



Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas
de los Ríos Limay, Neuquén y Negro

SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL

ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA Y SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL DE LA CUENCA



CIPOLLETTI, DICIEMBRE 2011



Autoridades de la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC 2011):

Consejo de gobierno:

- *Presidente: Ministro del Interior*
Cr. Florencio RANDAZZO
- *Gobernador de la provincia del Neuquén*
Dr. Jorge A. SAPAG
- *Gobernador de la provincia de Río Negro*
Don Carlos SORIA
- *Gobernador de la provincia de Buenos Aires*
Don Daniel SCIOLI

Comité Ejecutivo:

- *Presidente (cargo rotativo anual)*
Representante por la provincia del Neuquén
Ing. Elías SAPAG.
- *Representante por el Estado Nacional*
- *Representante por la provincia de Río Negro*
- *Representante por la provincia de Buenos Aires*
Don Gustavo ROMERO.

Representantes en el ORSEP:

Ing. Elías A. SAPAG.
Ing. Sergio QUIRICONI.

Secretarios:

- *Secretario de Gestión Ambiental*
Ing. Horacio BOLAND.
- *Secretario de Planificación y Desarrollo*
Ing. José Luís VALICENTI.
- *Secretario de Operación y Fiscalización*
Ing. Aníbal ASENSIO.
- *Secretario de Administración*
Cr. Edgardo CASTRO.



Secretaría de Gestión Ambiental

Integrantes:

- *Secretario de Gestión Ambiental*
Ing. Horacio P. BOLAND
- *Subsecretario de Gestión Ambiental*
Lic. Héctor A. LABOLLITA

Equipo de trabajo:

- Lic. Guillermo A. BLASETTI
- Téc. Juliana P. AGÚNDEZ
- Ing. Federico S. GIOVANARDI
- Lic. Mariana P. STORTI
- Lic. M. Ayelén OTHAZ BRIDA
- Téc. Pedro L. CORDERO
- Adm. J. Anibal CONTRERAS
- Sec. Adm. Sra. Marina A. DÍAZ

ÍNDICE

1. Informe de la síntesis ambiental de la Cuenca.....	6
1.1. Unidades de gestión – Funciones	6
1.3.1. Programas de calidad del agua y de Monitoreo	7
1.3.2. Programas o proyectos que atenúen situaciones deficientes.....	12
1.3.3. Programas Especiales	12
1.3.4. Requerimientos a futuro para el aprovechamiento sostenible	12
1.3.4.1. Vuelco cero	13
1.3.4.2. Áreas de uso restringido	14
1.4.1. Mapa de ub. de las cuencas de los ríos Neuquén, Limay y Negro	16
1.4.2. Mapa Red de mon. calidad del agua en cuenca del río Neuquén	17
1.4.3. Mapa Red de mon. de calidad del agua en cuenca del río Limay	18
1.4.4. Mapa Red de mon. de calidad del agua en el lago Nahuel huapi	19
1.4.5. Mapa Red de mon. de calidad del agua en cuenca del río Negro	20
1.4.6. Mapa Red de mon. de balnearios en cuenca del río Neuquén.....	21
1.4.7. Mapa Red de monitoreo de balnearios en cuenca del río Limay...	22
1.4.8. Mapa Red de monitoreo de balnearios en cuenca del río Negro..	23
1.4.9. Mapa Red de mon. de Agroq. Florac. y Metales río Neuquén ...	24
1.4.10. Mapa Red de mon. de Agroq. Florac. y Metales río Limay	25
1.4.11. Mapa Red de mon. de Agroq. Florac. y Metales río Negro	26
2. Aspectos metodológicos del Control de la Calidad del Agua.....	27
2.5.1. Cronogramas y parámetros – Red básica de monitoreo en ríos..	33
2.5.2. Cronogramas y parámetros – Control en balnearios	33
2.5.3. Cronogramas y parámetros – Floraciones	33
2.5.4. Cronogramas y parámetros – Red básica de monitoreo en Emb..	34
3. Índices de calidad del agua	36
3.1. Índices de calidad del agua –Introducción	36
3.2. ICA – Índice de calidad del agua	40
3.3. ISTO – Índice de sustancias tóxicas y organolépticas	43
3.4. IAP – Índice de abastecimiento público	47
3.5. IPMCA – Índice de protección mínima de comunidades acuáticas..	50

3.6. IET – Índice de estado trófico	51
3.7. IVA – Índice de vida acuática	54
3.8. IB – Índice de balnearios	55
3.9. ICB – Índice de comunidades bentónicas	56
3.10. ICF – Índice de comunidades fitoplanctónicas	59
3.11. ICTEM – Indicador de Colecta y Tratamiento de los efluentes	60
3.12. Calidad de los sedimentos	62
3.13. El ICA en la cuenca	67
4. <i>Bibliografía</i>	69
5. <i>Anexo</i>	70
6. <i>Abreviaturas</i>	71



SECRETARÍA DE GESTIÓN AMBIENTAL

1. INFORME SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN AMBIENTAL EN LA CUENCA

La AIC, integrada por las provincias de Neuquén, Río Negro y Buenos Aires y el Estado Nacional, para lograr una mayor eficiencia en el proceso y eficacia en las soluciones de los conflictos ambientales y, en pos de un adecuado manejo integrado de la cuenca, ha promovido conjuntamente con Organismos de dichas Jurisdicciones, las siguientes acciones:

- Creación de una Junta Ejecutiva con nivel de decisión política para el tratamiento y coordinación de la temática ambiental. Esta Junta se ha conformado mediante un Acta Acuerdo rubricada el 9 de junio del 2004, entre la AIC y las Instituciones de las Provincias responsables del resguardo ambiental en la cuenca, en el ejercicio pleno de las atribuciones y obligaciones de cada una de ellas.
- Formación de Unidades de Gestión Ambiental dependientes de la Junta Ejecutiva, conformadas por profesionales y técnicos de las instituciones participantes, para el abordaje de temas ambientales específicos, comunes a cada uno de ellas.

El funcionamiento de las Unidades de Gestión es de carácter permanente, variando la frecuencia de sus reuniones y los plazos de ejecución de sus Programas, de acuerdo con la urgencia y las prioridades que reclamen cada uno de los temas que se tratan.

1.1. Las Unidades de Gestión poseen las siguientes Funciones:

- Acordar y establecer los Planes de Gestión específicos para cada actividad temática
- Planificar las tareas, cronogramas y costos para el desarrollo del Plan establecido
- Elaborar los Programas Anuales para la ejecución de las tareas planificadas
- Controlar el desarrollo de los Programas mediante supervisión y seguimiento
- Evaluar, informar y/o publicar los resultados obtenidos
- Proponer acciones (correctivas, preventivas, normativas)

- Realizar prognosis sobre la evolución de los ecosistemas, a fin de brindar elementos para que las Provincias puedan tomar con antelación las medidas que correspondan

1.2. Actualmente se encuentran en funcionamiento las siguientes Unidades de Gestión Ambiental para un Manejo Integrado de la Cuenca:

- § Unidad de Gestión de Estudios, Preservación y Control del Recurso Faunístico
- § Unidad de Gestión de Calidad del Agua
- § Unidad de Gestión para la Identificación y Evaluación de Riesgos Ambientales y Respuesta ante Emergencias
- § Unidad de Gestión para el Estudio de Ecosistemas naturales e inducidos
- § Unidad de Gestión para la Evaluación y Aprobación de Estudios de Impacto Ambiental de emprendimientos existentes y futuros
- § Unidad de Gestión para el auspicio, difusión y promoción de la educación y concientización ambiental
- § Unidad de Gestión de Legislación Ambiental

1.3.1. Programa de Calidad del Agua y existencia de Programas de Monitoreo

UNIDAD DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL AGUA

La AIC realiza el control de la Calidad del Agua en la cuenca principalmente a través de la Unidad de Gestión de Calidad del Agua.

Esta Unidad de Gestión desarrolla sus tareas con la participación de profesionales y técnicos de los Organismos de las Provincias de Neuquén, Río Negro y Buenos Aires competentes en materia de agua y de la Secretaría de Gestión Ambiental de nuestra Institución.

En dicho ámbito se planifican, se elaboran y se ejecutan Programas conjuntos de Monitoreo Ambiental y Control de la Calidad del Agua.

Dado que los resultados que se obtienen a partir de los análisis efectuados son permanentemente evaluados y distribuidos entre las instituciones participantes de la citada Unidad de Gestión, las Provincias se encuentran informadas en forma permanente del estado y aptitud de uso del agua en los diferentes ambientes acuáticos de la Cuenca.

La AIC por sus obligaciones legales y en conjunto con las provincias que la integran, a través de las “Unidades de Gestión” han desarrollado desde 1993 una red de control y monitoreo permanente que permite un seguimiento del grado de contaminación informando y alertando a las provincias integrantes para que se implementen las acciones correspondientes.

Los Programas de Monitoreo permanente que se encuentran actualmente en ejecución son:

- § Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Agua de ríos y embalses
- § Determinación de aptitud de uso de Balnearios
- § Plan de Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca
- § Relevamiento de Metales Pesados
- § Control de Floraciones Algales
- § Monitoreo de la Calidad del Agua del Lago Nahuel Huapi

Entre el conjunto de Programas citados precedentemente, se cuenta actualmente con una Red de Monitoreo permanente integrada por alrededor de 200 estaciones de muestreo en toda la cuenca.

El objetivo principal de todos los Programas en ejecución es diagnosticar y controlar la calidad del agua en la Cuenca en relación a sus usos, verificando los resultados obtenidos con diversos niveles guía de calidad, tanto nacionales como internacionales.

En este sentido y en cumplimiento de sus obligaciones, la AIC ha elaborado en el año 1996 una "Propuesta de Niveles Guía de Calidad para las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro" que fue puesta a consideración de las Jurisdicciones. Una síntesis de la misma se presenta en las tablas del Anexo I.

A partir del presente año, la SGA ha empezado la adaptación y el cálculo de diversos **ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA**, incorporando los parámetros más significativos para la evaluación de la calidad de la misma según los objetivos propuestos (ver página 17).

Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Agua de ríos y embalses

Este Programa tiene como objetivo evaluar en forma permanente la calidad del agua de los recursos hídricos de la cuenca, a través del monitoreo de parámetros indicadores de la contaminación (en ríos) y de la evolución del estado trófico (en embalses).

Se efectúan muestreos bacteriológicos, físicos y químicos con una frecuencia mensual en ríos y bimestral en embalses, en 47 estaciones de monitoreo distribuidas en toda la cuenca (Mapa 1).

Los resultados de este trabajo indican que en la gran mayoría de los sitios monitoreados la calidad del agua es muy buena y apta para los distintos usos.

De todos modos se ha identificado que el fundamental problema de afectación de la calidad del agua en los ríos está vinculado a descargas puntuales de efluentes domiciliarios e industriales deficientemente tratados o sin tratar,

destacándose la presencia de la bacteria *Escherichia coli* como principal indicador.

Este hecho se manifiesta en determinadas áreas de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén y primeros tramos del río Negro donde se conjugan la mayor concentración urbana y actividad industrial de la cuenca con amplias zonas de producción agrícola.

Como ponderación del grado de contaminación los recursos hídricos de la cuenca puede considerarse la relación que existe entre el vuelco cloacal de la población actual (1.100.000 habitantes) de aproximadamente 4 m³/s con el módulo del río Negro que es de 1.000 m³/s.

En los embalses no se observan actualmente situaciones de deterioro de la calidad del agua aunque, aspectos tales como las pisciculturas en jaulas flotantes en el embalse Alicurá y Piedra del Águila, el desarrollo de Villas Turísticas en amplias franjas costeras del embalse Mari Menuco y las recurrentes floraciones algales en el embalse Ramos Mexía deben ser atendidas convenientemente a fin de evitar efectos ambientales negativos, localmente o dispersos a otras áreas de la cuenca.

1.3.1.2. Monitoreo de la Calidad del Agua del Lago Nahuel Huapi

El lago Nahuel Huapi fue objeto de diversos programas anuales de monitoreo de la calidad del agua desde el año 1995. A partir de dichos trabajos se ha determinado que el lago Nahuel Huapi presenta en general una muy buena calidad del agua, compatible con los diversos usos presentes.

En general las áreas costeras fueron identificadas como los lugares con mayor impacto de las actividades antrópicas, reflejando en diversos casos el efecto de las descargas de cursos de agua superficiales o de efluentes que llegan al mismo; dicha condición es más marcada en la margen sur del lago (costa rionegrina, San Carlos de Bariloche) y en menor medida en la margen norte (costa neuquina, Villa La Angostura).

Las variables determinantes del estado trófico (fósforo total, clorofila a y transparencia) registradas entre los años 1995 y 2007, permiten categorizar al Nahuel Huapi en su conjunto como un lago ultra-oligotrófico.

Durante el año 2010, se ha implementado una red de monitoreo permanente de este cuerpo de agua, integrada por 30 estaciones de muestreo que se localizan principalmente en áreas costeras y son relevadas con una frecuencia mensual (Mapa 1).

Determinación de aptitud de uso de Balnearios

Esta actividad tiene como objetivo determinar la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo en distintos balnearios de la cuenca, mediante el análisis de la concentración de la bacteria *Escherichia coli*.

Desde el año 2000, se efectúa anualmente previo al inicio de la temporada estival, en 51 áreas recreativas localizadas en toda la cuenca, de acuerdo a

pautas metodológicas y evaluación de la aptitud establecidas en normas internacionales (Mapa 2).

En general más del 95 % de los sitios considerados han sido históricamente determinados como aptos para el uso descripto, observándose variaciones anuales en algunos balnearios ubicados en el área de la Confluencia anteriormente citada.

Los resultados de este control son informados tanto a las Provincias como a los Municipios que son los responsables de habilitarlos.

1.3.1.3. Plan de Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca

Los objetivos del Plan de Monitoreo de Agroquímicos en la Cuenca son determinar la presencia de residuos de agroquímicos en diversos componentes del ecosistema fluvial de los Ríos Limay, Neuquén y Negro y evaluar la calidad del agua para abastecimiento humano y riego.

Se realizan desde el año 2004 muestreos estacionales, focalizados durante el ciclo productivo de la actividad agrícola (época de máxima aplicación, período octubre – abril) y durante el momento de descanso (julio – agosto), en las principales áreas agrícolas de la cuenca (Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior del río Negro).

Se han establecido 36 estaciones de control localizados en ríos (captaciones para abastecimiento humano y riego) y desagües (receptores de los excedentes de agua de riego), analizándose los productos de mayor aplicación en la zona los cuales pertenecen a los grupos de Órgano fosforados, Órgano clorados, Carbamatos, Piretroides, Fungicidas y Difenilamina (Mapa 3).

Los resultados hallados han sido muy similares a lo largo de estos años, encontrándose que los plaguicidas de uso agrícola fueron detectados en los ríos en forma esporádica, en concentraciones que no implican un riesgo para la salud humana y los cultivos ni para el desarrollo de la vida acuática. En los casos que hubo detección, sólo fueron encontradas trazas de aquellos compuestos más utilizados en el control fitosanitario en la región (dimetoato, metil azinfos y carbaryl) durante la época de aplicación de los mismos.

Los drenajes agrícolas presentan residuos de plaguicidas en mayor número y concentración que los ríos, debido principalmente a que están más expuestos a recibir los residuos de los agroquímicos aplicados en las áreas que drenan y que, en muchos casos, son cuerpos receptores hídricos de efluentes industriales.

En general las áreas que presentan detecciones corresponden al tramo intermedio del río Negro en el Alto Valle.

1.3.1.4. Relevamiento de Metales Pesados

El objetivo de este relevamiento es determinar la concentración de metales pesados en diversos componentes del ecosistema fluvial de los Ríos Neuquén, Limay y Negro.

Iniciado en el año 2003 para 12 sitios ubicados a lo largo de los ríos Neuquén y Negro, principalmente para el seguimiento de la actividad minera en el primero de ellos, actualmente cuenta con 28 estaciones de muestreo que incluyen además al río Limay y lago Nahuel Huapi (Mapa 1).

Con una frecuencia estacional se analizan en agua arsénico, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, plomo, selenio, níquel y plata. En sitios aledaños a la explotación de oro en la alta cuenca del río Neuquén se analiza además cianuros.

Los resultados obtenidos se encuentran en su mayoría por debajo de los límites de detección mientras que el resto de los registros no superan los niveles guía de calidad para los distintos usos del agua.

Una situación particular se ha observado en un bajo porcentaje de muestras analizadas en el río Neuquén en la alta cuenca, donde se determinaron concentraciones de arsénico que superaron levemente los niveles guía para agua destinada al consumo humano, situación que se vincula con la actividad volcánica aguas arriba (Volcán Domuyo).

1.3.1.5. Control de Floraciones Algales

El objetivo de esta Programa iniciado en el año 1995, es monitorear las condiciones ambientales que desencadenan las floraciones de Cianobacterias que se producen periódicamente en algunos embalses de la cuenca, determinar su potencial toxicidad y establecer un sistema de predicción y aviso a las plantas potabilizadoras localizadas aguas abajo.

Históricamente en los embalses Ramos Mexía y Arroyito y en los últimos dos años en el embalse Mari Menuco, tienen lugar estos eventos que se caracterizan por generar altas densidades de algas planctónicas que pueden afectar los sistemas de potabilización, tanto en la calidad del producto como en los procesos de purificación. Asimismo debe considerarse la potencial toxicidad de ciertos metabolitos que producen estas algas, los cuales pueden impactar sobre la salud humana y otros componentes de la biota.

Se han establecido 5 estaciones de muestreo que son monitoreadas en forma quincenal entre octubre y abril (período de mayor ocurrencia de floraciones) y mensualmente en el resto del año (Mapa 3). Los resultados obtenidos se integran a través de la emisión de informes, a un Sistema de Comunicaciones y Alertas con las Plantas Potabilizadoras, a fin de que éstas puedan adecuar sus procesos en virtud de las densidades algales presentes.

Si bien a fines de los años '90 se produjeron floraciones muy severas en las que llegó a determinarse la presencia de metabolitos tóxicos, los registros de los últimos años parecerían indicar una declinación de las concentraciones de cianobacterias en los embalses de la cuenca del río Limay. Por el contrario desde fines del año 2008, en el embalse Mari Menuco comenzó a observarse la presencia de estas algas en altas densidades, hecho que se destaca por ser este reservorio la cabecera del Acueducto de la Confluencia, que abastecerá

próximamente de agua para riego y consumo humano en áreas de las cuencas inferiores de los ríos Limay y Neuquén.

1.3.2. Programas o Proyectos que atenúen las situaciones deficientes

Todos los Programas citados proveen de información para el control y diagnóstico de la calidad del agua en la Cuenca y, en base a los mismos, la AIC identifica las áreas críticas y alerta a los Estados signatarios de las situaciones deficientes que se presentan en la Cuenca.

Asimismo y como ya fuera citado, la AIC pone en conocimiento de los registros obtenidos a las Provincias en tiempo real, lo cual permite a éstas establecer prioridades y ejecutar las obras de saneamiento necesarias.

