

MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA DE LOS RIOS LIMAY, NEUQUEN Y NEGRO: CONTROL BACTERIOLOGICO EN AREAS RECREATIVAS

**Agúndez, Juliana¹; Alemani, M. Eugenia²; Laurenzano, Betina³; Laffitte, Lorena⁴;
Banzato, Luciana⁵; Labollita, Héctor¹; Gil M. Inés²; Abelli, Marisol³; Muñiz Saavedra,
Julieta⁴; Othaz, Ayelén¹; Reyes, Patricia²; Ugolini, Florencia³; Novelli, Marisa⁴; Sorá,
Gabriel²; Bonetto, Matías³; Paez, Hugo³ y Martín, Juan José³**

¹Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas (AIC) 9 de julio N° 496.Cipolletti. Río Negro.
Email: jagundez@aic.gob.ar Tel/FAX: (+54 299 4492300).

²Departamento Provincial de Aguas (DPA) de la provincia de Río Negro

³Dirección Provincial de Recursos Hídricos (DPRH) de la provincia del Neuquén

⁴Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sostenible (SEAyDS) de la provincia del Neuquén

⁵Secretaria de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SEAyDS) de la provincia de Río Negro

Palabras Clave: Redes de monitoreo, calidad del agua, aptitud de usos, control bacteriológico

RESUMEN

En virtud de sus atribuciones, la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) ha implementado desde su creación, una Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Agua, que fue nutriéndose a lo largo del tiempo, con el trabajo conjunto llevado a cabo con los Organismos competentes de agua y ambiente de las Jurisdicciones integrantes, a través de la denominada Unidad de Gestión de Calidad del Agua. La misma está compuesta por la AIC, el DPA y la SAyDS de Río Negro, la DPRH y la SEAyDS de Neuquén y la Municipalidad de Carmen de Patagones, Pcia. de Buenos Aires.

En ese marco, se diseñaron Programas específicos a fin de verificar la aptitud de uso del agua relacionado a aspectos tales como Floraciones Algales, Residuos de Agroquímicos, Análisis de Metales pesados, hidrocarburos y Calidad del Agua para uso recreativo con contacto directo.

A partir del año 1997 y hasta el presente, se han efectuado anualmente controles bacteriológicos en áreas recreativas de diversos cuerpos de agua en la cuenca, con el propósito de determinar su aptitud para dicho uso.

Se aplican los criterios expuestos por las *Guías Canadienses de Calidad de Agua*, determinándose la concentración *Escherichia coli*, bacteria considerada como el mejor indicador en agua dulce de contaminación de origen fecal, tanto humana como de otros animales de sangre caliente.

El número de sitios relevados fue incrementándose a lo largo de los años en forma paulatina, debido principalmente al interés de los Municipios por contar con datos técnicos que sustenten la habilitación de los balnearios. En la actualidad se analizan 55 áreas recreativas localizadas en lagos, embalses y ríos de la cuenca, determinando su aptitud mediante cinco muestreos distribuidos en un plazo de 30 días a partir de la primera semana de noviembre.

Si bien el porcentaje de aptitud para el uso determinado supera en general el 90 % de los sitios relevados, se observa que en las zonas cercanas a la confluencia de los ríos Limay y Neuquén y primer tramo del río Negro, se encuentran las áreas más impactadas por la actividad humana.

INTRODUCCION

En virtud de sus atribuciones, la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) ha implementado desde su creación, una Red Básica de Monitoreo de la Calidad del Agua, que fue nutriéndose a lo largo del tiempo, con el trabajo conjunto llevado a cabo con los Organismos competentes de agua y ambiente de las Jurisdicciones integrantes, a través de la denominada Unidad de Gestión de Calidad del Agua. La misma está compuesta por la AIC, el DPA y la SEAyDS de Río Negro, la DPRH y la SEAyDS de Neuquén y la Municipalidad de Carmen de Patagones, Pcia. de Buenos Aires.

En ese marco, se diseñaron Programas específicos a fin de verificar la aptitud de uso del agua relacionado a aspectos tales como Floraciones Algales, Residuos de Agroquímicos, Análisis de Metales pesados, Hidrocarburos y Calidad del Agua para uso recreativo con contacto directo. El conjunto de Programas que se están ejecutando de manera permanente, representa actualmente una red de monitoreo de la calidad del agua en la Cuenca, constituida por más de 150 estaciones, la cual constituye una herramienta básica para la toma de decisiones en pos de una gestión integrada de los recursos hídricos.

A partir del año 1997 y hasta el presente, se han efectuado anualmente controles bacteriológicos en áreas recreativas de diversos cuerpos de agua en la cuenca, con el propósito de determinar su aptitud para dicho uso (AIC-SGA, 1998-1999; AIC-SGA, 2001 y AIC-SGA, 2001-2014).

