaluar la frecuencia, la ubicación y el número de estaciones de muestreo en esta región, sobre la base de los resultados obtenidos, a fin de dirigir esfuerzos a las áreas más críticas.
- Mantener y/o aumentar, según cada caso, la frecuencia de muestreo en las subcuencas prioritarias para realizar análisis de tendencias que permitan evaluar el impacto de las acciones que se tomen en dichas áreas.
- En los lagos Gatún y Alhajuela, principales reservorios del agua cruda para el abastecimiento de la población, continuar la vigilancia con el objetivo de detectar cambios en la calidad de las aguas, y aplicar los correctivos necesarios para evitar el desmejoramiento de su calidad. También, ejecutar estudios de dinámica de embalses para caracterizar otros aspectos esenciales en el manejo integrado de los mismos.
- En el lago Gatún, realizar muestreos adicionales, con énfasis en áreas críticas como Gamboa; así como en el tramo medio del río Chagres donde confluyen las descargas de todos los efluentes de las comunidades y actividades realizadas en el corredor transístmico. Se debe tener en cuenta la dinámica del lago Alhajuela en el diseño de un proyecto con relación a la caracterización del tramo medio del río Chagres.
- Identificar y relacionar las actividades productivas y asentamientos humanos que pudieran estar causando el aumento en las concentraciones de nitratos y fosfatos en algunas áreas y la disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto.
- Incluir análisis tendientes a la detección de compuestos agroquímicos (pesticidas, herbicidas), principalmente utilizados en zonas de desarrollo agroindustrial, y en general en la CHCP.

- Desarrollar un modelo de capacidad de carga en los lagos Gatún y Alhajuela que permita la toma de decisión con respecto a futuros proyectos que se puedan ejecutar en esta cuenca.
- Mantener los programas de las diferentes instituciones y organismos que trabajan en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá respecto al apoyo técnico en producción agropecuaria, conservación de medio ambiente, apoyo económico para diferentes proyectos pilotos en gestión integrada de recursos hídricos y producción más limpia.
- Presentar la información recopilada en este informe a las autoridades con competencia en el área para dar seguimiento y tomar acciones respecto a las situaciones identificadas.
- Regular el uso de suelos y establecer medidas que protejan y/o recuperen efectivamente las áreas de ribera de los ríos.

El análisis e interpretación del resto de los parámetros, cuya discusión no ha sido objeto del presente volumen, forma parte de las metas a corto plazo que tiene la Unidad de Calidad de Agua. El tema de los caudales será incluido en el análisis de las variables de calidad de agua, dado que muchas de éstas se ven influidas o se relacionan con los mismos. Esto permitirá la caracterización de las aguas de acuerdo a otras propiedades, empleando distintos índices, que darán cuenta del carácter agresivo o incrustante de las aguas; las relaciones de los sólidos suspendidos; el grado de acidificación y alcalinidad de las aguas; las determinación de la carga de contaminantes y su relación con los caudales; el análisis de la variación espacio-temporal (épocas seca y lluviosa); las relaciones entre dos grupos independientes de datos y de varios grupos independientes y sus correlaciones.

Finalmente, uno de los objetivos de la Unidad de Calidad de Agua, que trasciende la Unidad y se eleva a objetivo nacional, es darle sentido a las categorías del Índice de Calidad de Agua para cuerpos de agua ubicados en los trópicos, en particular en nuestro país, lo cual se podría lograr a través de consulta a expertos y principales usuarios del recurso hídrico.

9. Referencias bibliográficas

ACP. 2004. Diagnóstico socioambiental de la subcuenca del río Gatuncillo. Informe. Proyecto Manejo integral de cuenca y modelación de la calidad del agua de la subcuenca del río Gatuncillo. Departamento de Seguridad y Ambiente. Corozal Oeste. Panamá. 172 p.

ACP/ SONDEAR (Sociedad Nacional para el Desarrollo de Empresas y Áreas Rurales). 2006. Proyecto de establecimiento de Comités Locales por subcuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. Componente de establecimiento de Comités Locales. Documento 2. Diagnóstico participativo socio ambiental y organizativo del tramo medio de la subcuenca del río Boquerón. Panamá. 55 p.

Beamonte, E., Bermúdez, J., Casino, A., Veres, E. 1999. Medición de la calidad del agua. Un índice estocástico aplicado al caso del agua piscícola del río Turia (Valencia) <http://www.uv.es/sestio/TechRep/tr09-04.pdf> Revisado: 18-09-06

CIESE. 2006. <http://www.ciese.org/curriculum/clipproj2/es/fieldbook/oxigeno.html>; Derechos de autor © 2006 Stevens Institute of Technology, Center of Innovation in Engineering and Science Education (CIESE) . Revisado 06-09-06.