Como consecuencia de ello, las Jurisdicciones han elaborado recientemente Proyectos de readecuación de plantas de tratamiento de efluentes cloacales, pudiendo citarse las correspondientes a la ciudad de Neuquén (Tronador y Parque Industrial, Pcia. de Neuquén), Viedma (Pcia. de Río Negro) y Carmen de Patagones (Pcia. de Buenos Aires). Estas dos últimas contemplan el reuso agrícola del efluente final.

1.3.3. Programas especiales

Por otra parte, la AIC, a través de la **Unidad de Gestión para el Estudio de Ecosistemas Naturales e Inducidos**, ha elaborado un **“Estudio Ambiental de Lagos Naturales de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro”** el cual tiene como propósito la descripción y diagnóstico ambiental de 54 lagos naturales de las cuencas de los ríos Limay y Neuquén, a fin de establecer acciones normativas, preventivas y de control que garanticen la sustentabilidad de sus usos presentes y futuros.

Asimismo, en el marco de la **Unidad de Gestión de Identificación y Evaluación de Riesgos Ambientales** y Respuestas ante Emergencias Ambientales se ha efectuado una estimación del volumen de lixiviados originados en sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos que potencialmente podrían ser vertidos en la cuenca del río Negro.

En conjunto con la Universidad Nacional del Comahue (UNCo), se encuentra en etapa de planificación, un Programa para el Estudio de la movilidad y toxicidad de agroquímicos en el agua subterránea de las áreas agrícolas bajo riego.

Por medio de la Unidad de Gestión para el auspicio, difusión y promoción de la educación y concientización ambiental la AIC desarrolla diversos Programas, con el convencimiento de que la toma de conciencia ambiental también contribuirá a atenuar las situaciones deficientes de los recursos hídricos.

1.3.4. Programa de Requerimientos a futuro para el aprovechamiento sostenible de la cuenca

VUELCO CERO

El Comité Ejecutivo de la AIC en su Reunión N° 248 del 26/04/2010, en el punto “3” de la misma, aprobó lo siguiente:

“3. Se analiza la propuesta elevada por la Secretaría de Gestión Ambiental que consta de una introducción de antecedentes, experiencias y consideraciones generales y un desarrollo específico para nuestra cuenca, la que se transcribe a continuación:

En las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, los vuelcos que actualmente tienen como cuerpo receptor las aguas de los ríos y lagos son:

- § Vuelcos cloacales.
- § Vuelcos industriales.
- § Vuelcos pluviales.
- § Vuelco de agroquímicos.
- § Vuelcos de lixiviados originales por residuos sólidos urbanos (RSU).
- § Vuelcos accidentales.

Todos estos vuelcos generan un proceso contaminante que puede ser transitorios o permanente de acuerdo a la persistencia de los elementos orgánicos y o inorgánicos y al poder de dilución y degradación del cuerpo receptor.

La AIC por sus obligaciones legales y en conjunto con las provincias que la integran, a través de las “Unidades de Gestión” han desarrollado una red de control y monitoreo permanente de 200 puntos de muestreos que permite un seguimiento del grado de contaminación informando y alertando a las provincias integrantes para que se implementen las acciones correspondientes.

El Comité Ejecutivo de la AIC decidió proponer a las Provincias que la integran, la implementación de políticas de estado, sustentadas por:

- § Legislaciones Provinciales y Municipales al efecto
- § Planes estratégicos
- § Cronogramas con metas a cumplir en el mediano y largo plazo
- § Búsqueda de fuentes de financiación.

Para lograr los siguientes objetivos:

1.3.4.1. Vuelco Cero

Eliminación en el mediano y largo plazo de todo tipo de vuelco en los ríos y lagos de la cuenca, mediante el tratamiento y reuso de los mismos.

Por ejemplo: En vuelcos cloacales el reuso para forestación por la cual se evita la contaminación de los cuerpos de agua generando a la vez, la captación de carbono atmosférico; la producción de madera para distintos usos y la fijación de suelos para disminuir la erosión de los mismos.

Esta propuesta es posible, ya hay experiencias exitosas a nivel mundial, se dispone de la tecnología apropiada, en nuestro territorio existen espacios disponibles para su desarrollo, poseemos profesionales capacitados para investigar planificar y adaptar las tecnologías a las particularidades locales.

1.3.4.2. Establecer áreas de uso restringido

En áreas urbanas a partir de las líneas de riberas de ríos y lagos de la cuenca, establecer un espacio adecuado para: Amortiguación de procesos ecológicos asociados con los ecosistemas acuáticos; destinado a usos recreativos paisajístico: vías de comunicación; drenaje; desarrollos forestales, etc.

Analizada la propuesta se aprueba por unanimidad.”

1.4. MAPAS

Resumen de Mapas

1.4.1. Mapa de ubicación general de las cuencas de los ríos Neuquén, Limay y Negro

1.4.2. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de la calidad del agua en la cuenca del río Neuquén

1.4.3. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de la calidad del agua en la cuenca del río Limay

1.4.4. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de la calidad del agua en las cuencas del lago Nahuel Huapi

1.4.5. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de la calidad del agua en la cuenca del río Negro

1.4.6. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de balnearios en la cuenca del río Neuquén

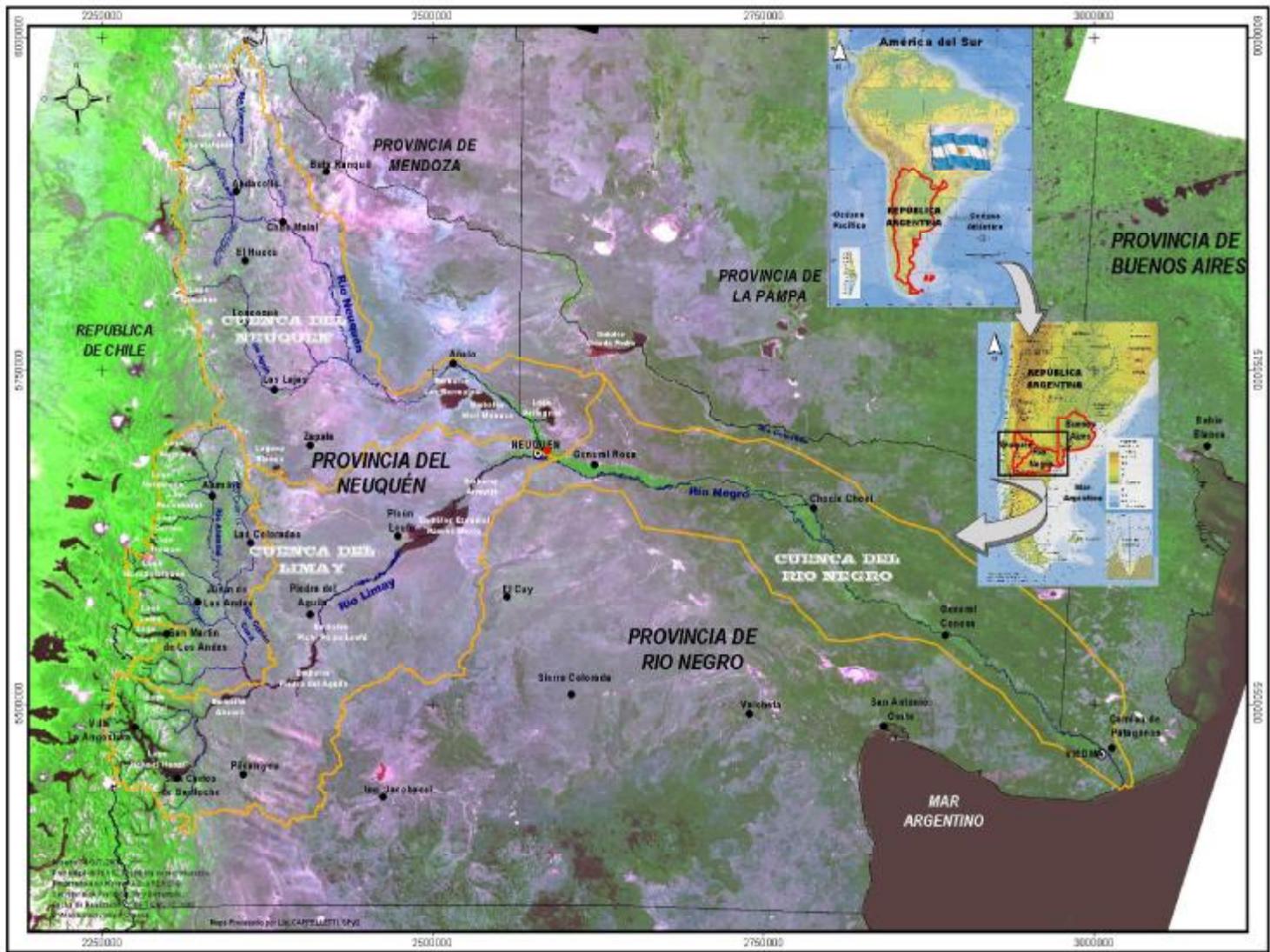
1.4.7. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de balnearios en la cuenca del río Limay

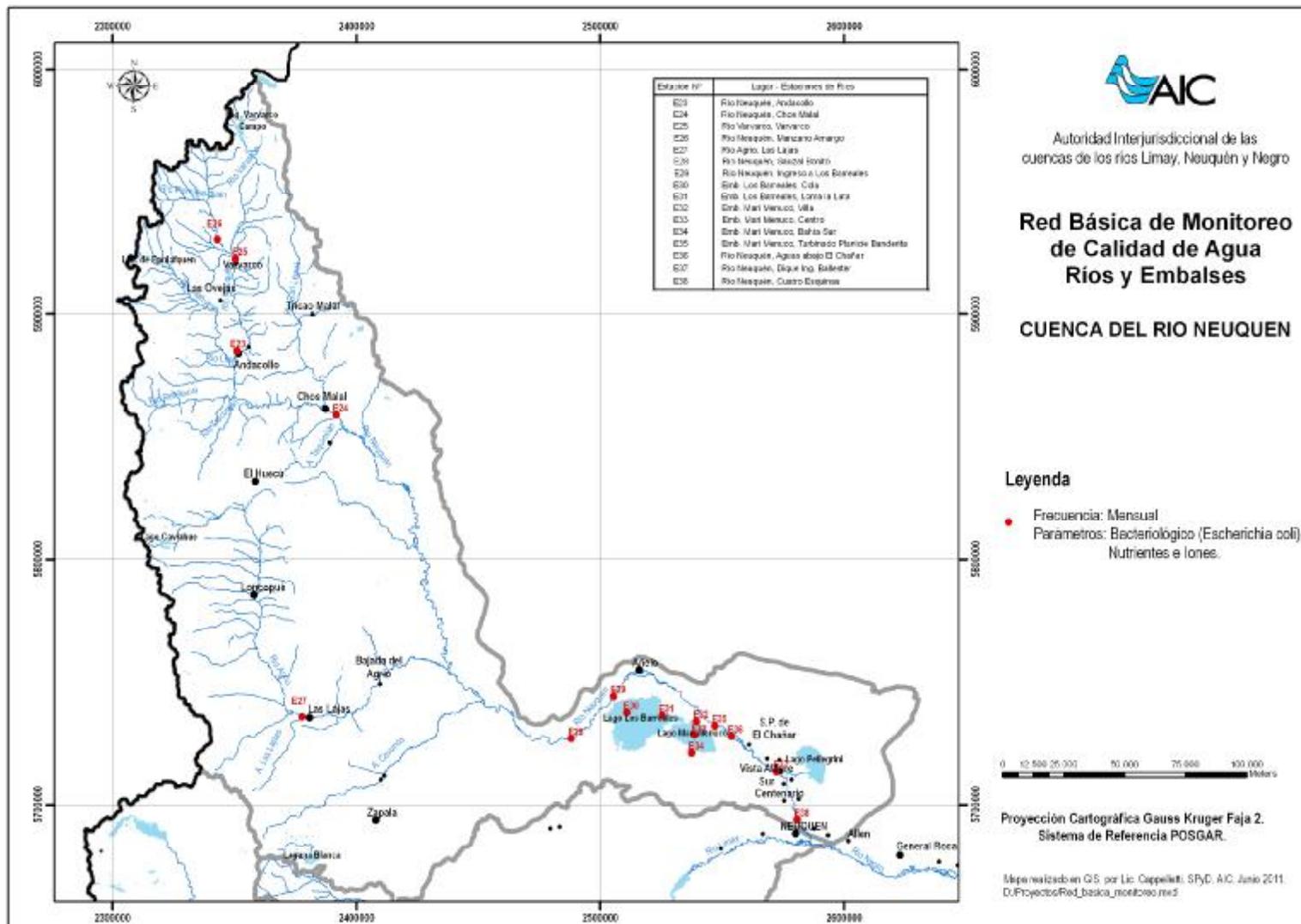
1.4.8. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de balnearios en la cuenca del río Negro

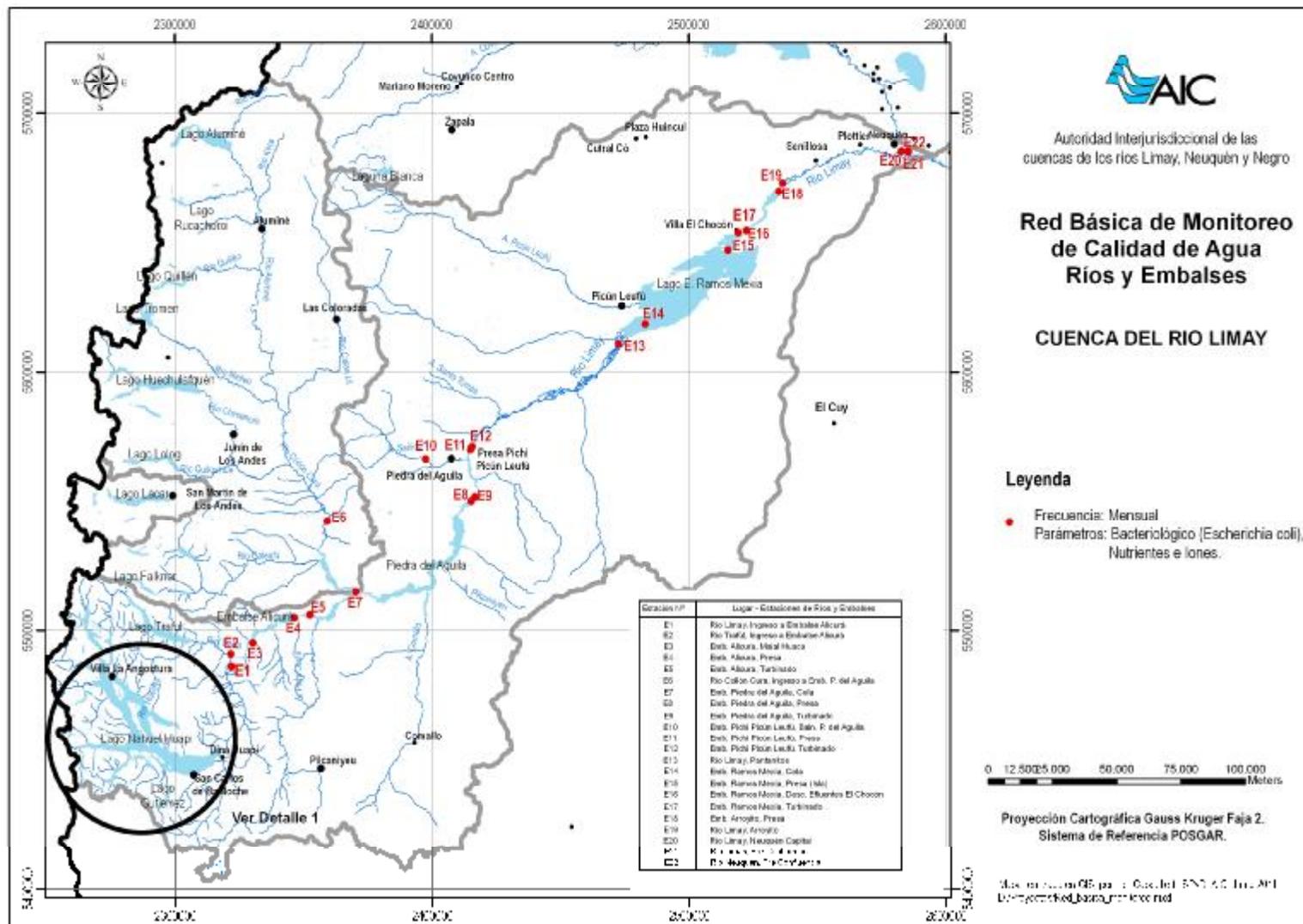
1.4.9. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de agroquímicos, floraciones y metales pesados en la cuenca del río Neuquén

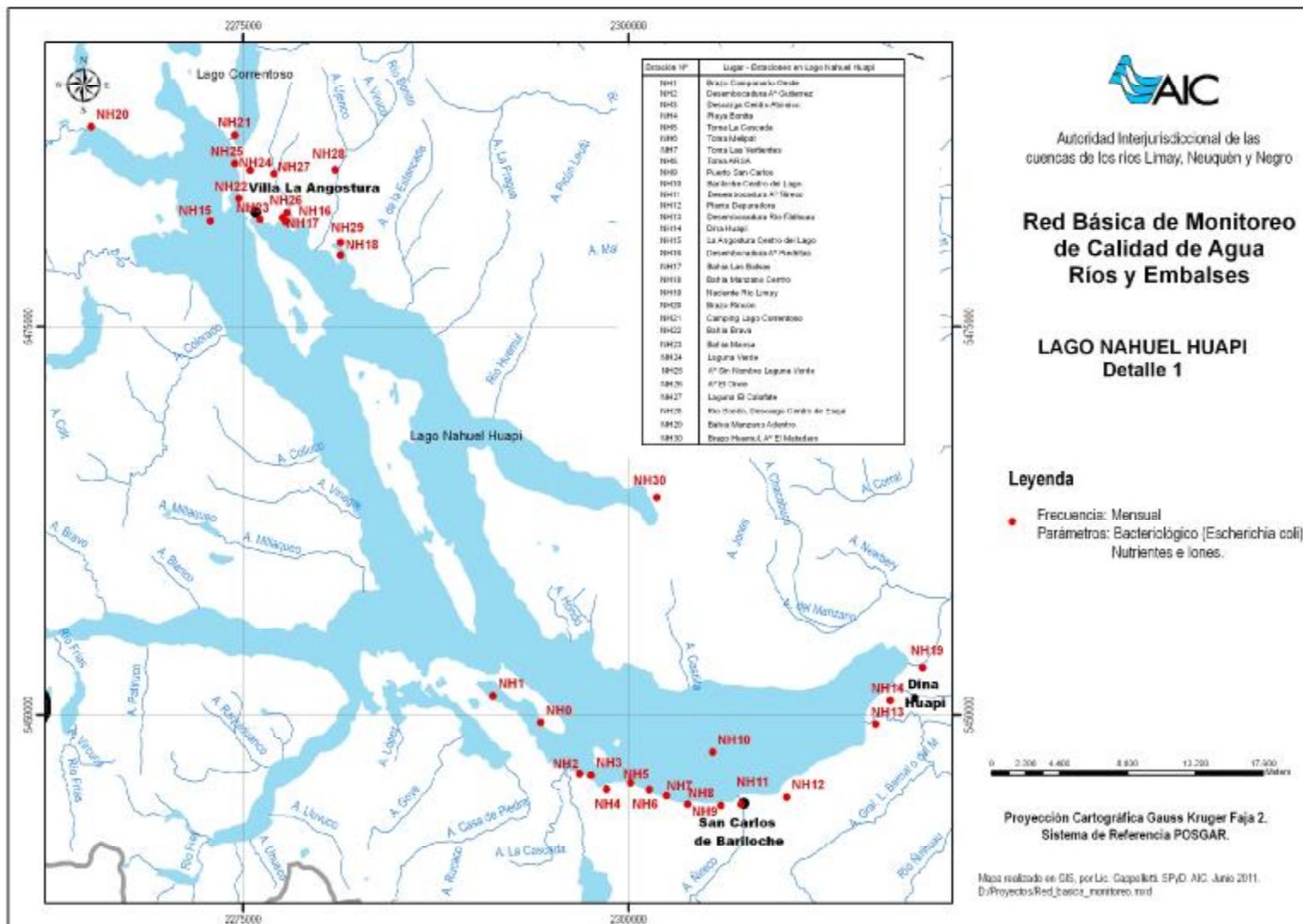
1.4.10. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de agroquímicos, floraciones y metales pesados en la cuenca del río Limay