Las Jurisdicciones que integran la Cuenca, cuentan con legislación propia en lo referido al uso, control y preservación de los recursos hídricos. Por caso, el “Código de Aguas” de la Pcia. del Neuquén (Ley N° 899/74), establece los principios rectores para la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del recurso hídrico y fija límites permisibles para el vertido de efluentes a los cursos de agua. Su homólogo de la Pcia. de Río Negro (Ley 2952/95), involucra la tutela y administración de las aguas y su uso para riego, servicios de agua potable y desagües cloacales, estableciendo asimismo niveles guía permisibles de vertido de aguas residuales a los cuerpos receptores hídricos.

La AIC, por mandato de su Ley de creación (Ley 23896/90) (AIC; 2009) ha fijado y propuesto a las Provincias que la integran, niveles guías de calidad de las aguas superficiales según los distintos usos (Labollita y Cifuentes; 1996), basados en diversas normativas nacionales e internacionales al respecto. Entre estas últimas, se encuentran las Guías Canadienses de Calidad del Agua, dictadas por el *Canadian Council of Ministers of the Environment* (CCME; 1995); los criterios y niveles de referencia allí establecidos, fueron adoptados en este trabajo, para determinar la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo en los balnearios de la Cuenca.

OBJETIVOS

Exponer y sintetizar los resultados de la determinación de la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo, en distintos balnearios de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, mediante la evaluación de su calidad bacteriológica, durante el período 1997 – 2014.

Verificar la existencia de diferencias de aptitud entre agrupamientos de balnearios, según los distintos usos del territorio y su relación con el grado de afectación de los mismos.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del área de estudio

El área de estudio comprende las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro encontrándose los balnearios relevados, sobre distintos tipos de cuerpos de agua dentro de esa extensa red hidrográfica (lagos, embalses, ríos, arroyos).

Durante los primeros años de este Programa (1997 – 2000) se fueron ajustando las metodologías analíticas, el diseño muestral (lugares, período de los relevamientos) y la gestión de los resultados, estableciéndose a partir del año 2001 para cada uno de estos aspectos, protocolos de trabajo normalizados que perduran hasta el presente. A lo largo del período de estudio, se fue incrementando el número de áreas recreativas relevadas, alcanzándose un total de 55 sitios en el año 2014 (Tabla N° 1).

Tabla N° 1: Número de balnearios relevados durante el período 1997 – 2014

Año	N° de balnearios
1997	25
1998	33
1999	no relevado
2000	36
2001	38
2002	40
2003	48
2004	46
2005	46
2006	46
2007	51
2008	51
2009	51
2010	51
2011	54
2012	55
2013	56
2014	55

Para el análisis de los datos, los balnearios considerados en el presente trabajo se agruparon en tres áreas (Figura N° 1; Tabla N°2), definidas según las siguientes características:

1. *área aguas arriba de compensadores (AAC)*: incluye sitios presentes en lagos, ríos, arroyos y embalses de las cuencas de los ríos Limay y Neuquén, hasta las últimas obras de regulación ubicadas sobre los mismos (Diques Compensadores Arroyito y El Chañar respectivamente). Si bien en esta zona existen centros urbanos con elevada población y actividades productivas (por ejemplo San Carlos de Bariloche, Junín de los Andes, Chos Malal), la condición general es de baja densidad poblacional y por ende, menor afectación antrópica de los cursos de agua.
2. *área de la confluencia (CONF)*: contempla los balnearios presentes en los ríos Limay y Neuquén aguas abajo de los diques compensadores Arroyito y El Chañar y en el río Negro desde la confluencia hasta Villa Regina. Se caracteriza por constituir el área de mayor concentración poblacional y de actividades productivas de la cuenca (agrícola e industrial).
3. *área de valle medio e inferior (VMI)* que incluye los sitios recreativos ubicados en el río Negro, desde Chimpay hasta la comarca Carmen de Patagones-Viedma. Presenta similitudes

con el área de la confluencia pero su grado de desarrollo urbano y productivo es mucho menor.