CLARA. 2003. <http://clara.ciceana.org.mx/index.html> ©clara 2003; AED, EF, A.C.-CICEANA, USAID, CLARA (coalición para la limpieza activa del recurso agua). Revisado 07-09-06.

CICH. 2004. Plan de acción inmediata para el desarrollo humano, apoyo a la producción y manejo ambiental de áreas rurales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2005-2010. Subcuenca del Río Coclé del Norte. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 65 p.

CICH. 2004. Plan de acción inmediata para el desarrollo humano, apoyo a la producción y manejo ambiental de áreas rurales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2005-2010. Subcuenca del Río Indio. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 81 p.

CICH. 2004. Plan de acción inmediata para el desarrollo humano, apoyo a la producción y manejo ambiental de áreas rurales en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 2005-2010. Subcuenca del Río Toabré. Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. 83 p.

Comisión Local de las subcuencas de los ríos Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado. 2003. Diagnóstico consolidado, proceso de planificación para el manejo de las subcuencas hidrográficas de los ríos Los Hules –Tinajones y Caño Quebrado. Financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional USAID/Panamá. 91 p.

Day, M. M. (Ed. D). 2003. “Temperatura”. Vision Learning Vol. SCI-1 (5s), 2003. <http://www.visionlearning.com/library/module-viewer.php?mid=48&1=s>, Translation by Natalia Pommier. . Revisado 06-09-06.

De La Mora Orozco, C., J. Flores-Garnica, J. A. Germán, Ruiz Corral, J. García Velasco. 2004. Modelaje estocástico de la variabilidad espacial de la calidad de agua en un ecosistema lacustre. Revista Internacional de Contaminación Ambiental, vol. 20 (3) 99-108. <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/370/37020302.pdf> Revisado: 18-09-06

Enciclopedia Microsoft® Encarta® Online2006. “Temperatura”, <http://mx.encarta.msn.com> ©1997-2006 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos. Revisado 06-09-06

EPA. 1986. Véase: **United States Environmental Protection Agency (EPA). 1986.**

Epperson, BK. 2005. Estimating dispersal from short distance spacial autocorrelation, © 2005 Nature Publishing Group All rights reserved <http://www.nature.com/hdy/journal/v95/n1/abs/6800680a.pdf> Revisado: 18-09-06

Fernández E., E. 2002. <http://es.geocities.com/hidrogeo2002/humedalesjaen.pdf> (Caracterización hidroquímica del agua de las lagunas de Alcaudete (Jaén), con objeto de determinar la relación entre las aguas subterráneas y el quimismo lagunar, Fernández E., E., Tragsatec; Buil Gutierrez, Belén. CIEMAT.

Fraser, A.; Meybeck, M.; Ongley, E. © UNEP 1995. Water Quality of World River Basins, GEMS. 40 pp.

Fraser, Andrew; Meybeck, Michel; Ongley, Edwin; © UNEP 1995, Water Quality of World River Basins, GEMS 40 páginas

Lenntech, Copyright© 1998-2004. <http://www.lenntech.com/espanol/Por-que-es-importante-el-oxigeno-en-el-agua.html>; Lenntech, Agua Residual & Purificación del

Aire Holding B.V. Rotterdamseweg 402M 2629 HH Delft, Holanda. Revisado 06-09-06.

Lozano, Z., C. Bravo, F. Ovalles; R. M. Hernández, B. Moreno, L. Piñango; J. G. Villanueva. 2004. Selección de un diseño de muestreo en parcelas experimentales a partir del estudio de la variabilidad espacial de los suelos. Bioagro 16(1): 61-72. 2004 [http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16\(1\)/9](http://pegasus.ucla.edu/ve/bioagro/Rev16(1)/9)

Martínez R., J., http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000600011&lng=pt&nrm=iso&tlng=es MARTÍNEZ RUBIO, Juan. TRAGSATEC.

Pérez L., C. 1999. Control estadístico de la calidad. RA-MA Editorial. Madrid, España. 698 pp.