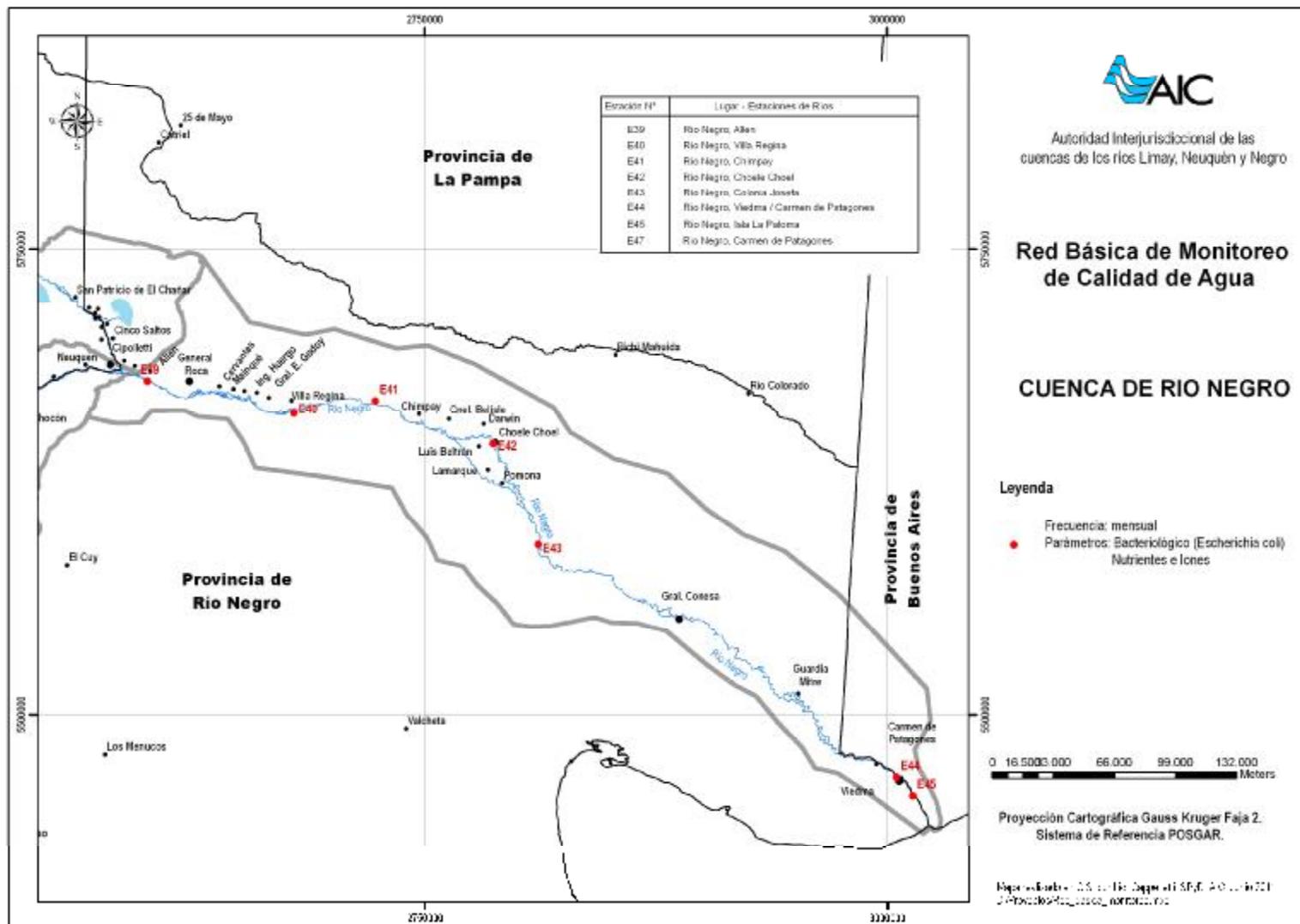
1.4.11. Mapas de ubicación de los puntos de muestreo de agroquímicos, floraciones y metales pesados en la cuenca del río Negro