Figura N° 1: Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro y áreas seleccionadas para el estudio

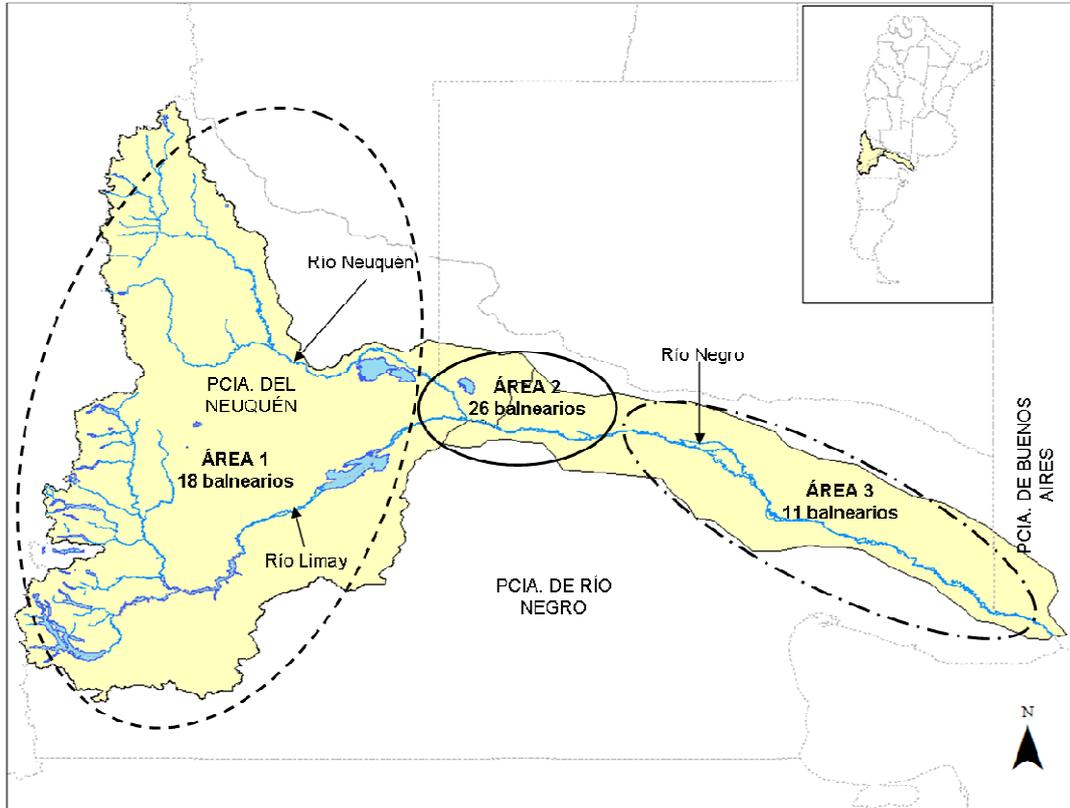


Tabla N° 2: Detalle de los balnearios incluidos en cada una de las áreas seleccionadas

ÁREA 1	ÁREA 2	ÁREA 3
AGUAS ARRIBA COMPENSADORES	CONFLUENCIA	VALLE MEDIO E INFERIOR
L. Nahuel Huapi (Playa Serena)	Río Limay (Balsa Las Perlas)	Río Negro (Chimpay)
L. Nahuel Huapi (Playa Bonita)	Río Limay (Senillosa)	Río Negro (Choele Choel)
L. Nahuel Huapi (Pto. San Carlos)	Río Limay (Plottier Municipal)	Río Negro (Luis Beltrán)
L. Nahuel Huapi (Dina Huapi)	Río Limay (La Herradura)	Río Negro (Lamarque)
L. Nahuel Huapi (Centenario)	Río Limay (Gatica)	Río Negro (Pomona)
L. Nahuel Huapi (Bahía La Brava)	Río Limay (Río Grande)	Río Negro (Darwin)
Lago Correntoso	Río Limay (Municipal Neuquén)	Río Negro (La Ribera, Conesa)
Lago Espejo	Río Neuquén (PIN)	Río Negro (Patagones Pte. Nuevo)
Río Chimehuín	Río Neuquén (R. Club de Campo)	Río Negro (Patagones Pte. Viejo)
A° Covunco / Mariano Moreno	Río Neuquén (S.P. del Chañar)	Río Negro (Viedma Barco Hundido)
Emb. Pichi Picun Leufú (PDA)	Río Neuquén (Campo Grande)	Río Negro (Viedma Municipal)
Emb. Ramos Mexía (Picún Leufú)	Río Neuquén (Dique Ballester)	
Emb. Ramos Mexía (Boca del Sapo)	Lago Pellegrini	
Emb. Ramos Mexía (La Huella)	Río Neuquén (Centenario)	
Río Curri Leuvú	Río Neuquén (Cinco Saltos)	
Río Agrio en Loncopué	Río Neuquén (Cuatro Esquinas)	
Río Agrio en Las Lajas	Río Negro (Isla Jordán M. Sur)	
Río Aluminé (Municipal)	Río Negro (Isla Jordán M. Norte)	
	Río Negro (Fernández Oro)	
	Río Negro (Allen)	
	Río Negro (Paso Cordova)	
	Río Negro (Cervantes)	
	Río Negro (Mainqué)	
	Río Negro (Ing. Huergo)	
	Río Negro (Va. Regina)	
	Río Negro (Chichinales)	