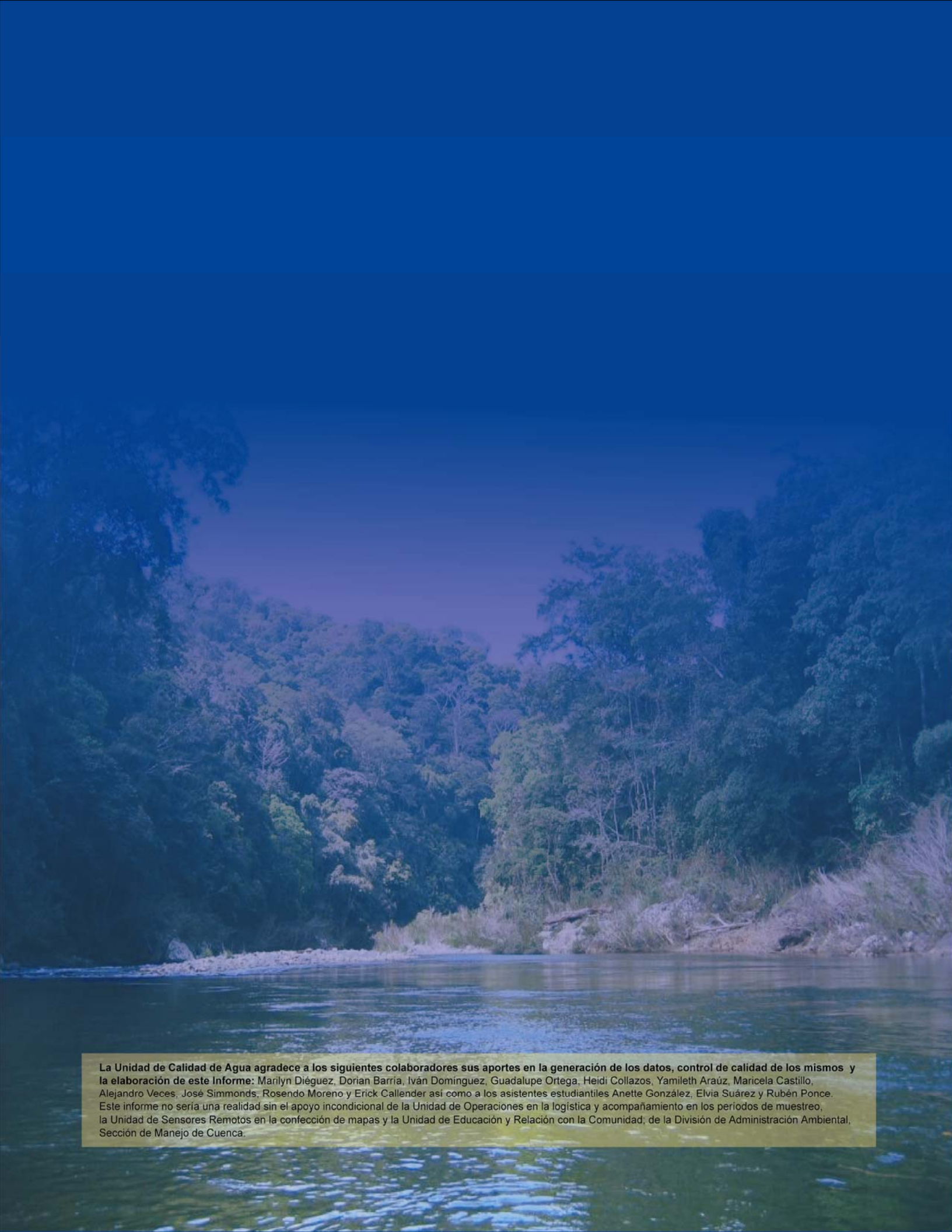
SYSTAT Software Inc. (SSI). 2003. Sigma Plot Exact graphs for Exact Science. <http://www.systat.com/products/sigma/plot/>. Revisado 25-09-06.

Trejos Zelaya, J., E. Molla Vargas. 2000. Introducción a la estadística descriptiva, Editorial Sello Latino, Costa Rica II edición. 498 Páginas

United States Environmental Protection Agency (EPA). 1986. Quality Criteria for Water 1986. Office of Water Regulation and Standards, Washington DC 20460. 477 pp.

USGS. 1998. Indicator: nitrate, phosphorus, and pesticides in streams in agricultural watersheds (040), http://www.epa.gov/ncea/ROEIndicators/pdfs/NPPESTSTREAMS_FINAL.pdf

Villalta, C. y J. Perdomo*. 2005. Sobre como enseñar autocorrelación espacial. Tecnológico de Monterrey. Campus. Ciudad de México. http://www.itesm.mx/egap/que_es_egap/inv_pub/EGAP_APO_05_01.pdf



La Unidad de Calidad de Agua agradece a los siguientes colaboradores sus aportes en la generación de los datos, control de calidad de los mismos y la elaboración de este Informe: Marilyn Diéguez, Dorian Barria, Iván Domínguez, Guadalupe Ortega, Heidi Collazos, Yamileth Araúz, Maricela Castillo, Alejandro Veces, José Simmonds, Rosendo Moreno y Erick Callender así como a los asistentes estudiantiles Anette González, Elvia Suárez y Rubén Ponce. Este informe no sería una realidad sin el apoyo incondicional de la Unidad de Operaciones en la logística y acompañamiento en los periodos de muestreo, la Unidad de Sensores Remotos en la confección de mapas y la Unidad de Educación y Relación con la Comunidad, de la División de Administración Ambiental, Sección de Manejo de Cuenca.