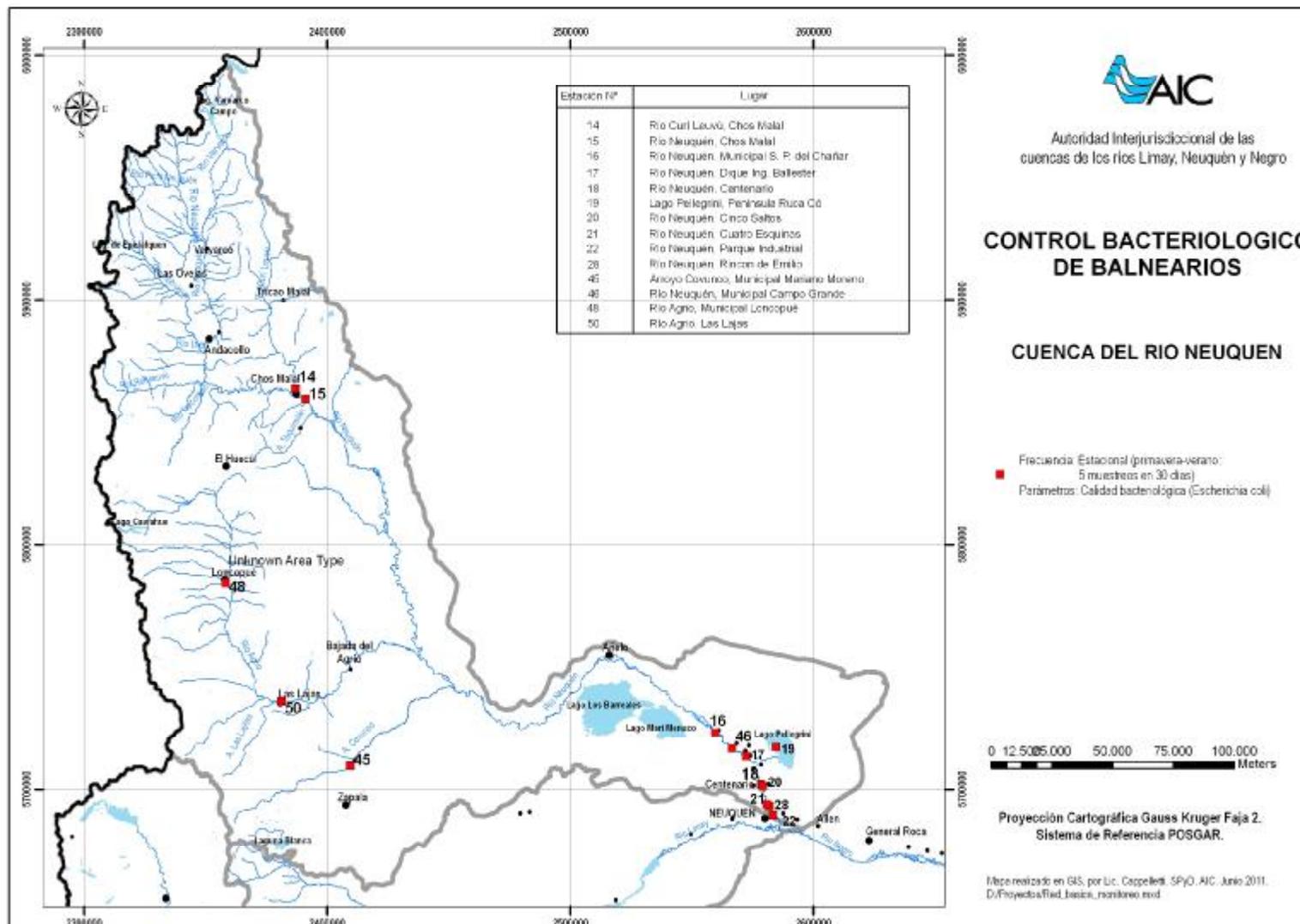


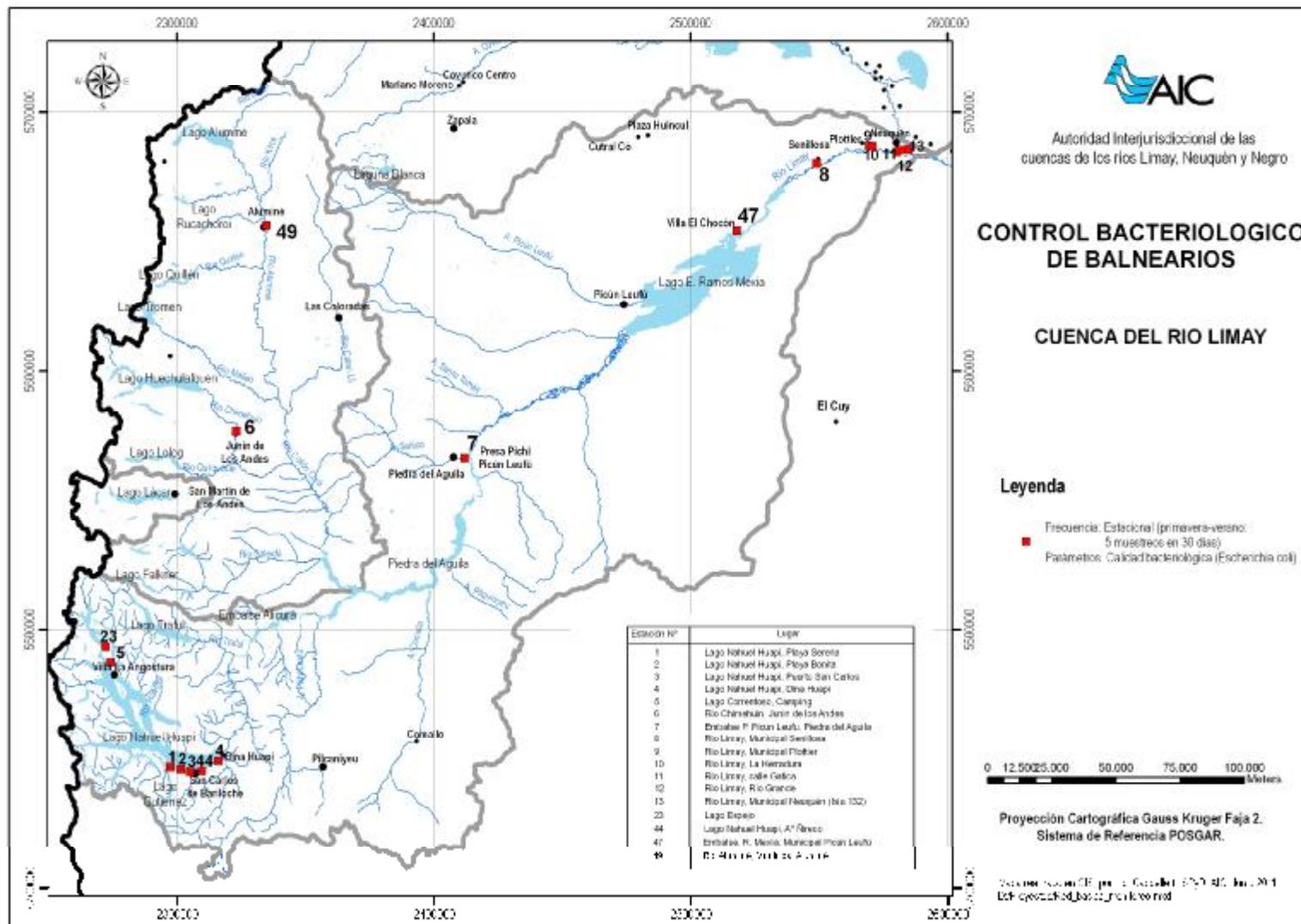


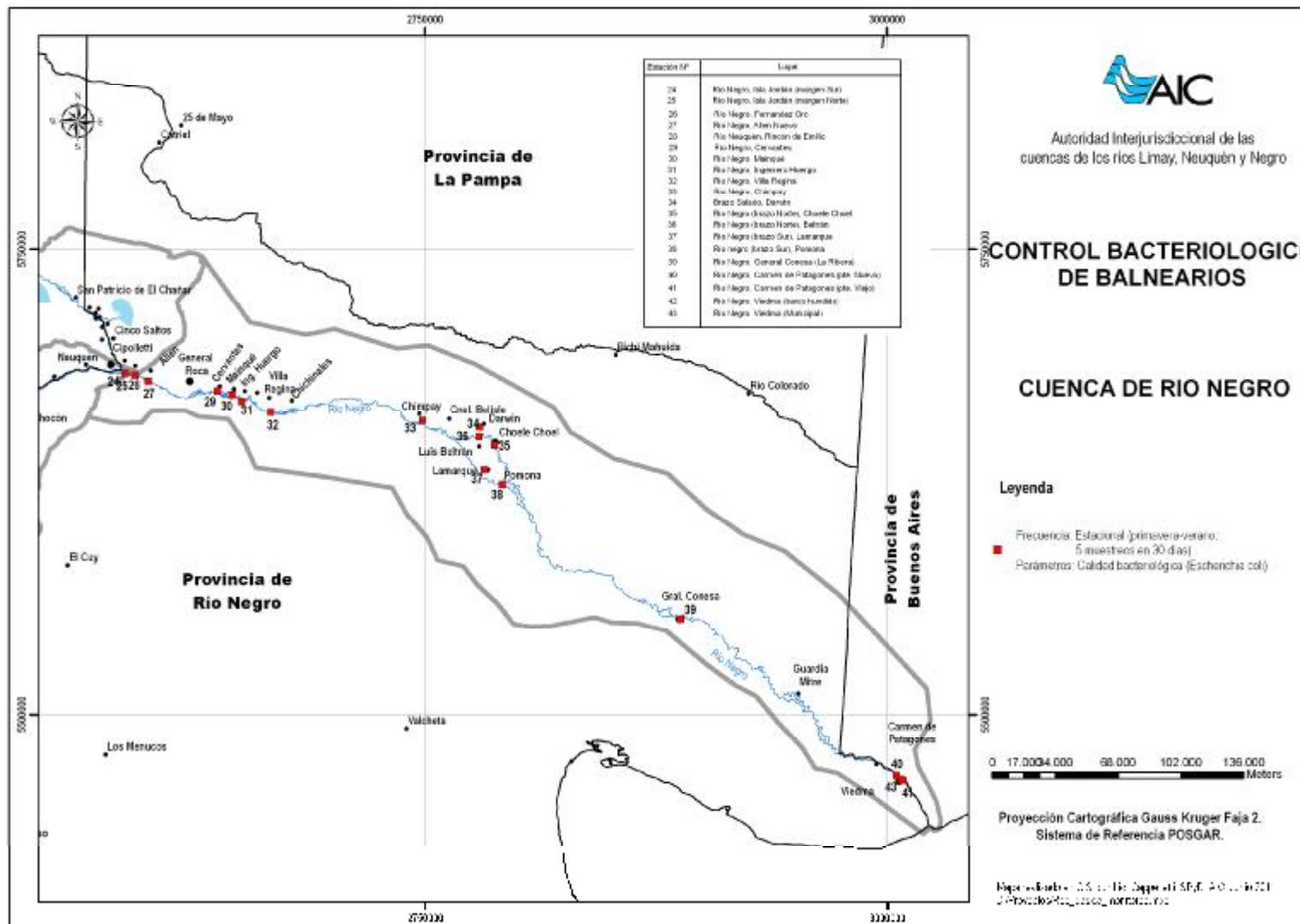


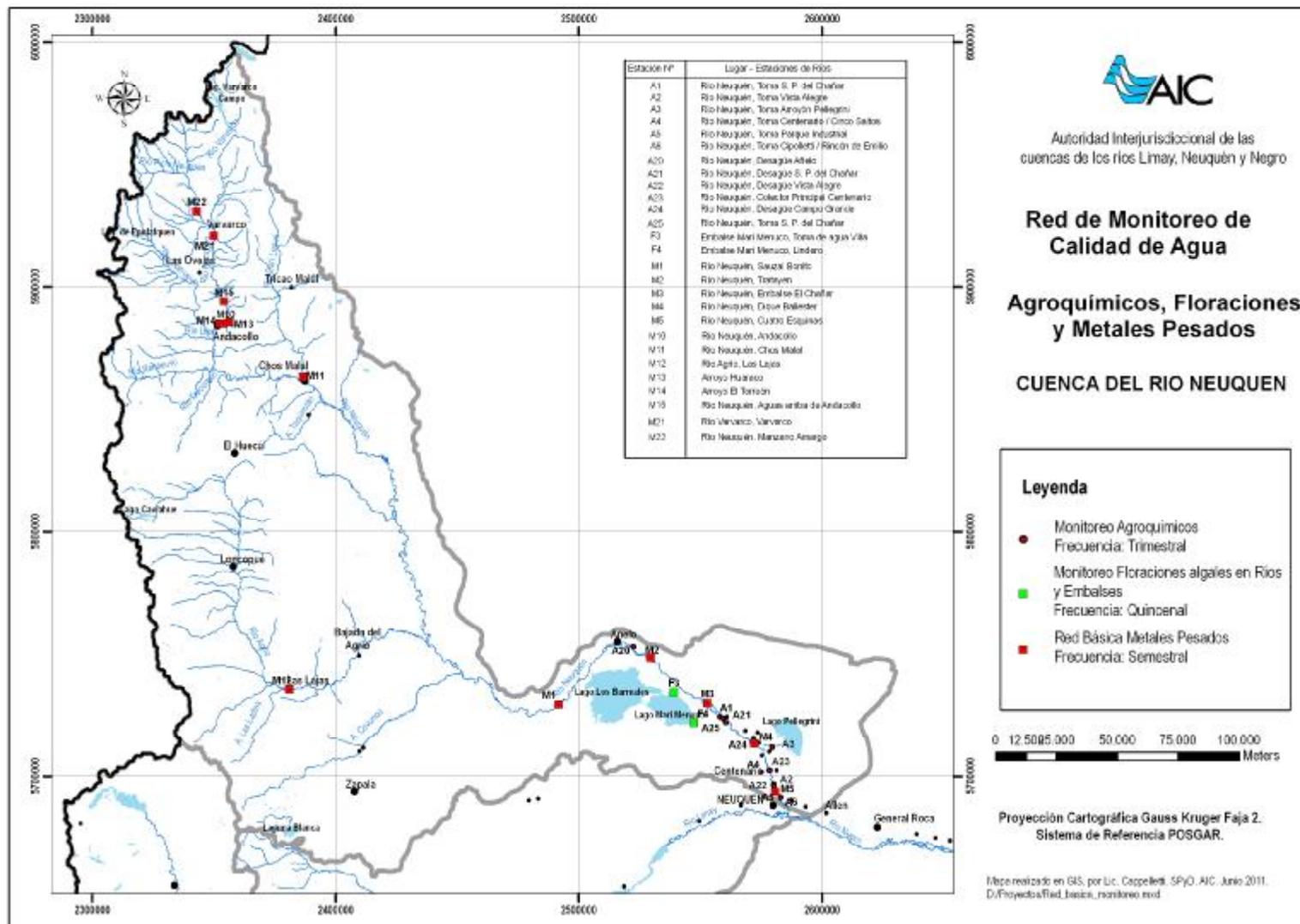


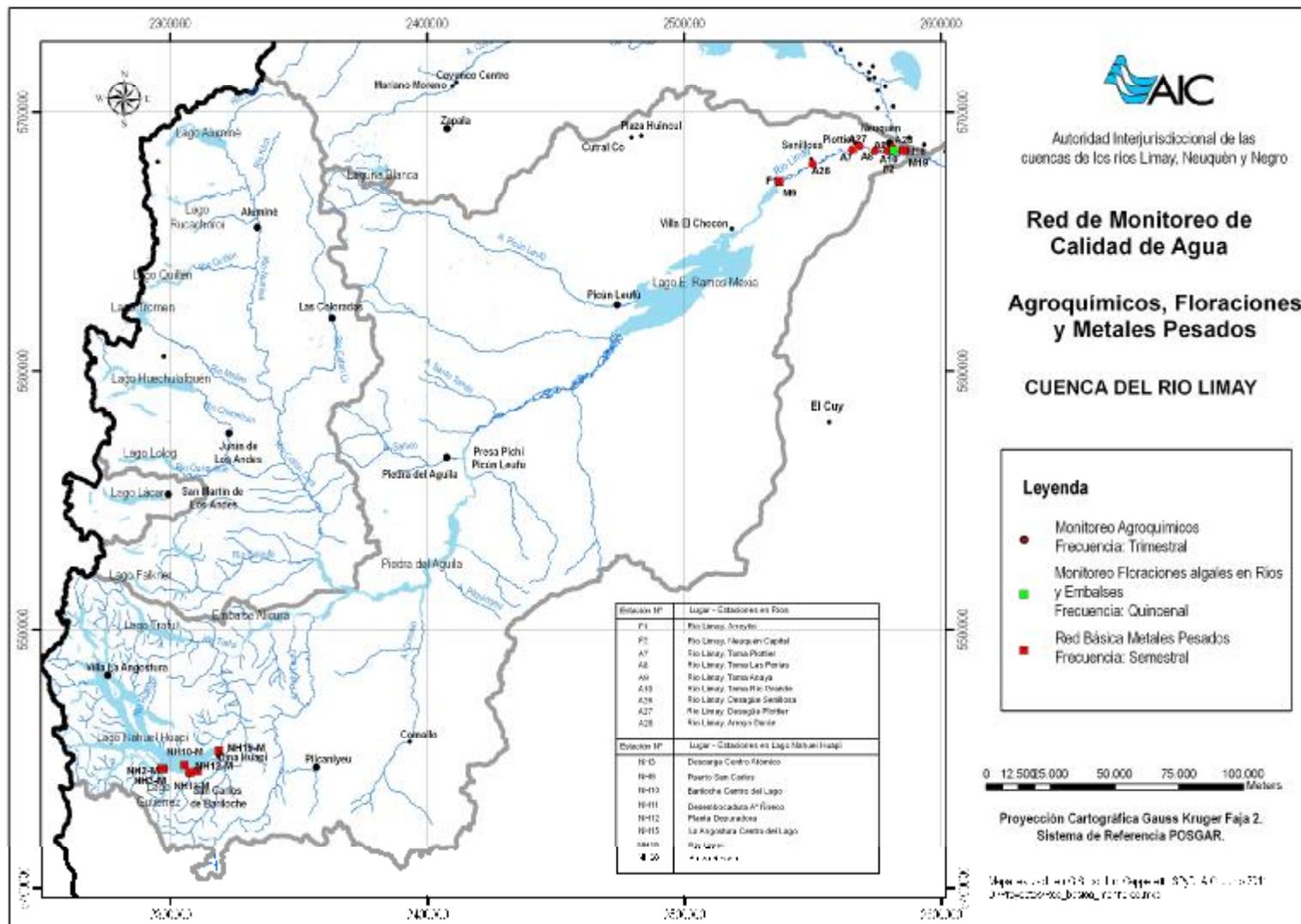


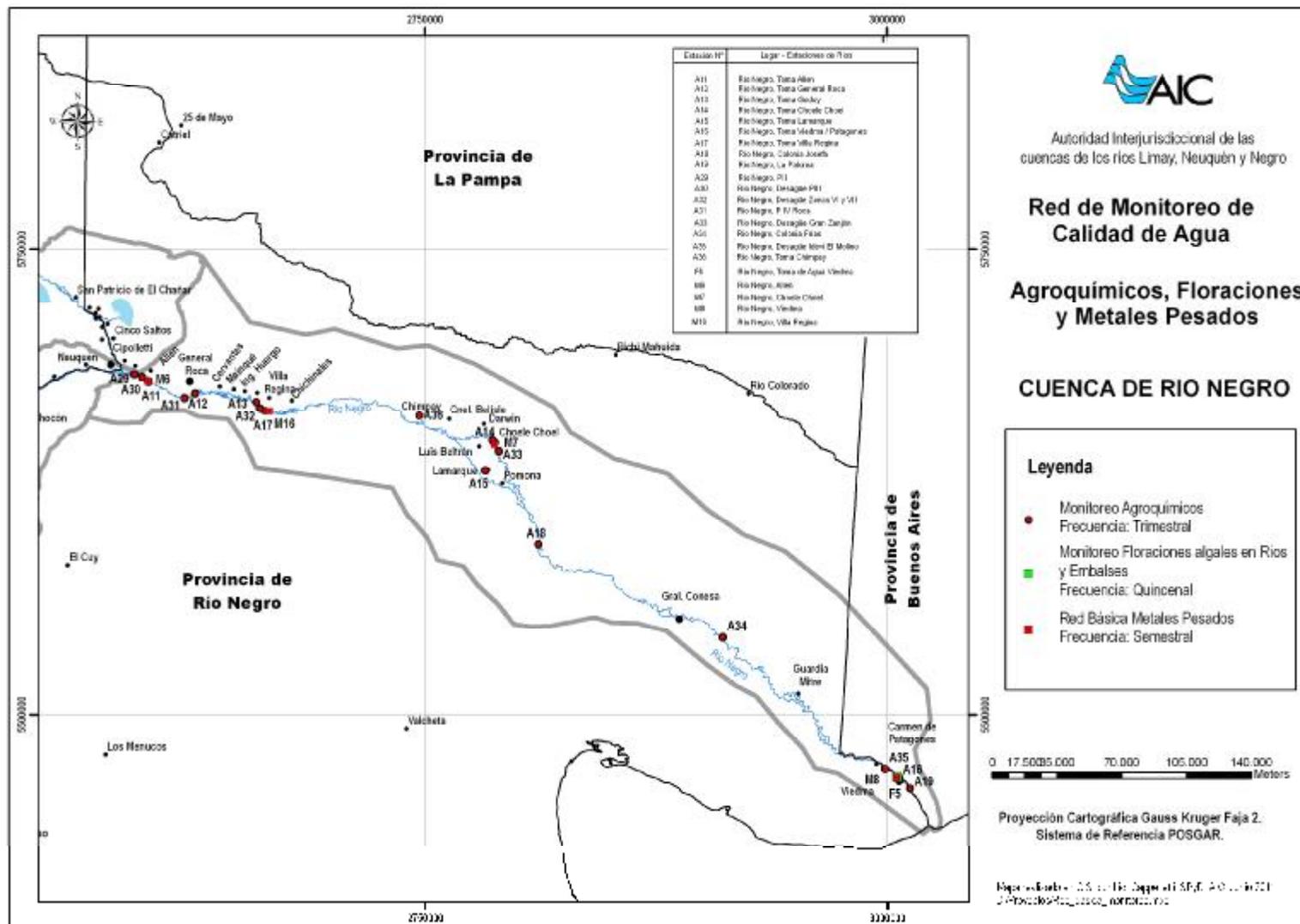












2. ASPECTOS METODOLÓGICOS DEL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

2.1. Red de monitoreo de la calidad del agua en la cuenca - Aspectos metodológicos

La metodología aplicada en los Programas que integran la Red de Monitoreo de la Calidad del Agua en la Cuenca tiene como propósito **garantizar la calidad de los resultados** obtenidos, **posibilitar la comparación de los datos registrados** en los distintos sitios y **mantener la continuidad** de los diversos Programas que la integran.

En base a estas premisas, la red de monitoreo de calidad del agua se sustenta en un conjunto de procedimientos que aseguran los resultados alcanzados.

Todas las tareas que se llevan a cabo, desde la toma de muestras hasta los análisis de laboratorio, se encuentran normalizados a través de protocolos y controles de calidad específicos.

Esta sistematización de las tareas implica desarrollar en el diseño de muestreo de cada uno de los Programas, especificaciones técnicas determinadas tanto para las mediciones *in situ* como para la colección, acondicionamiento y preservación de las muestras hasta su entrega en laboratorio, logrando de esta manera una uniformidad metodológica y de criterios.

Los análisis de laboratorio por su parte, se realizan mediante protocolos internacionales estandarizados, chequeándose los resultados obtenidos mediante Controles de Calidad Analítica tanto intra como interlaboratorio (internos y externos). Además de los controles rutinarios de calidad que efectúa la AIC, en este aspecto se cuenta periódicamente con el asesoramiento específico de Instituciones certificadoras (SAI - INTI).

2.2. Sitios de muestreo

Los sitios de muestreo han sido seleccionados considerando los objetivos particulares de cada Programa y teniendo como denominador común la verificación de la calidad del agua en relación a los diversos usos previstos del recurso.

En este proceso se ha tenido en cuenta toda la información disponible de los ambientes considerados, en especial áreas de captación para consumo humano, riego e industrial, zonas recreativas y puntos representativos y totalizadores para el control Interjurisdiccional de la contaminación.

2.3. Referencias metodológicas

2.3.1. Colección de muestras y mediciones in situ

- Métodos de Hidrobiología. Jürgen Schwoerbel, 1975.
- Samplig for water quality. Environment Canada, 1983
- Manual para la obtención y conservación de muestras de agua, organismos y sedimentos. Plan de Manejo de la zona costera andina, GEL-PNUD, 1994.
- Handbook on the desing and interpretation of monitoring programmes. Ellis, J.C., 1989.
- Standard Methods for the examination of water and wastewater, Ed. 20th. APHA, AWWA, WEF, 1998.
- Monitoreo de agua y sedimentos en cursos superficiales y de suelos afectados por contaminantes de origen industrial. Programa de desarrollo Institucional Ambiental. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente, Rep. Argentina, 2008
- Especificaciones técnicas para el Plan Anual de Monitoreo (PAM) de calidad del agua de las Empresas Hidroeléctricas. AIC – SGA, 2003

2.3.2. Análisis químicos y bacteriológicos

Fósforo Total

- Método del ácido ascórbico (espectrofotométrico), previa digestión con ácido sulfúrico y persulfato de potasio o amonio, SM1995 (4500- P B 5 y 4500-P E)

Nitrógeno Total

- Método de oxidación básica (persulfato de potasio) y reducción de nitratos a nitritos (espectrofotométrico), K. Grasshoff, M. Ehrhardt, K. Kremling. "Methods of Seawater Analysis" (1983) y SM 1995 (4500-N_{org} D)

Sólidos Suspendidos Totales

- Método Gravimétrico. Filtración de la muestra a través de filtros de fibra de vidrio tipo GF/C de 1,2 µm y secado a 105 ° C, SM1995 (2540-D)

Sólidos Disueltos Totales

- Método Gravimétrico. Filtración de la muestra a través de filtros de fibra de vidrio tipo GF/C de 1,2µm y secado a 180 ° C, SM1995 (2540-C)

Alcalinidad Total

- Método potenciométrico de alcalinidad, SM1995 (2320 B)

Sodio

- Método Absorción Atómica, SM1995 (3500-Na B)

Potasio

- Método Absorción Atómica, SM1995 (3500-K B)

Calcio

- Método Absorción Atómica, SM1995 (3500-Ca B) o
- Método titulométrico de EDTA, SM 1995 (3500-Ca D)

Magnesio

- Método Absorción Atómica, SM1995 (3500-Mg B) o
- Metodo derivado de titulometría, SM 1995 (3500-Mg E)

Sulfatos

- Método turbidimétrico, SM1995 (4500-SO₄²⁻ E)

Cloruros

- Método argentométrico, SM1995 (4500-Cl⁻ B)

DUREZA

- Método de cálculo a partir de calcio y magnesio, SM 1995 (2340 B) o
- Método titulométrico de EDTA, SM 1995 (2340-C).

Sílice

- Método del azul heteropoly, SM1995 (4500-Si E)

Carbono Orgánico Total

- Método colorimétrico de flujo cerrado, con digestión mediante dicromato de potasio y ácido sulfúrico, SM1995 (5220-D)

Clorofila a y feopigmentos

- Método espectrofotométrico con corrección por feopigmentos (Lorenzen 1967), SM1995 (10200 H)

Bacteriología: Escherichia coli (NMP/100 mL)

Técnica del sustrato cromogénico (MUG) empleando caldo laurilsulfato y confirmación por fluorescencia a la luz UV y producción de indol, SM1995 (9223 B ; 9225 D 3)

(SM 1995: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19 th ed., APHA, AWWA, WEF, 1995.*)

Agroquímicos

Órgano clorados, Organofosforados, Carbamatos, Fungicidas y Difenilamina en agua

Método de extracción:

Plaguicidas organofosforados y Carbamatos: Extracción en fase solida (SPE), Método EPA 3535A (modificado)

Fungicidas, Etoxiquina y Difenilamina: U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Analysis of Pesticides Residues in Human and Environmental Samples: The sampling and analysis of water for pesticides, Section 10^a, 1-25 (1984) (modificado;

Método de detección y cuantificación:

Organoclorados: CG- micro ECD

Organofosforados, Carbamatos y Difenilamina: CG-NPD

Fungicidas: HPLC-UV

Método de confirmación:

Los plaguicidas cuantificados son confirmados por CG-MS.

Metales pesados

Método de detección y cuantificación:

Arsénico y Selenio: Espectrometría de absorción atómica por generación de hidruros.

Cadmio y Plomo: Espectrometría de absorción atómica por atomización electrotérmica.

Zinc, Cobre y Cromo: Espectrometría de emisión atómica por plasma inductivo (ICP).

Mercurio: Espectrometría de absorción atómica por vapor frío.

Método de confirmación:

Materiales de referencia certificados del National Water Research Institute (NWRI) de Canadá.

Hidrocarburos

Hidrocarburos Totales (Método: EPA 5021 A/ 3510 C/ 8015 C)

BTEX (Benceno, Tolueno, Etilbenceno, m,p-Xilenos y o-Xileno (Método: EPA 5021 A/ 8015 C)).

2.3.3. Control de Calidad y evaluación de resultados

Propuestas de Niveles Guías de Calidad del agua para la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro. AIC – SGA, 1996.

Canadian Water Quality Guidelines. Environment Canada, 2004.

Canadian Environmental Quality Guidelines – Canadian Council of Minister of the Environment. CCME – 2002-

Action Plan for Beaches and Recreational Waters. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1999.

Norma de Calidad para el Agua de Bebida de Suministro Público – Serie Documento Técnico N° 3. Consejo Federal de Entidades de Servicio Sanitario (COFES), 1996.

Valores guías como fuente de agua destinada a consumo humano con tratamiento convencional. Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2005.

Control de Calidad Analítica. Capítulo IV, Proyecto PNUMA/OMS/UNESCO sobre control mundial de la calidad del agua. Guía Operativa GEMS – AGUA, 1993.

2.3.4. Laboratorios que prestan servicios a la AIC

- Laboratorio de Calidad del Agua y Recursos Acuáticos, Centro Regional Universitario Bariloche (CRUB), Universidad Nacional del Comahue (UNCo). San Carlos de Bariloche.
- Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas, Químicas y de Medio Ambiente (LIBIQUIMA), Universidad Nacional del Comahue (UNCo). Neuquén

- Instituto de Tecnología Minera – Servicio Geológico Minero (INTEMIN – SEGEMAR), Buenos Aires.
- Servicio Argentino de Interlaboratorios (SAI), Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Neuquén.
- Fundación Barrera Patagónica (FUNBAPA), Viedma.
- Instituto de Análisis Clínicos e Industriales (IDAC), Cipolletti.
- INDUSER, Grupo INDUSER Neuquén y Buenos Aires
- Beha Ambiental SRL, San Carlos de Bariloche.

2.5.1. CRONOGRAMAS Y PARÁMETROS - RED BÁSICA DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN RÍOS

Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
T. aire	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
T. agua	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Conductiv.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oxígeno	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
S.D.T	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
E. coli	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
C. fecales		x		x		x		x		x		x
Turbidez		x		x		x		x		x		x
DBO		x		x		x		x		x		x
PT		x		x		x		x		x		x
NT		x		x		x		x		x		x
Clorofila a		x		x		x		x		x		x
S.S.T						x						x
Alcalinidad						x						x
Sodio						x						x
Potasio						x						x
Silice						x						x
Calcio						x						x
Magnesio						x						x
Dureza						x						x
Sulfatos						x						x
Cloruros						x						x
metales						x						x
Hidrocarburos		x				x				x		
Agroquímicos		x		x				x			x	

2.5.2. CRONOGRAMAS Y PARÁMETROS - CONTROL DE BALNEARIOS

MES	noviembre				diciembre			
semana	1	2	3	4	1	2	3	4
Temp. agua	x	x	x	x	x			
E. coli	x	x	x	x	x			

2.5.3. CRONOGRAMAS Y PARÁMETROS - CONTROL DE FLORACIONES

MES	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temp. agua	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
pH	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Conductiv.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Oxígeno	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
fitoplancton	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

2.5.4. CRONOGRAMAS Y PARÁMETROS - RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA DE EMBALSES

ALICURÁ	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Temp. agua	X		X		X		X		X		X	
	pH	X		X		X		X		X		X	
	Conductividad	X		X		X		X		X		X	
	Oxígeno	X		X		X		X		X		X	
	transparencia	X		X		X		X		X		X	
	E. coli	X		X		X		X		X		X	
	PT	X		X		X		X		X		X	
	NT	X		X		X		X		X		X	
	Clorofila a	X		X		X		X		X		X	
S.S.T.	X		X		X		X		X		X		

PIEDRA DEL ÁGUILA	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Temp. agua		X		X		X		X		X		X
	pH		X		X		X		X		X		X
	Conductividad		X		X		X		X		X		X
	Oxígeno		X		X		X		X		X		X
	transparencia		X		X		X		X		X		X
	E. coli		X		X		X		X		X		X
	PT		X		X		X		X		X		X
	NT		X		X		X		X		X		X
	Clorofila a		X		X		X		X		X		X
S.S.T.		X		X		X		X		X		X	

PICI PICÚN LEUFÚ	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Temp. agua	X			X			X			X		
	pH	X			X			X			X		
	Conductividad	X			X			X			X		
	Oxígeno	X			X			X			X		
	transparencia	X			X			X			X		
	E. coli	X			X			X			X		
	PT	X			X			X			X		
	NT	X			X			X			X		
	Clorofila a	X			X			X			X		
S.S.T.	X			X			X			X			

CHOCÓN	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Temp. agua		X		X		X		X		X		X
	pH		X		X		X		X		X		X
	Conductividad		X		X		X		X		X		X
	Oxígeno		X		X		X		X		X		X
	transparencia		X		X		X		X		X		X
	E. coli		X		X		X		X		X		X
	PT		X		X		X		X		X		X
	NT		X		X		X		X		X		X
	Clorofila a		X		X		X		X		X		X
S.S.T.		X		X		X		X		X		X	

CERROS COLORADOS	Mes	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
	Temp. agua	X		X		X		X		X		X	
	pH	X		X		X		X		X		X	
	Conductividad	X		X		X		X		X		X	
	Oxígeno	X		X		X		X		X		X	
	transparencia	X		X		X		X		X		X	
	E. coli	X		X		X		X		X		X	
	PT	X		X		X		X		X		X	
	NT	X		X		X		X		X		X	
	Clorofila a	X		X		X		X		X		X	
S.S.T.	X		X		X		X		X		X		

3. ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA

3.1.1. Introducción

Desde 1993, la Secretaría de Gestión Ambiental (SGA) de la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) monitorea la calidad del agua en los lagos, embalses y ríos de la cuenca. Se toman muestras en más de 60 puntos de muestreo periódicos y permanentes de ríos, lagos y embalses de la cuenca y se miden hasta 23 parámetros de calidad del agua en cada punto.

Tabla: Parámetros de calidad del agua utilizados para determinación de los índices.

Lugar de muestreo	Parámetros de calidad del agua
Ríos	Temperatura del agua, temperatura del aire, pH, conductividad, oxígeno disuelto, fósforo total y reactivo soluble, nitrógeno total, sólidos suspendidos totales, sólidos disueltos totales, alcalinidad, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, sílice, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza, sulfatos, cloruros, Escherichia coli. Agroquímicos: Órgano clorados, órgano fosforados, carbamatos y piretroides, fungicidas y difenilamina. Metales pesados: Arsénico, cobre, plomo, selenio, cadmio, zinc, mercurio y cromo.
Embalses y lagos	Temperatura del agua, temperatura del aire, pH, conductividad, oxígeno disuelto, transparencia, fósforo total, fósforo reactivo soluble, nitrógeno total, nitritos, nitratos, amonio, alcalinidad, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, sílice, sodio, potasio, calcio, magnesio, dureza, carbono orgánico total, clorofila a, feofitina.

El contar con una importante cantidad de datos de calidad del agua, crea la necesidad de integrarlos a través de una herramienta que sea útil para la comprensión y comunicación de dicha información sobre el estado y evolución del recurso.

La AIC, a través de la SGA, tiene en funcionamiento desde 1993 diferentes planes en los que se monitorea permanentemente la calidad del agua de la cuenca, posee la infraestructura y ya cuenta con una base de datos que le permitiría aplicar diferentes índices de calidad del agua.

Al calcular un índice determinado, la finalidad que se pretende es obtener un número adimensional, como combinación o función de los datos analíticos de una muestra de agua, que refleje su calidad en orden a su utilización posterior, y que permita su comparación con los tomados en distintos lugares o épocas.

3.1.2. Historia del Índice de Calidad del Agua (ICA)

El índice de calidad del agua (ICA) surge en los años setenta en Estados Unidos (National Sanitation Foundation - NSF) y en la actualidad es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de

abastecimiento en Estados Unidos, Brasil y muchos países del mundo (NSF 2006).

Para el desarrollo del ICA se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada en tres pasos:

- Probaron 35 variables de contaminación basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático o foco de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la clasificación más significativa.
- Evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron finalmente nueve variables de mayor importancia: oxígeno disuelto (OD), coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO5), sólidos disueltos totales (SDT), nitratos (NO₃-N), fosfatos, temperatura y turbidez.
- Se asignaron los pesos relativos o peso de importancia del parámetro (w_i) correspondiente a los factores de contaminación de aguas de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

Con esta última etapa se construyen niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100, siendo organizados en una gráfica en las ordenadas y los niveles de las variables en las abscisas, estas curvas son conocidas como relaciones funcionales o curvas de función (Gráficos 1 a 9), construidos para los nueve parámetros.

De acuerdo a la popularidad que ganó dicho índice, fue aplicado a través del tiempo en diferentes países del mundo, con algunas variantes de adaptación según el sitio. Algunos ejemplos mundiales se sintetizan en la tabla que sigue a continuación.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos empleados por diferentes ICA

País	Estados Unidos		UNEP-GEMS		Unión Europea	España	Brasil		Colombia		Frec*
	ICA NSF 1970	ICA Dinius 1987	DWQI		UWQ 12007	ISQA 1982	IAP		ICA Rojas 1991	ICAUCA 2004	
			HWQ 12007	AWQ 12007			IQA 1975	ISTO 2002			
Parámetro											
OD	X	x			x	x	x		x	x	0.70
pH	X	x		x	x		x		x	x	0.70
DBO	X	x			x		x		x	x	0.60
Nitratos	X	x	x		x						0.50
Coliformes Fecales	X	x					x		x	x	0.50
Temperatura	X	x				x	x				0.40
Turbiedad	X						x		x	x	0.40
Sólidos Disueltos Totales	X						x		x	x	0.40
Fósforo Total					x		x			x	0.30
Cadmio			x		x			x			0.30
Mercurio			x		x			x			0.30
Conductividad		x				x					0.20
Sólidos Suspendidos						x				x	0.20
Color		x								x	0.20
Nitrógeno Total							x			x	0.20
Cloruros		x		x							0.20
Plomo			x					x			0.20
Cromo Total			x					x			0.20
Arsénico			x		x						0.20
Fluoruro			x		x						0.20
Manganeso			x					x			0.20
Zinc				x				x			0.20
Coliformes Totales		x			x						0.20
DQO						x					0.10
Alcalinidad		x									0.10
Dureza		x									0.10
Nitritos			x								0.10
Amoniaco				x							0.10
Fosfatos	X										0.10
Sodio				x							0.10
Sulfatos				x							0.10
Hierro				x							0.10
Cobre			x								0.10
Boro			x								0.10
Niquel								x			0.10
Cianuro					x						0.10
Selenio					x						0.10
PFTHM								x			0.10
Aluminio Disuelto								x			0.10
Cobre disuelto								x			0.10
Hierro Disuelto								x			0.10
COT						x					0.10
Total Parámetros	9	12	18		12	5	20		6	10	

3.1.3. Metodología

La Secretaría de Gestión Ambiental (SGA) de la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) está adaptando el Índice de Calidad de Agua (ICA) para la aplicación del mismo en los ríos, lagos y embalses de la cuenca. El ICA incorpora los parámetros de calidad del agua más relevantes para la evaluación de la calidad de las aguas, enfocando principalmente su utilización para uso humano. Se tomaron las muestras de agua por métodos estandarizados y se analizaron las mismas en laboratorios idóneos y certificados cuidadosamente seleccionados.

3.2. ICA- Índice de calidad del agua:

El índice de calidad del agua (ICA) surge en los años setenta en Estados Unidos (National Sanitation Foundation - NSF) y en la actualidad es utilizado para supervisar la calidad de los ríos a través del tiempo y comparar aguas de abastecimiento en Estados Unidos, Brasil y muchos países del mundo (NSF 2006).

Para el desarrollo del ICA se seleccionaron 142 expertos en el tema de calidad de agua, quienes usaron la técnica de investigación Delphi, basada en tres pasos:

- Probaron 35 variables de contaminación basados en el criterio profesional colectivo y los conocimientos del medio acuático o foco de contaminación, clasificadas en tres categorías de acuerdo a si el parámetro debía ser: “no incluido”, “indeciso” o “incluido”, a los que se les asignó un valor de 1 a 5, de acuerdo con su mayor o menor importancia, siendo uno la clasificación más significativa.
- Evaluaron las respuestas de los expertos y se seleccionaron finalmente nueve variables de mayor importancia: oxígeno disuelto (OD), coliformes fecales, pH, demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO5), sólidos disueltos totales (SDT), nitratos (NO3-N), fosfatos, temperatura y turbidez.
- Se asignaron los pesos relativos o peso de importancia del parámetro (w_i) correspondiente a los factores de contaminación de aguas de acuerdo al uso del agua e importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

Con esta última etapa se construyen niveles de calidad de agua en un rango de 0 a 100, siendo organizados en una gráfica en las ordenadas y los niveles de las variables en las abscisas, estas curvas son conocidas como relaciones funcionales o curvas de función (Gráficos 1 a 9), construidos para los nueve parámetros.

$$ICA = \sum_{i=1}^9 q_i \times w_i$$

ICA: Índice de calidad de agua (NSF - USA 1970; CETESB - Brasil 2011; Dcción. RRHH Tucumán 2011), número adimensional que va de 0 a 100.

q_i : calidad del i -ésimo parámetro de calidad de agua, es un número entre 0 y 100, obtenido de la respectiva curva media de variación de la calidad, en función de la concentración o medida.

w_i : peso correspondiente al i -ésimo parámetro, un número entre 0 y 1, en función de su importancia para su conformación global de calidad

Tabla 2: parámetros de calidad del agua incluidos en la ecuación para el cálculo del ICA con su correspondiente peso

	Parámetro de calidad del agua	Unidad	Peso en la ecuación
1	Oxígeno disuelto	mg/L	0.17
2	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15
3	pH		0.12
4	Fósforo	mg/L	0.10
5	Nitrógeno	mg/L	0.10
6	DBO	mg/L	0.10
7	Temperatura	°C	0.10
8	Conductividad (Sólidos disueltos totales)	µS/cm	0.08
9	turbidez	NTU (unidades nefelométricas de turbidez)	0.08

Tabla 3: Rango de valores del ICA y su correspondiente clasificación

Valor	Escala	Color	Calidad de agua
91-100	5		Excelente
71-90	4		Buena
51-70	3		Regular
26-50	2		Mala
0-25	1		Pésima

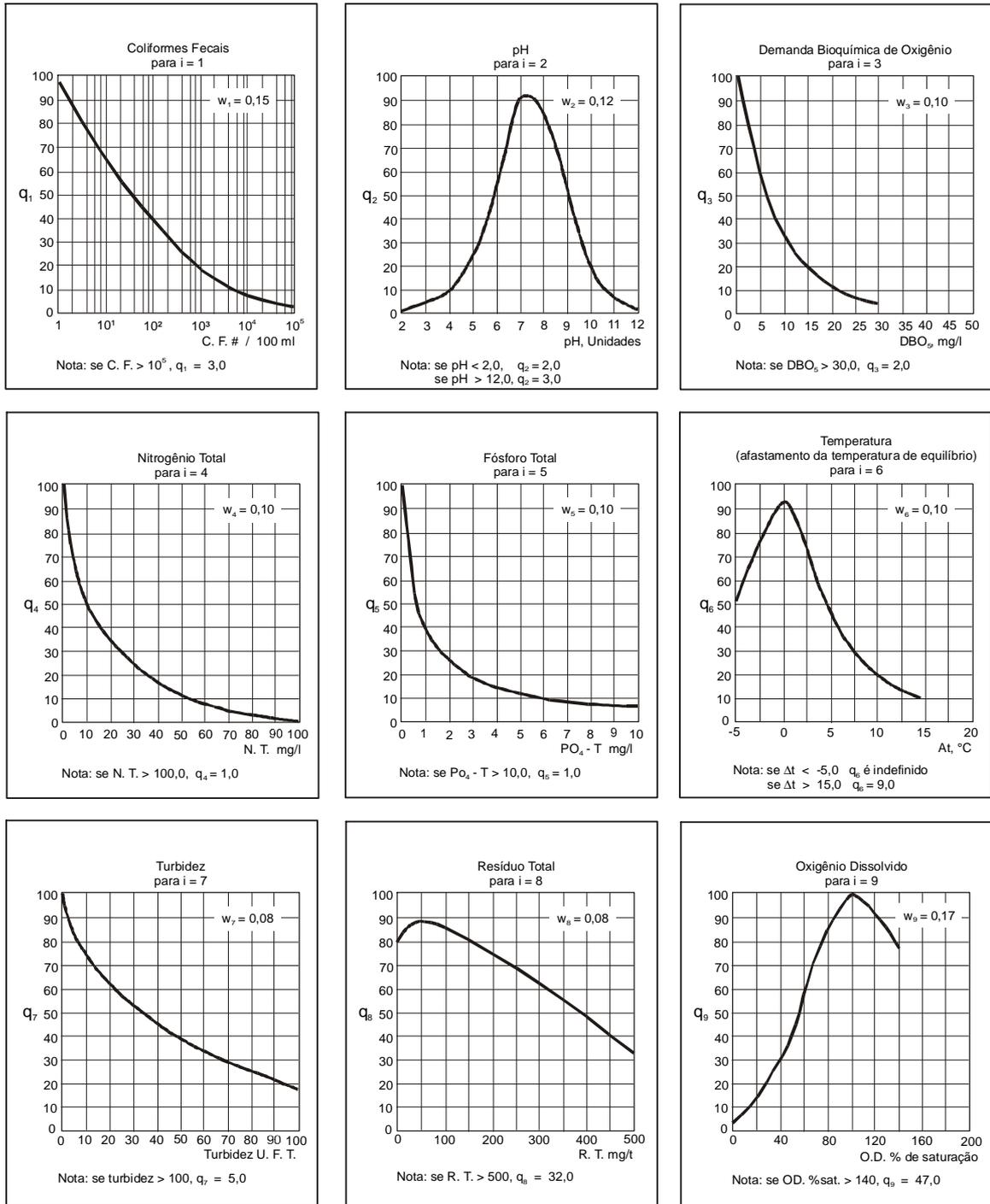


Figura 1 - Curvas medias de variación de calidad del agua (CETESB 2011)

3.3. ISTO – Índice de sustancias tóxicas y organolépticas

Las variables que indican la presencia de sustancias tóxicas que afectan la calidad organoléptica con agrupadas de manera de conformar el Índice de sustancias tóxicas y organolépticas (ISTO), utilizado para determinar el IAP, a partir del ICA original.

Para cada parámetro incluido en el ISTO son establecidos curvas de calidad que atribuyen ponderaciones variando de 0 a 1.

Las curvas de calidad, representadas a través de las variaciones de potencial de formación de trihalometanos y metales, fueron construidas utilizándose dos niveles de calidad (q_i), que asocian los valores numéricos 1.0 y 0.5, respectivamente, un límite inferior (LI) y un límite superior (LS). La figura siguiente muestra la curva de calidad padrón para las variables incluidas en el ISTO, con excepción de aquellas variables como el número de cianobacterias.

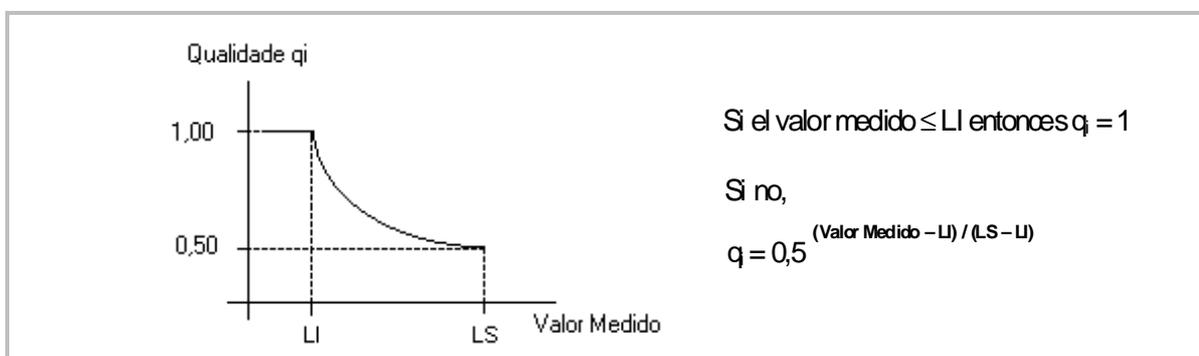


Figura 2 - Curva de calidad padrón para las variables incluidas en el ISTO

Las fajas de variación de calidad (q_i), que son atribuidos los valores medidos para el potencial de formación de trihalometanos, para los metales que componen el ISTO, reflejen las siguientes condiciones de calidad del agua bruta destinada a abastecimiento público:

Valor medido \leq LI: aguas adecuadas para consumo humano. Atendiendo a los patrones de potabilidad de la resolución 518/04 del Ministerio de Salud (Brasil) en relación a las variables avaladas.

$\text{LI} \leq$ Valor medido \leq LS: aguas adecuadas para tratamiento convencional o avanzado. Atendiendo a los patrones de calidad de clase 3 de la Resolución de CONAMA 357/05. En relación a las variables determinadas.

Valor medido $>$ LS: aguas que no deben ser sometidas apenas a tratamiento convencional. No atienden a los patrones de calidad de clase 3 de la Resolución CONAMA 357/05 en relación a las variables evaluadas.

De esta forma, en cuanto al límite inferior para cada una de esas variables fueron considerados como fueron los patrones de potabilidad establecidos en la Resolución 518/04 del Ministerio de Salud (Brasil) y para el límite superior

fueron considerados los patrones de calidad del agua doce clases 3 de CONAMA 357/05

Tanto los límites superior como inferior fueron obtenidos por medio de esta ecuación. El límite superior del potencial fue estimado para las concentraciones de THMs de la Resolución 1469 (Brasil), de 100 µg/L, y que la inferior fue estimada a partir de los valores de THMs establecidos en la legislación estadounidense, de 80 µg/L. El límite superior del potencial de formación de THMs siempre un valor de 461 µg/L o inferior a 373 µg/L.

La siguiente tabla son las relaciones de los límites inferiores y superiores adoptados para los metales y el potencial de formación de trihalometanos (THMs).

Grupo	VARIABLES	Unidad	Límite Inferior	Límite Superior
Tóxicos	Cadmio	mg/L	0,005	0,01
	Plomo	mg/L	0,01	0,033
	Cromo Total	mg/L	0,05	0,059
	Níquel	mg/L	0,02	0,025
	Mercurio	mg/L	0,001	0,002
	PFTHM	µg/L	373	461
Organolépticos	Aluminio Disuelto	mg/L	0,2	2
	Cobre Disuelto	mg/L	2	8
	Hierro Disuelto	mg/L	0,3	5
	Manganeso	mg/L	0,1	0,5
	Zinc	mg/L	5	5,9

En ambiente lénticos, una característica importante de la calidad del agua para fines de abastecimiento público, y una participación de la componente biológica (algas). Antes de 2005, el IAP presentaba esta deficiencia de no contemplar directamente esa variable específica de su evaluación.

Con un apoyo de las nuevas legislaciones – Resolución 518/04 del Ministerio de Salud y Resolución CONAMA 357/05, que establecen patrones de calidad para un número de células de cianobacterias, se decidió la inclusión de esas variables en el grupo de ISTO.

Varios géneros y especies de cianobacterias, que forman floraciones, producen toxinas. Las toxinas de cianobacterias, conocidas como cianotoxinas, constituyen una gran fuente de productos tóxicos naturales, pudiendo tener acción aguda y eventualmente causar la muerte por parada respiratoria a pocos minutos de exposición (alcaloides u organofosforados neurotóxicos) o

atacar de forma crónica, acumulándose en órganos como hígado (peptidos o alcaloides hepatotóxicos).

La siguiente tabla estipula una clasificación adoptada para un número de células de cianobacterias, que fue basada en esas legislaciones y en los datos existentes de la red de monitoreo de la CETESB desde 2002.

Tabla 5 - Rangos de número de células de cianobacterias y la respectiva asignación Del coeficiente para el cálculo del ISTO.

Niveles	Índice asignado (q_{NCC})
Nº de células ≤ 20.000	1,00
$20.000 < \text{Nº de células} \leq 50.000$	0,80
$50.000 < \text{Nº de células} \leq 100.000$	0,70
$100.000 < \text{Nº de células} \leq 200.000$	0,60
$200.000 < \text{Nº de células} \leq 500.000$	0,50
Nº de células > 500.000	0,35

Los puntos de muestreo, situados en ambientes lénticos y utilizados para abastecimiento público, o número de células de cianobacterias es una variable obligatoria para el cálculo del IAP. El número de células de cianobacterias también es obligatorio del IAP en otros cuerpos lénticos, o en el mismo río, que tiene frecuencia de análisis bimestral.

Por lo tanto, a través de las curvas de calidad se determinan los valores de calidad normalizados, q_i (número que varía entre 0 y 1), para cada una de las variables de ISTO, que están incluidas en el grupo de sustancias tóxicas, o en el grupo de sustancias organolépticas.

La ponderación del grupo de sustancias tóxicas (ST) es obtenida a través de la multiplicación de los dos valores más críticos del grupo de variables que indican una presencia de esas sustancias en el agua:

$$ST = \text{Mín-1} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC},) \times \text{Mín-2} (q_{TA}; q_{THMFP}; q_{Cd}; q_{Cr}; q_{Pb}; q_{Ni}; q_{Hg}; q_{NCC})$$

La ponderación del grupo de sustancias organolépticas (SO) es obtenida a través de la media aritmética de las calidades estandarizadas de las variables pertenecientes a este grupo:

$$SO = \text{Média Aritmética} (q_{Al}; q_{Cu}; q_{Zn}; q_{Fe}; q_{Mn})$$

3.3.2. Cálculo del ISTO

El ISTO (Índice sustancias tóxicas y organolépticas) es el resultado del producto de los grupos de sustancias tóxicas y las que alteran las calidades organolépticas del agua, que sería:

$$\text{ISTO} = \text{ST} \times \text{SO}$$

3.4. IAP - Índice de calidad del agua con fines de abastecimiento público:

El índice IAP es un producto de la ponderación de los resultados del ICA (Índice de calidad del agua) y el ISTO (Índice de sustancias tóxicas y organolépticas), que está compuesto por el grupo de sustancias que afectan la calidad organoléptica del agua, y también como sustancias tóxicas. Así, el índice estará compuesto por tres grupos principales de variables: variables ICA; variables ISTO sustancias tóxicas, variables ISTO organolépticas.

ICA: grupo de variables básicas (Temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes termorresistentes, nitrógeno total, fósforo total, sólidos totales y turbidez);

ISTO:

- a- variación que indica la presencia de sustancias tóxicas (potencial de formación de Trihalometanos – PFTHM, número de células de cianobacterias, cadmio, plomo, cromo total, mercurio y níquel)
- b- Grupo de variables que afectan la calidad organoléptica (hierro, manganeso, aluminio, cobre y zinc)

Cálculo del IAP

El IAP (Índice de abastecimiento público) es calculado a partir del producto entre el ICA y el ISTO, que sería la expresión siguiente expresión:

$$\text{IAP} = \text{ICA} \times \text{ISTO}$$

Clasificación del IAP:

Categoría	Ponderación
OPTIMA	79 < IAP ≤ 100
BUENA	51 < IAP ≤ 79
REGULAR	36 < IAP ≤ 51
MALA	19 < IAP ≤ 36
PESIMA	IAP ≤ 19

Para el cálculo del ISTO, son obligatorias las variables aluminio disuelto, hierro disuelto, manganeso y potencial de formación de trihalometanos. Como las demás variables, en la que los datos históricos muestran las bajas concentraciones y frecuencias de muestreo semestral, no son esenciales para el cálculo. Así, los meses donde no existen resultados para esas variables, el ISTO será calculado sin considerar estas ausencias.

3.5. IPMCA – Índice de variables mínimas para la preservación de vida acuática

El IPMCA esta compuesto por dos grupos de variables:

- Grupo de sustancias tóxicas (cobre, zinc, plomo, cromo, mercurio, níquel, cadmio, surfactantes y fenoles). En este grupo fueron incluidas las variables que son actualmente evaluadas en la Red de Monitoreo de Calidad del Agua Interiores del Estado de San Pablo y que identifican el nivel de contaminación por sustancias potencialmente nocivas para las comunidades acuáticas. Podrían incluirse nuevas variables que resulten importantes para la evaluación de la calidad del agua, también como a nivel regional.
- Grupo de variables esenciales (oxígeno disuelto, pH y toxicidad).

Para cada variable incluida en el IPMCA, son establecidos tres diferentes niveles de calidades, con ponderaciones de 1 a 3 que corresponden a patrones de calidad del agua establecidos en la legislación de Estados Unidos (USEPA 1991), que establecen límites máximos permisibles de sustancias químicas en agua, con el propósito de evitar efectos de toxicidad crónica en agua y biota acuática.

Esos niveles reflejan las siguientes condiciones de calidad del agua:

Nivel A: Aguas con características deseables para mantener la sobrevivencia y la reproducción de organismos acuáticos. De acuerdo a los patrones de calidad del agua de la Resolución CONAMA 20/86 (ponderación 1).

Nivel B: Aguas con características deseables para la sobrevivencia de los organismos acuáticos, sin embargo la reproducción puede ser afectada a largo plazo (ponderación 2).

Nivel C: Aguas con características que pueden comprometer la sobrevivencia de los organismos acuáticos (ponderación 3).

La tabla siguiente ilustra las variables componentes del IPMCA en sus ponderaciones, de acuerdo con los tres niveles de calidad.

Tabla 7 – Variables componentes del IPMCA y sus ponderaciones

Grupos	Variables	Nivel	Rango de variación	Ponderación
Variables Escenciales (PE)	OD (mg/L)	A	$\geq 5,0$	1
		B	3,0 a 5,0	2
		C	$< 3,0$	3
	pH (Sörensen)	A	6,0 a 9,0	1
		B	5,0 a $< 6,0$ e $> 9,0$ a 9,5	2
		C	$< 5,0$ e $> 9,5$	3
Toxicidad	A	No Tóxico	1	
	B	Efecto Crónico	2	
	C	Efecto Agudo	3	
Substancias Tóxicas (ST)	Cadmio (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1
		B	$> 0,001$ a 0,005	2
		C	$> 0,005$	3
	Cromo (mg/L)	A	$\leq 0,05$	1
		B	$> 0,05$ a 1,00	2
		C	$> 1,00$	3
	Cobre (mg/L)	A	$\leq 0,02$	1
		B	$> 0,02$ a 0,05	2
		C	$> 0,05$	3
	Plomo (mg/L)	A	$\leq 0,03$	1
B		$> 0,03$ a 0,08	2	
C		$> 0,08$	3	
Mercurio (mg/L)	A	$\leq 0,0002$	1	
	B	$> 0,0002$ a 0,001	2	
	C	$> 0,001$	3	
Níquel (mg/L)	A	$\leq 0,025$	1	
	B	$> 0,025$ a 0,160	2	
	C	$> 0,160$	3	
Fenoles (mg/L)	A	$\leq 0,001$	1	
	B	$> 0,001$ a 0,050	2	
	C	$> 0,050$	3	
Surfactantes (mg/L)	A	$\leq 0,5$	1	
	B	$> 0,5$ a 1,0	2	
	C	$> 1,0$	3	
Zinc (mg/L)	A	$\leq 0,18$	1	
	B	$> 0,18$ a 1,00	2	
	C	$> 1,00$	3	

Nivel A: Patrón de calidad de calidad de agua de la Legislación Federal (CONAMA 20/86), para clases 1 y 2 (BRASIL 1986).

Niveles B y C: Límites obtenidos de las legislaciones francesa e americana (CODE PERMANENT: ENVIRONNEMENT ET NUISANCES 1986), (USEPA 1991).

Cálculo del IPMCA

Dadas las ponderaciones para las variables determinadas en una muestra de agua, el IPMCA es calculado de la siguiente forma:

$$\text{IPMCA} = \text{PE} \times \text{ST}$$

Donde:

PE: Valor de mayor ponderación del grupo de variables esenciales

ST: Valor medio de las tres mayores ponderaciones del grupo de sustancias tóxicas. Este es un valor y un número entero y el criterio de redondeo deberá ser el siguiente: valores menores a 0.5 serán redondeados para abajo y valores mayores o iguales a 0.5 para arriba.

El valor del IPMCA puede variar de 1 a 9, siendo subdividido en cuatro rangos de calidad, clasificando las aguas para protección de la vida acuática, conforme a la siguiente tabla.

Tabla 8 – Clasificación del IPMCA

Categoría	Ponderación
BUENA	1
REGULAR	2
MALA	3 e 4
PÉSIMA	≥ 6

En La siguiente tabla son representados los valores posibles de IVA, a partir de los valores de IET integrados como los de IPMCA.

Tabla 9 - Cálculo del IVA integrando los valores del IET con los valores de IPMCA

		<i>IPMCA</i>					
		Ponderación	1	2	3	4	5 a 9
<i>IET</i>	0,5	1,7	2,9	4,1	5,3	7,7 – 11,3	
	1	2,2	3,4	4,6	5,8	8,2 – 11,8	
	2	3,2	4,4	5,6	6,8	9,2 – 12,8	
	3	4,2	5,4	6,6	7,8	10,2 – 13,8	
	4	5,2	6,4	7,6	8,8	11,2 – 14,8	
	5	6,2	7,4	8,6	9,8	12,2 – 15,8	

Categoría

■ ÓPTIMA
 ■ BUENA
 ■ REGULAR
 ■ MALA
 ■ PÉSIMA

3.6. IET - Índice de estado trófico

El índice de estado trófico tiene por finalidad clasificar cuerpos de agua en diferentes grados de eutrofización, que es una calidad de agua en cuanto a enriquecimiento por nutrientes que es un efecto relacionado con el crecimiento excesivo de las algas o con un aumento de la infestación con macrófitas acuáticas.

De las tres variables citadas para el cálculo del Índice de Estado Trófico, fueron aplicadas apenas dos: clorofila y fósforo total, una vez que los valores de transparencia muchas veces no es representativo del estado de eutrofización, porque esta puede ser afectada por la elevada turbidez del material mineral en suspensión y no por la densidad de organismos planctónicos, además de que muchas veces que no se disponen de esos datos. De esta forma, no será considerado en el cálculo del índice de transparencia en embalses y ríos del Estado de San Pablo.

En este índice, los resultados correspondientes al fósforo IET(P), deben ser entendidos como una medida del potencial de eutrofización, ya que este nutriente actúa como un agente causante del proceso. La evaluación correspondiente a clorofila a, IET(CL), a su vez, debe ser considerada como una medida de respuesta del cuerpo hídrico a un agente causante, indicando de forma adecuada el nivel de crecimiento de las algas que tienen lugar en esas aguas. Así, el índice medio engloba, de forma satisfactoria, una causa y un efecto del proceso. Debe ser tenido en cuenta que un cuerpo hídrico, en el que el proceso de eutrofización se encuentra plenamente establecido, o el estado trófico determinado por el índice de clorofila coincidirá con el estado trófico determinado por el índice de clorofila y coincidirá con el estado trófico determinado por el índice de fósforo. En los cuerpos hídricos en que el proceso está limitado por factores ambientales, como la temperatura del agua o la baja transparencia, el índice relativo de la clorofila va reflejar este dato, clasificándolo en estado trófico en un nivel inferior a aquel determinado por el índice de fósforo. Además de esto, al aplicarse alguicidas, disminuirá las concentraciones de clorofila a que resultará en una reducción en la clasificación obtenida a partir de este índice.

El índice de estado trófico, presentado y utilizado en el cálculo del IVA, estará compuesto por el Índice de Estado Trófico para el fósforo – IET (PT) y el Índice de Estado Trófico para la clorofila a – IET (CL), modificados por Lamparelli (2004), siendo establecidos para ambientes lóticos, según las ecuaciones:

- Ríos

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

- Reservorios

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2))$$

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2))$$

Donde:

PT: concentración de fósforo total medida en la superficie del agua, en $\mu\text{g.L}^{-1}$;

CL: concentración de clorofila a medida en la superficie del agua, en $\mu\text{g.L}^{-1}$;

ln: logaritmo natural.

En los meses en que están disponibles los datos de ambas variables, los resultados presentados en las tablas del IET será la media aritmética simple de los índices relativos al fósforo total y a la clorofila a, según la ecuación:

$$\text{IET} = [\text{IET} (\text{PT}) + \text{IET} (\text{CL})] / 2$$

En la interpretación de los resultados, los puntos serán clasificados conforme a los resultados obtenidos para el IET anual. Así, para cada punto, serán utilizadas las medias geométricas de las concentraciones de fósforo total y clorofila a para el cálculo del IET (PT) y el IET (CL) anual, siendo el IET final resultante la media aritmética simple de los índices anuales relativos al fósforo total y a la clorofila a.

En virtud de la variabilidad estacional de los procesos ambientales que tienen influencia sobre el grado de eutrofización de un cuerpo hídrico, este proceso puede presentar variaciones a lo largo del año, habiendo épocas en que se desenvolvería de forma más intensa que otras que podría ser más limitado. En general, al inicio de la primavera, con el aumento de la temperatura del agua, mayor disponibilidad de nutrientes y condiciones propicias de penetración de luz en el agua, es común observar un incremento del proceso, que después del invierno en que se muestra menos intenso. En este sentido, una determinación del grado de eutrofización medio anual de un cuerpo hídrico no puede identificar de forma explícita las variaciones que ocurren a lo largo del año, por lo tanto serán presentados los resultados mensualmente para cada punto muestral.

En el caso de no haber resultados para fósforo total o para clorofila a, el índice será calculado con la variable disponible y considerado equivalente al IET, debiendo constar una observación junto al resultado, informando que apenas una de las variables fue utilizada.

Los límites establecidos para las diferentes clases de eutrofización para ríos y reservorios están descritos en las siguientes tablas.

Tabla 11 – Clasificación del Estado Trófico para ríos según el Índice de Carlson Modificado

Clasificación del Estado Trófico - Ríos				
Categoría (Estado Trófico)	Ponderación	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47		P ≤ 13	CL ≤ 0,74
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52		13 < P ≤ 35	0,74 < CL ≤ 1,31
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59		35 < P ≤ 137	1,31 < CL ≤ 2,96
Eutrófico	59 < IET ≤ 63		137 < P ≤ 296	2,96 < CL ≤ 4,70
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67		296 < P ≤ 640	4,70 < CL ≤ 7,46
Hipereutrófico	IET > 67		640 < P	7,46 < CL

Tabla 12 - Clasificación do Estado Trófico para reservorios según el Índice de Carlson Modificado

Clasificación del Estado Trófico - Reservorios				
Categoría (Estado Trófico)	Ponderación	Secchi - S (m)	P-total - P (mg.m ⁻³)	Clorofila a (mg.m ⁻³)
Ultraoligotrófico	IET ≤ 47	S ≥ 2,4	P ≤ 8	CL ≤ 1,17
Oligotrófico	47 < IET ≤ 52	2,4 > S ≥ 1,7	8 < P ≤ 19	1,17 < CL ≤ 3,24
Mesotrófico	52 < IET ≤ 59	1,7 > S ≥ 1,1	19 < P ≤ 52	3,24 < CL ≤ 11,03
Eutrófico	59 < IET ≤ 63	1,1 > S ≥ 0,8	52 < P ≤ 120	11,03 < CL ≤ 30,55
Supereutrófico	63 < IET ≤ 67	0,8 > S ≥ 0,6	120 < P ≤ 233	30,55 < CL ≤ 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	0,6 > S	233 < P	69,05 < CL

Tabla 13 – Clasificación del IET

Categoría (Estado Trófico)	Ponderación
Ultraoligotrófico	0,5
Oligotrófico	1
Mesotrófico	2
Eutrófico	3
Supereutrófico	4
Hipereutrófico	5

3.7. IVA – Índices de calidad del agua para protección de la vida acuática y de las comunidades acuáticas

El IVA (Zagatto et al. 1999) tiene como objetivo evaluar las calidades de las aguas para fines de protección de flora y fauna en general, diferenciando un índice para evaluación del agua para consumo humano y recreación de contacto primario. El IVA considera la presencia de concentración de contaminantes químicos tóxicos, su efecto sobre los organismos acuáticos (toxicidad) y todas las variables consideradas esenciales para la biota (pH y oxígeno disuelto), variaciones estas agrupadas en el IPMCA – Índice de variables mínimas para la preservación de la vida acuática, bien como IET – Índice del estado trófico de Carlson modificado por Toledo (1999). De esta forma, el IVA aporta información no solo la calidad del agua en términos ecotoxicológicos, sino también sobre el grado de eutrofización.

$$\text{IVA} = (\text{IPMCA} \cdot 1.2) + \text{IET}$$

El valor resultante del índice describe cinco clasificaciones de calidad, ilustradas en la siguiente tabla.

Categoría	Ponderación
ÓPTIMA	$\text{IVA} \leq 2,5$
BUENA	$2,6 \leq \text{IVA} \leq 3,3$
REGULAR	$3,4 \leq \text{IVA} \leq 4,5$
MALA	$4,6 \leq \text{IVA} \leq 6,7$
PÉSIMA	$6,8 \leq \text{IVA}$

De acuerdo con la legislación estatal (Reglamento de la Ley 997/76, aprobado por el Decreto Estatal 8468/76) y federal (Resolución CONAMA 20/86), la protección de las comunidades acuáticas está prevista para cuerpos de agua encuadrados en las clases 1, 2 y 3, siendo, por lo tanto, pertinente la aplicación del IVA solamente para esos ambientes. Por lo tanto siendo para los cuerpos de agua encuadrados en la clase 4 no será aplicado el IVA.

Si, en una muestra determinada, no hay ningún resultado del test de toxicidad, pero existen resultados de oxígeno disuelto y pH, el IVA será calculado de las siguientes condiciones:

- Cuando la concentración de oxígeno disuelto sea menor que 3 mg/L
- Cuando el test de toxicidad semestral.

En esos casos, la ausencia de resultados del grupo de sustancias tóxicas del IPMCA no implicará una inviabilidad del cálculo del IVA.

3.8. IB – Índice de balnearios

El Índice de balnearios viene a avalar las calidades de agua con fines de recreación con contacto primario, siendo aplicado en playas de aguas interiores, localizadas en ríos y reservorios.

Con el objetivo de simplificar para la población, el análisis de los datos de calidad, desarrollado por el CETESB, a partir de los resultados obtenidos en los monitoreos periódicos (semanal y mensual), una calificación anual, que basada en criterios estadísticos simplificados, expresa una síntesis de la calidad del agua monitoreada a lo largo del año.

Las playas donde se realizaron clasificaciones semanales, el IB obtenido a través de una síntesis de las clasificaciones a lo largo de las 52 semanas del año. Las playas donde fueron realizadas las clasificaciones mensuales, el IB calculado a partir de las densidades de *E. coli* o de coliformes termotolerantes.

Se presentan en la tabla siguiente las especificaciones que determinan la calificación anual para las playas con clasificación semanal y mensual.

Tabla 14 – Índice de Balnearios – Calificación Anual		
Categoría	Playa Semanal	Playa Mensual
ÓPTIMA	Playas clasificadas como EXCELENTES en 100% del año	Número de resultados de Coliformes Termotolerantes menores que 250 o <i>E. coli</i> menores que 200 en 100% del año
BUENA	Playas apropiadas en 100% del año, excepto las clasificadas como EXCELENTES en 100% Del año	Número de resultados de Coliformes Termotolerantes menores que 1.000 o <i>E. coli</i> menores que 800 en 100% del año, excepto a condición de menores que 250 y 200 en 100% del año
REGULAR	Playas clasificadas como IMPROPRIAS en un porcentaje de tiempo inferior al 50% Del año	Número de resultados de Coliformes Termotolerantes mayores que 1.000 o <i>E. coli</i> mayores que 800 en un porcentaje inferior al 50% del año
MALA	Playas clasificadas como IMPROPRIAS en un porcentaje de tiempo igual o superior al 50% Del año	Número de resultados de coliformes Termotolerantes mayores que 1.000 o <i>E. coli</i> mayores que 800 en un porcentaje igual o superior al 50% del año

3.9. ICB – Índice de comunidades bentónicas

Las muestras de sedimentos para análisis de las comunidades bentónicas son colectadas por triplicado, con pegadores del tipo Van Veen (272 cm²) en margen deposicional de ríos en una región sublitoral de reservorios Ekman-Birge, modificado por Lenz (200 cm²), en la profundidad de los reservorios.

La fijación y la preparación de las muestras siguen las normas técnicas CETESB L5.309 (CETESB 2003).

Para las muestras de los ríos los organismos bentónicos fueron identificados por familia, para la mayoría de los taxones, excepto en Chironomidae, en el que se llegó a nivel de sub-familia y tribus. Para reservorios, Chironomidae y Oligochaeta fueron identificados hasta género/especie. La identificación de los organismos fueron utilizadas las claves de Pennak (1989), Epler (1995), Lopretto & Tell (1995, tomos II y III), Merritt & Cummins (1996), Epler (1995), Trivinho-Strixino & Strixino (1995), Brinkhurst & Marchese (1992) y Fernández & Domínguez (2001).

Fueron calculados los siguientes índices descritos en la estructura de las comunidades bentónicas:

1. Riqueza (S), siendo una suma de las categorías taxonómicas encontradas en la muestra.

2. Índice de Diversidad de Shannon- Wiener (H') (Washington 1984).

3. Índice de comparación secuencial (ICS) (Cairns & Dickson 1971), en cuyo cálculo fue empleado software desarrollado por el prof. Aristotelino Monteiro Ferreira para CETESB (Henrique- Marcelino et al. 1992).

4. Razón Tanytarsini/Chironomidae (Tt/Chi) (EPA/OHIO, 1987).

5. Riqueza de taxones sensibles (Ssens), en la que fueron considerados sensibles como familias Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera y el género *Stempellina* de Chironomidae-Tanytarsini en ríos y las familias Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera y el género *Stempellina* de Chironomidae-Tanytarsini en reservorios.

6. Dominancia de grupos tolerantes (T/DT), habiendo sido considerados tolerantes, Tubificidae sin que esta capilar, Naididae e *Chironomus*, en ríos y *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Dero*, *Pristina*, *Pristinella* e *Chironomus*, en reservorios.

Además de eso, siempre que es posible, o cuando aparecen poblaciones significativas ($N \geq 100$) de *Chironomus* en las muestras, fue evaluada la frecuencia de deformidades, "gap", falta y exceso de dientes (Kuhlmann et al. 2000).

Para el diagnóstico, estos descriptores fueron fundidos en índices multimétricos, adecuados a cada tipo de ambientes, o sea, zona sublitoral de reservorios, zona profunda de reservorios y ríos (véase en las siguientes tablas).

Tabla 15 - Índice de la Comunidad Bentónica para zona sublitoral de reservorios (ICB_{RES-SL})

Categoría	Ponderación	Niveles				
		S	ICS	H'	T/DT	Ssens
ÓPTIMA	1	≥ 25	≥ 25,00	> 3,50	< 0,10	≥ 3
BUENA	2	17 - 24	15,00 - < 25,00	> 2,25 - ≤ 3,50	0,10 - < 0,40	2
REGULAR	3	9 - 16	5,00 - < 15,00	> 1,50 - ≤ 2,25	0,40 - < 0,70	1
MALA	4	1 - 8	< 5,00	≤ 1,50	≥ 0,70	0
PÉSIMA	5	AZÓICO				

Tabla 16 - Índice de la Comunidad Bentónica para zona profunda de reservorios (ICB_{RES-P})

Categoría	Ponderación	S	Niveles			
			ICS	H'	T/DT	Tt/Chi
ÓPTIMA	1	≥ 10	> 7,00	> 2,00	< 0,20	≥ 0,10
BUENA	2	7 - 9	> 3,50 - ≤ 7,00	> 1,50 - ≤ 2,00	≥ 0,20 - < 0,50	> 0,06 - < 0,10
REGULAR	3	4 - 6	> 1,00 - ≤ 3,50	> 0,50 - ≤ 1,50	≥ 0,50 - < 0,80	> 0,03 - ≤ 0,06
MALA	4	1 - 3	≤ 1,00	≤ 0,50	≥ 0,80	≤ 0,03
PÉSIMA	5	AZÓICO				

Tabela 17 - Índice de las Comunidades Bentónicas para ríos (ICB_{RIO})

Categoría	Ponderación	Niveles				
		S	ICS	H'	T/DT	Ssens
ÓPTIMA	1	≥ 21	> 20,00	> 2,50	≤ 0,25	≥ 3
BUENA	2	14 - 20	> 9,50 - ≤ 20,00	> 1,50 - ≤ 2,50	> 0,25 - < 0,50	2
REGULAR	3	6 - 13	> 3,00 - ≤ 9,50	> 1,00 - ≤ 1,50	≥ 0,50 - ≤ 0,75	1
MALA	4	≤ 5	≤ 3,00	≤ 1,00	> 0,75	0
PÉSIMA	5	AZÓICO				

Para el cálculo del índice de Comunidades Bentónicas, son considerados los dos índices de diversidad (H' o ICS), dando una referencia al ICS. El valor final,

que será el diagnóstico en una clasificación final de calidad del agua del hábitat, será simplemente una media aritmética del ranking de los índices parciales.

Con relación a la frecuencia de deformidades en las larvas de *Chironomus*, fue considerada la incidencia natural de la población valores de hasta 3%, como está citado en la literatura (Burt et al. 2003). Así, fue considerada óptima una condición de frecuencias de deformidades inferiores o iguales al 3% y pésima aquellas superiores al 6%. Fueron considerados regulares los sedimentos con frecuencias de deformidades entre el 3% y el 6% en aquellas en que aunque el número de larvas analizado haya sido inferior al ideal, la frecuencia obtenida superó el 6%.

3.10. ICF – Índice de comunidad fitoplanctónica

Este índice utiliza la dominancia de los grandes grupos que componen el fitoplancton, las densidades de organismos y el Índice de Estado Trófico (IET), separando en categorías de calidad del agua. Como una variación del IET, en 2005 fue establecida una nueva ponderación de esas variables, válida tanto para el índice para ríos (ICFrío) como para reservorio (ICFres), conforme a la tabla siguiente.

Tabla 18 - Clasificación del Índice de Comunidades Fitoplanctónicas – ICF

Categoría	Ponderación	Niveles
ÓPTIMA	1	No hay dominancia entre los grupos Densidad total < 1000 org/mL IET ≤ 52
BUENA	2	Dominancia de Clorofíceas (Desmidiáceas) o Diatomáceas Densidad total > 1000 e < 5000 org/mL 52 < IET ≤ 59
REGULAR	3	Dominancia de Clorofíceas (Chlorococcales) Densidad total > 5000 e < 10000 org/mL 59 < IET ≤ 63
MALA	4	Dominancia de Cianofíceas ou Euglenofíceas Densidad total > 10000 org/mL 63 < IET

3.11. ICTEM - Indicador de colecta y tratamiento de los efluentes cloacales de la población urbana Municipal

El indicador fue formado por cinco elementos, representando las condiciones a ser evaluadas en el sistema público de tratamiento de efluentes cloacales urbanos. Dentro del modelo propuesto, es verificada la importancia relativa de esos elementos y atribuidas ponderaciones diferenciadas para los mismos.

Los elementos de formación del indicador en relación a un sistema público de tratamiento de los efluentes cloacales son los siguientes:

- a- Captación
- b- Existencia y eficiencia de un sistema de tratamiento de efluentes recolectado
- c- Una efectiva remoción de la carga orgánica en relación a la carga potencial
- d- Un destino adecuado de los lodos y residuos generados en el tratamiento
- e- Un no desequilibrio de las clases de cuerpo receptor por el efluente tratado y vertido directo o indirecto de los efluentes no tratados

Los valores de los tres primeros elementos son variables relacionados, proporcionalmente, a:

- a- Cantidad de efluente recolectado en el municipio (población urbana atendida por redes de efluentes y población atendida por sistemas aislados de tratamiento)
- b- Cantidad de tratamiento de efluente recolectado y respectiva eficiencia de estación de tratamiento
- c- Eficiencia global de remoción en relación a la carga orgánica potencial

Como otros de los elementos reciben valores fijos:

- d- Depende de la existencia de destino adecuado para el lodo u otros residuos generados en el tratamiento y
- e- Cuando el efluente final del tratamiento provoca un desequilibrio del cuerpo receptor de ese efluente

Dentro del proyecto de Municipio Verde, fue inicialmente considerado el valor 12 para el tratamiento de efluentes. Después ese valor fue revisado, por cambios conceptuales del propio índice, siendo atribuido el valor 10. De esta manera, la siguiente tabla resume la composición propuesta y la ponderación del indicador en relación al valor fijado por el proyecto, que en esta revisión corresponde a la propia composición del ICTEM.

Tabla 19 – Composición del Indicador de Recolección y Tratamiento de Efluentes Cloacales de la Población urbana Municipal - ICTEM

	Elementos do indicador	Composição (%)	ponderação
1	Coleta	15	1,5
2	Tratamento e eficiência de remoção	15	1,5
3	Eficiência global de remoção	65	6,5
4	Destino adequado de lodos e resíduos de tratamento	2	0,2
5	Efluente da estação não desequilibra a classe do corpo receptor	3	0,3
	Total	100	10

Notas:

- i) recolección: % de la población urbana atendida por la red de efluentes o sistemas aislados.
- ii) tratamiento y eficiencia de remoción: % de la población urbana con efluente tratado.
- iii) Eficiencia global de remoción, depende de la eficiencia unitaria de las ETEs. Si la eficiencia global fuera igual o mayor que el 80%, el valor para ese elemento del indicador sería de 6.5.

Fórmula:

$$\text{ICTEM} = 0,015C + 0,015T + 0,065E + D + Q$$

Siendo:

C = % de la población urbana atendida por La red de recolección de efluentes

T = % de la población urbana con efluente tratado

E = Eficiencia global de remoción de carga orgánica, que es: $(0,01C * 0,01T * 0,01N) * 100$;

N = % de remoción de carga orgánica pelas ETEs

D = cero si el destino de los lodos y residuos de tratamiento fuese inadecuada y 0,2 si fuere adecuada;

Q = cero si ese efluente va libre a un cuerpo receptor o si existe vertido directo o indirecto de efluentes cloacales no tratados. Será atribuido un valor de 0,3 si el efluente no desequilibra el cuerpo receptor.

3.12. Criterio de evaluación de calidad de sedimentos

En los relatos anteriores, la calidad del sedimento representada en función de las concentraciones de contaminantes, con vistas a la protección de la vida acuática, fue basad en los valores establecidos por la “Canadian Council of Ministers of the Environment” (CCME, 2002) para arsénico, metales pesados y compuestos orgánicos, utilizando tres clases. Los mismos valores guía fueron adoptados por resolución CONAMA 344/04 (Brasil 2004) que establecen las directrices y procedimientos mínimos para la evaluación de material dragado. La generación de datos a lo largo de cinco años permitió elaborar un diagnóstico químico en cinco clases de calidad, en lugar de tres, como también los valores de TEL y PEL, que serían usados para delimitar los rangos y, así dimensionar las concentraciones observadas. La calidad ÓPTIMA, para cada contaminante, correspondería a una concentración inferior a TEL. Una calidad BUENA, un rango entre TEL, inclusive, y una concentración correspondiente al 50% de la distancia entre TEL y PEL, sumado a TEL. Una calidad REGULAR, un rango superior al 50% de la distancia entre TEL y PEL, sumado a TEL e inferior a PEL. Una calidad MALA, en un rango entre PEL, inclusive, y una concentración correspondiente a 1.5 x de su propio valor. Y una calidad PESIMA encima de 1.5 x PEL. Así, se considero La peor situación dentro de una serie de contaminantes evaluados, cuando las concentraciones encontradas superan significativamente El valor PEL (en más del 50%). Esa línea se justifica por el hecho de que en términos biológicos un único contaminante en concentración elevada sería suficiente para causar daño a una población (Kuhlmann et al. 2007).



Figura 3 - Clasificación de contaminantes químicos en cinco rangos de calidad y sus relación con los criterios TEL e PEL.

TEL: Baja probabilidad de ocurrencia de efectos adversos en la vida acuática. Valores relacionados con las concentraciones optimas de sedimentos (IB), limite entre calidad optima y buena

PEL: Alta probabilidad de ocurrencia de efectos adversos de la vida acuática. Valores relacionados con las concentraciones optimas de sedimentos (IB), limite entre calidad regular y mala

Tabla 20 – Clasificación de contaminantes en sedimento de agua dulce establecidos a partir de TEL e PEL.

Calidad	ÓPTIM A	BUENA	REGULAR	MALA	PÉSIMA
As (µg/g)	< 5,9	5,9 – 11,5	> 11,5 - < 17,0	17,0 – 25,5	> 25,5
Cd (µg/g)	< 0,6	0,6 – 2,1	> 2,1 - < 3,5	3,5 – 5,3	> 5,3
Pb (µg/g)	< 35,0	35,0 – 63,2	> 63,2 - < 91,3	91,3 – 137,0	> 137,0
Cu (µg/g)	< 35,7	35,7 – 116,4	> 116,4 - < 197,0	197,0 – 295,5	> 295,5
Cr (µg/g)	< 37,3	37,3 – 63,7	> 63,7 - < 90,0	90,0 – 135,0	> 135,0
Hg (µg/g)	< 0,170	0,170 – 0,328	> 0,328 - < 0,486	0,486 – 0,729	> 0,729
Ni (µg/g)	< 18	18 – 27	> 27 - < 36	36 - 54	> 54
Zn (µg/g)	< 123	123 – 219	> 219 - < 315	315 - 473	> 473
Aldrin (µg/kg)	< 2	2 – 211	> 211 - < 420	420 - 630	> 630
BHC (µg/kg)	< 3	3 – 6002	> 6002 - < 12000	12000 - 18000	> 18000
BHC (µg/kg)	< 6	6 – 253	> 253 - < 500	500 - 750	> 750
BHC (µg/kg)	< 5	5 – 10503	> 10503 - < 21000	21000 - 31500	> 31500
Lindano (=BHC) (µg/kg)	< 0,94	0,94 – 1,16	> 1,16 - < 1,38	1,38 – 2,07	> 2,07
Clordano (µg/kg)	< 4,50	4,50 – 6,69	> 6,69 - < 8,87	8,87 – 13,31	> 13,31
DDD (µg/kg)	< 3,54	3,54 – 6,03	> 6,03 - < 8,51	8,51 – 12,77	> 12,77
DDE (µg/kg)	< 1,42	1,42 – 4,09	> 4,09 - < 6,75	6,75 – 10,13	> 10,13
DDT (µg/kg)	< 1,19	1,19 – 2,98	> 2,98 - < 4,77	4,77 – 7,15	> 7,16
Dieldrin (µg/kg)	< 2,85	2,85 – 4,76	> 4,76 - < 6,67	6,67 – 10,01	> 10,01
Endrin (µg/kg)	< 2,67	2,67 – 32,54	> 32,54 - < 62,40	62,40 – 93,60	> 93,60
Heptacloro (µg/kg)	< 0,30	0,30 – 5,15	> 5,15 - < 10,00	10,00 – 15,00	> 15,00
Heptacloro epóxido (µg/kg)	< 0,60	0,60 – 1,67	> 1,67 - < 2,74	2,74 – 4,11	> 4,11
HCB (µg/kg)	< 20	20 – 130	> 130 - < 240	240 - 360	> 360
Mirex (µg/kg)	< 7	7 – 654	> 654 - < 1300	1300 - 1950	> 1950
HAPs (µg/kg)	< 870	870 – 4455	> 4455 - < 8040	8040 - 12060	> 12060
Acenafteno (µg/kg)	< 6,71	6,71 – 47,81	> 47,81 - < 88,90	88,90 – 133,35	> 133,35
Acenaftileno (µg/kg)	< 5,87	5,87 – 66,94	> 66,94 - < 128,00	128,00 – 192,00	> 192,00
Antraceno (µg/kg)	< 46,9	46,9 – 146,0	> 146,0 - < 245,00	245,0 – 367,5	> 367,5
Benzo(a)antraceno (µg/kg)	< 31,7	31,7 – 208,4	> 208,4 - < 385,0	385,0 – 577,5	> 577,5
Benzo(a)pireno (µg/kg)	< 31,9	31,9 – 407,0	> 407,0 - < 782,0	782,0 – 1173,0	> 1173,0
Criseno (µg/kg)	< 57,1	57,1 – 459,6	> 459,6 - < 862	862,0 –	> 1293,0

				1293,0	
Dibenz(a,h)antraceno (µg/kg)	< 6,22	6,22 – 70,61	> 70,61 - < 135,00	135,00 – 202,50	> 202,50
Fluoranteno (µg/kg)	< 111	111 – 1233	> 1233 - < 2355	2355 - 3533	> 3533
Fluoreno (µg/kg)	< 21,2	21,2 – 82,6	> 82,6 - < 144,0	144,0 – 216,0	> 216,0
2-Metilnaftaleno (µg/kg)	< 20,2	20,2 – 110,6	> 110,6 - < 201,0	201,0 – 301,5	> 301,5
Naftaleno (µg/kg)	< 34,6	34,6 – 212,8	> 212,8 - < 391,0	391,0 – 586,5	> 586,5
Fenantreno (µg/kg)	< 41,9	41,9 – 278,5	> 278,5 - < 515,0	515,0 – 772,5	> 772,5
Pireno (µg/kg)	< 53	53 – 464	> 464 - < 875	875 - 1313	> 1313
Aroclor 1254 (µg/kg)	< 60	60 – 200	> 200 - < 340	340 - 510	> 510
PCBs (µg/kg)	< 34,1	34,1 – 155,6	> 155,6 - < 277,0	277,0 – 415,5	> 415,5
Dioxinas e furanos (ng TEQ/kg de peso seco)	< 0,85	0,85 – 11,18	> 11,18 - < 21,50	21,50 – 32,25	> 32,25

Con relación a su potencial de ecotoxicidad, los sedimentos son evaluados en cuatro clases de calidad de acuerdo con los tipos e intensidades de efectos observados en los ensayos realizados con *Hyalella azteca*. El diagnóstico ecotoxicológico de calidad de los sedimentos está siendo ampliado con una introducción de ensayo de toxicidad con *Chironomus sacticaroli* (Diptera), denominado anteriormente de *Chironomus xanthus*. Este ensayo se basa en el método de USEPA (2000), y sus resultados sin embargo no fueron utilizados en el criterio de evaluación de sedimentos.

La calidad de los sedimentos también es evaluada por su grado de mutagenicidad, por el número de revertentes/g seco de muestra obtenido en el test AMES, en cinco clases.

Para el diagnóstico de la calidad de sedimentos para el componente biótico es utilizada la estructura de comunidad bentónica, en que se aplican índices multimétricos desarrollados para ríos y reservorios. En este caso, los sedimentos fueron evaluados con respecto a su calidad en cinco clases.

Los criterios de clasificación para las diferentes líneas de evidencia están representados en la siguiente tabla.

Categorías	Niveles			
	Substancias Químicas ^(a)	Mutagenicidad Teste de AMES (rever./g.base seca)	Toxicidad (Hyalella azteca)	Comunidad Bentónica ^(b)
ÓPTIMA	Todos los contaminantes en concentración inferior a TEL	No Detectado	No Tóxico	ICB = 1
BUENA	El peor contaminante con concentración encima de TEL mas inferior 50% da distancia entre TEL e PEL	<50	-	ICB = 2
REGULAR	El peor contaminante con concentración encima de TEL superior a 50% da distancia entre TEL e PEL , mas inferior a PEL	>50 - <500	Efecto subletal, reducción del crecimiento	ICB = 3
MALA	El peor contaminante con valor entre PEL e até 1,5 PEL	>500 - <5000	Efecto agudo, mortalidad <50%	ICB = 4
PÉSIMA	El peor contaminante con valor superando 1,5 PEL	>5000	Efecto agudo, mortalidad 50%	ICB = 5

a) Según valores guías establecidos por CCME (1999).

b) ICB = Índice de la Comunidad Bentónica.

En la siguiente figura se resumen todos los elementos que componen La caracterización del criterio de evaluación de la calidad de los sedimentos.

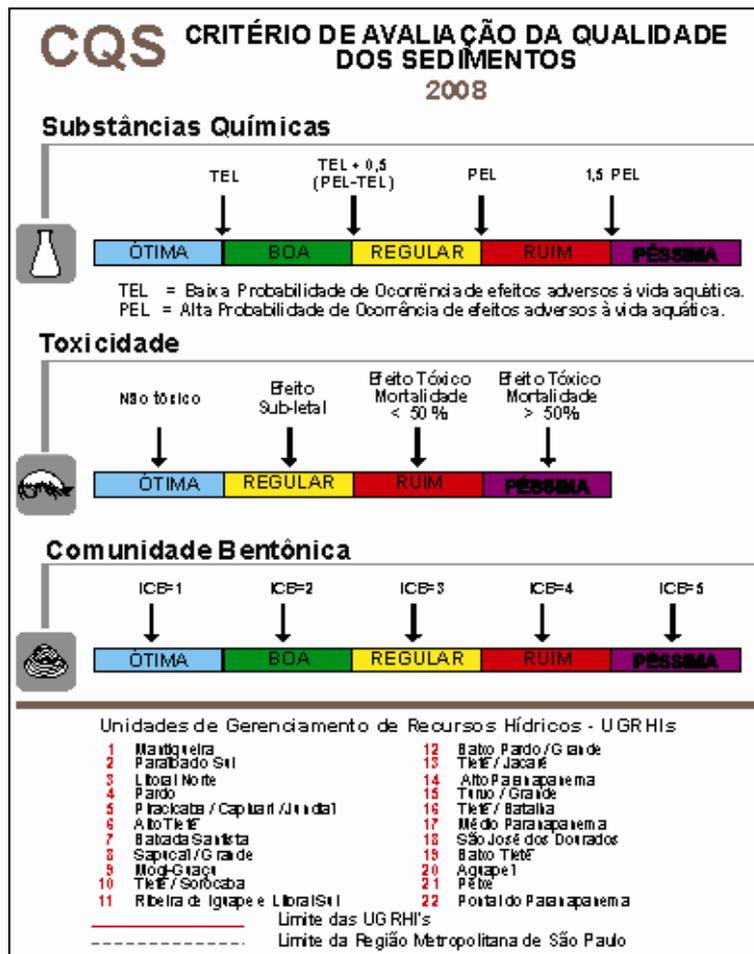


Figura 4 – Resumen de los elementos que componen el CQS.

3.13. El ICA en la cuenca

La Secretaría de Gestión Ambiental (SGA) de la Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) se encuentra trabajando para adaptar la aplicación del Índice de Calidad de Agua (ICA) para la aplicación del mismo en los ríos, lagos y embalses de la cuenca. Desde 1993, la AIC monitorea la calidad del agua en los lagos, embalses y ríos de la cuenca, contando con más de 60 puntos de muestreo periódicos y permanentes. El ICA incorpora los parámetros de calidad del agua más relevantes para la evaluación de la calidad de las aguas, enfocando principalmente su utilización para uso humano. Se tomaron las muestras de agua por métodos estandarizados y se analizaron las mismas en laboratorios idóneos y certificados cuidadosamente seleccionados. Algunos parámetros de calidad fueron supuestos en algunos puntos a efectos prácticos para la estimación del correspondiente valor de ICA. Se transcriben los cálculos provisorios del ICA en diferentes puntos de muestreo de ríos y lagos de la cuenca.

Tabla 22: Rango de valores del ICA y su correspondiente clasificación

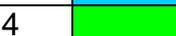
Valor	Escala	Color	Calidad de agua
91-100	5		Excelente
71-90	4		Buena
51-70	3		Regular
26-50	2		Mala
0-25	1		Pésima

Tabla 23: Parámetros más recientes de calidad del agua (Octubre 2011), utilizados para calcular el ICA en la cuenca (estaciones de ríos monitoreadas en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro).

	Arroyito	Neuquén	Andacollo	Sauzal Bonito	Dique Ballester	4 Esquinas	Allen	Chimpa y	Choele Choel	Colonia Josefa	Viedma	La Paloma	Chos Malal	Las Lajas	Va. Regina	Curri Leuvú	Patagones
Parámetro	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°	Est. N°
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	20
T° aire (°C)	12,0	11,0	23,0	18,0	17,0	14,0	17,0	16,0	14,0	14,0	16,0	15,5	10,2	19,0	22,0	19,0	16,0
T° agua (°C)	14,3	13,5	10,0	16,2	14,5	16,0	15,6	16,1	16,4	16,5	17,0	17,0	11,1	12,7	16,6	12,8	18,0
pH	7,5	7,3	s/d	7,9	7,8	8,0	7,8	7,9	7,9	7,7	7,7	7,6	s/d	7,2	8,3	s/d	7,5
CE (μS/cm)	75	78	s/d	126	271	281	179	158	182	194	271	238	s/d	100	144	s/d	228
O2 (mg/L)	10,1	9,6	s/d	9,2	9,7	9,5	9,3	9,1	9,1	9,0	9,1	9,3	s/d	9,9	10,3	s/d	12,0
PT (mg/L)	18,7	17,7	240,7	194,7	21,3	28,0	54,7	40,3	37,3	36,7	29,5	31,3	227,7	68,0	32,7	199,7	35,0
NT (mg/L)	143	125	129	165	120	129	256	200	172	171	145	156	122	130	218	124	152
Coliformes fecales (col/100mL)	43	460	23	93	38	240	460	15	9	43	43	43	240	150	93	460	s/d
Turbidez (NTU)	7	2	186	190	6	15	6	13	10	24	10	11	179	23	7	285	9
DBO (mg/L)	1	2	2	3	2	2	2	3	1	2	3	3	2	2	1	2	2

Tabla 24: Puntos de muestreo en los ríos de la cuenca y su correspondiente estado de calidad del agua según el ICA (datos a octubre de 2011).

	Ene-10	Feb-10	Abr-10	Jun-10	Ago-10	Oct-10	Dic-10	Feb-11	Abr-11	Jun-11	Oct-11
1- Arroyito		93,0	88,3	89,2	89,9		87,4	82,8	89,6	87,7	86,9
2- Neuquén		76,6	81,9	81,5	84,8		81,5	76,8	80,0	80,9	76,5
3- Andacollo			78,4						77,3	78,6	68,9
4- Sauzal Bonito			83,0					71,7	78,1	76,7	80,2
5- Dique Ballester		86,6	80,7	83,9	81,7		78,4	80,1	84,5	83,3	85,2
6- Cuatro esquinas		80,6	80,5	84,2	82,6		81,1		81,0	78,8	79,1
7- Allen		80,2	80,6	81,9	81,4		79,3	80,6	75,4	76,5	80,2
8- Chimpay		84,3	84,2	81,2	86,7		83,2	82,8	83,3	78,9	84,8
9- Choele Choel		82,5	86,0			82,8	86,7	86,7	83,5	80,2	86,8
10- Colonia Josefa		80,3	83,2			84,2	85,8	81,1		78,1	84,2
11- Viedma		82,4	82,0	90,1	80,8	81,9	87,4	83,4		85,0	82,5
12- La Paloma		78,3	82,7	86,8	80,0	82,3	82,2	81,5		82,8	83,1
13- Chos Malal (Neu)			78,8						80,4	76,5	71,7
14- Las Lajas (Agrido)		85,2	81,5	86,3	80,7		87,9	82,8		82,9	78,2
16- Va. Regina		85,4	74,4	79,8	82,2		79,1	81,1	75,1	81,6	78,5
17- Río Curri Leuvú	83,8		73,7						66,6	73,0	60,0
20- Carmen de Patagones		71,2	83,1	85,8	75,4	79,2	78,5	72,7		80,2	84,4

Tabla 25: Puntos de muestreo en los lagos de la cuenca y su correspondiente estado de calidad del agua según el ICA (datos de 2007).

Punto de muestreo	Río/cuenca	Provincia	Coordenadas	Fecha de muestreo	Valor obtenido	Escala	Calidad del agua
Lago N. Huapi		Río Negro			84.3	4	Buena
L. Moreno		Río Negro			91.9	5	Excelente
L. Gutiérrez		Río Negro			89.1	4	Buena
L. Curruhué Chico		Neuquén			82.6	4	Buena
L. Paimún		Neuquén			86.5	4	Buena
L. Huechulafquen		Neuquén			84.2	4	Buena
L. Tromen		Neuquén			79.3	4	Buena
L. Quillén		Neuquén			85.2	4	Buena
L. Ruca Choroí		Neuquén			88.4	4	Buena
L. Norquinco		Neuquén			88.1	4	Buena
L. Pulmarí		Neuquén			87.4	4	Buena
L. Moquehue		Neuquén			86.3	4	Buena
L. Aluminé		Neuquén			85.1	4	Buena
L. Varvarco Campos		Neuquén			86.3	4	Buena
L. Tromen		Neuquén			70.2	4	Buena

4. Bibliografía

Principales referencias:

Subsecretaría de Recursos Hídricos. Argentina.

<http://www.hidricosargentina.gov.ar/index.aspx>

National Sanitation Foundation. Estados Unidos. www.nsf.org

U.S. Environmental Protection Agency. Estados Unidos. www.epa.gov

Agencia Nacional de Aguas. Brasil.

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>

Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental – CETESB. Brasil.

<http://www.cetesb.sp.gov.br/>

Ministerio de Medioambiente. España. www.mme.es

National Sanitation Foundation. USA. www.nsf.org

Departamento Provincial de Aguas, Río negro. www.dpa.gov.ar

Gobierno de la Provincia del Neuquén. <http://w2.neuquen.gov.ar/>

Instituto Nacional del Agua. www.ina.gov.ar

Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación. Argentina.

Autoridad de cuenca de los ríos Matanza y Riachuelo, Bs. As. Argentina.

<http://www.acumar.gov.ar/>

Autoridad del Agua. Bs. As. <http://www.ada.gba.gov.ar/>

5. Anexo

A- Mail original que envió la gerente de Aguas Superficiales de CETESB (San Pablo, Brasil; abril de 2011) en respuesta a la solicitud de información sobre índices de calidad del agua. Adjunto al mail vino el material transcripto y traducido en el presente documento.

“-----Mensaje original-----

De: TQAS [mailto:tqas@cetesbnet.sp.gov.br]

Enviado el: Jueves, 14 de Abril de 2011 08:49 a.m.

Para: Federico Giovanardi

Asunto: Re: Info: qualidade da agua

Prezado Frederico,

Seguem as metodologias para os cálculos dos índices. Qualquer dúvida estamos à disposição.

Atenciosamente,

Claudia Lamparelli

Gerente do Setor de Águas Superficiais”

6. Abreviaturas

Abreviaturas de organismos

AIC: Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro

CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, Secretaría de Medio Ambiente del Estado de San Pablo, Brasil

CONAMA: Consejo Nacional de Medio Ambiente de Brasil

CCME: Canadian Council of Ministers of the Environment

NSF: National Sanitation Foundation

SGA: Secretaría de Gestión Ambiental – AIC

USEPA: Agencia ambiental de Estados Unidos

Abreviaturas de índices

ICA: Índice de calidad del agua

IQA: Índice de calidad de agua (Brasil)

ISTO: Índice de sustancias tóxicas y organolépticas (ST x SO)

IAP: Índice de abastecimiento público (ICA x ISTO)

IPMCA: Índice de variables mínimas para la preservación de la vida acuática

IET: Índice de estado trófico

IVA: Índice de vida acuática ($IVA = (IPMCA \times 1.2) + IET$)

ICF: Índice de comunidad fitoplactónica

ICB: Índice de comunidades bentónicas

IB: Índice de balnearios

ICTEM: Índice de colecta y tratamiento de los efluentes cloacales urbanos municipales

S: Índice de riqueza de especies

H': Índice de diversidad de Shannon- Wiever

ICS: Índice de comparación secuencial

Tt/Chi: razón entre las familias Tanytarsini/Chironomidae

T/DT: dominancia de grupos tolerantes

ST: Índice de sustancias tóxicas (estimación del ISTO)

SO: Índice de sustancias organolépticas

ICFrío: Índice de comunidad fitoplactónica en ríos

ICFres: Índice de comunidad fitoplactónica en reservorios (lagos y embalses)

Abreviaturas diversas

OD: oxígeno disuelto

CF: Coliformes fecales

E. coli: Escherichia coli

pH: grado de acidez o alcalinidad del agua

DBO: demanda biológica de oxígeno

SDT: sólidos disueltos totales

ST: sólidos totales

P: fósforo

N: nitrógeno

NT: nitrógeno total

PT: fósforo total

NO₃: nitratos
 PO: fosfatos
 T: temperatura
 CL: clorofila a
 NTU: unidades nefelométricas de turbidez, medida de la turbidez
 LI: límite inferior
 LS: límite superior
 qi: niveles de calidad
 THMs: Trihalometanos (sustancias son compuestos químicos volátiles que se generan durante el proceso de potabilización del agua por la reacción de la materia orgánica, aún no tratada, con el cloro utilizado para desinfectar. En esta reacción se reemplazan tres de los cuatro átomos de hidrógeno del metano (CH₄) por átomos halógenos. Muchos trihalometanos son considerados peligrosos para la salud y el medio ambiente e incluso carcinógenos).
 µg/L: microgramos por litro, equivalente a una millonésima parte de un litro
 mg/L: miligramo por litro, equivalente a una milésima parte de un litro
 Cd: cadmio
 Pb: plomo
 Cr: cromo
 Ni: níquel
 HG: mercurio
 Al: aluminio
 Cu: cobre
 Fe: hierro
 Mn: manganeso
 Zn: cinc
 NCC: numero de células de cianobacterias
 org/mL: organismos por mililitros
 N: numero de individuos
 Ssens: riqueza de los taxones sensibles de ciertas familias y géneros de insectos
 TEL: Baja probabilidad de ocurrencia de efectos adversos en la vida acuática. Valores relacionados con las concentraciones optimas de sedimentos (IB), limite entre calidad optima y buena
 PEL: Alta probabilidad de ocurrencia de efectos adversos eb la vida acuática. Valores relacionados con las concentraciones optimas de sedimentos (IB), limite entre calidad regular y mala
 CQS: criterios de calidad de sedimentos
 C = % de la población urbana atendida por La red de recolección de efluentes
 T = % de la población urbana con efluente tratado
 E = Eficiencia global de remoción de carga orgánica, que es: $(0,01C * 0,01T * 0,01N) * 100$;
 N = % de remoción de carga orgánica pelas ETEs
 D = cero si el destino de los lodos y residuos de tratamiento fuese inadecuada y 0,2 si fuere adecuada;
 Q = cero si ese efluente va libre a un cuerpo receptor o si existe vertido directo o indirecto de efluentes cloacales no tratados. Será atribuido un valor de 0,3 si el efluente no desequilibra el cuerpo receptor.

PE: Valor de mayor ponderación del grupo de variables esenciales en el cálculo del índice IPMCA

ST': Valor medio de las tres mayores ponderaciones del grupo de sustancias tóxicas. Este es un valor y un número entero y el criterio de redondeo deberá ser el siguiente: valores menores a 0.5 serán redondeados para abajo y valores mayores o iguales a 0.5 para arriba (Estimación del IPMCA).