Criterios de calificación , tareas de campo y análisis de laboratorio

La aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo se estableció evaluando su calidad bacteriológica, de acuerdo con los criterios expuestos en las *Guías Canadienses de Calidad de Agua*; dicho nivel de referencia fue adoptado oportunamente por la AIC cuando se formuló la “Propuesta de Niveles Guía de Calidad para la Cuenca”. En tal sentido, se determinó la concentración de la bacteria *Escherichia coli* (*E. coli*) la cual es considerada como el mejor indicador de contaminación de origen fecal, tanto humana como de otros animales de sangre caliente. Los balnearios son considerados *aptos*, cuando la media geométrica (*G*) de al menos cinco muestras extraídas en un período no mayor a 30 días, no supera las 200 NMP de *E. coli* por cada 100 mL de muestra.

Dada la necesidad de informar la aptitud de los sitios antes del inicio de la temporada estival, las muestras fueron colectadas semanalmente, en general durante el mes de noviembre. Las tareas de campo se realizaron conformando grupos operativos con personal de Organismos Provinciales y/o Municipales, habiendo participado de las mismas, además de las Instituciones autoras del presente trabajo, Entes públicos tales como Aguas Rionegrinas Sociedad del Estado, Municipalidades de Neuquén, Cipolletti, El Chocón, Piedra del Águila y Picún Leufú, Cuerpo de Guardafaunas de Neuquén y Delegación Chos Malal de la Sec. de Coordinación del Interior de la Provincia del Neuquén.

Las muestras colectadas fueron conservadas en oscuridad y a una temperatura menor a 4 °C hasta su procesamiento en laboratorio y se analizaron mediante la técnica del sustrato cromogénico (MUG) empleando caldo laurilsulfato y confirmación por fluorescencia a la luz UV y producción de indol (APHA, AWWA, WEF; 1995).

Si bien los laboratorios encargados de los análisis fueron variando a lo largo de los años, siempre se mantuvieron los protocolos establecidos luego del período de ajuste.

Análisis estadísticos

En virtud de las razones expuestas precedentemente, fueron excluidos del análisis estadístico y de las series de tiempo, los resultados obtenidos durante el período de ajuste metodológico del Programa (1997 – 2000). En consecuencia fueron tomados en consideración para tal fin, los datos registrados a partir del año 2001 hasta el presente (2014).

Se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para verificar la existencia de diferencias significativas entre las concentraciones de *E. coli* halladas en los balnearios de cada una de las áreas seleccionadas. Se calculó el coeficiente de correlación de Spearman (ρ) para determinar si hay algún tipo de asociación entre a) el tiempo transcurrido (años) y el porcentaje de aptitud de los balnearios y b) entre el tiempo transcurrido y los valores de *E. coli* registrados en cada área (Guisande González, *et al*; 2006). Para los cálculos estadísticos se utilizó el paquete Statistica 8.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el período 1997 – 2000 se sintetizan en la tabla N° 3.

Tabla N° 3: Aptitud de los balnearios de la cuenca entre los años 1997 - 2000

Año	Total de sitios	Aptos	% aptos	No aptos	% no aptos	G total E.coli
1997	26	21	81	5	19	97
1998	33	33	100	0	0	15
1999	no relevado	no relevado	no relevado	no relevado	no relevado	no relevado
2000	36	32	89	4	11	87

Como fuera mencionado anteriormente, los resultados obtenidos durante los primeros años del Programa corresponden a un período de ajuste metodológico, razón por la cual no se considera válido emplearlos para los análisis estadísticos y se exponen sólo a modo orientativo de la condición general de los cuerpos de agua. De todos modos, los valores registrados puntualmente en ciertos balnearios, permitieron entrever situaciones comprometidas en algunos de ellos, que luego fueron confirmándose a lo largo de todo el período de estudio.

Los elevados valores de la *Escherichia coli* registrados en los años 1997 y 2000 pueden asociarse principalmente a los altos caudales pasantes por los ríos durante los monitoreos, situación contraria a la registrada en el año 1998 donde los caudales fueron muy bajos. A lo largo de los siguientes catorce años, los registros de *E. coli* en los balnearios de la cuenca presentaron una gran variabilidad (Tabla N° 4).

Tabla N° 4: Aptitud de los balnearios de la cuenca entre los años 2001 y 2014

Año	Total de sitios	Aptos	% aptos	No aptos	% no aptos	G total E.coli
2001	38	36	95	2	5	9
2002	38	38	100	0	0	11
2003	40	40	100	0	0	7
2004	43	43	100	0	0	20
2005	46	43	93	3	7	38
2006	46	46	100	0	0	13
2007	46	46	100	0	0	18
2008	51	47	92	4	8	36
2009	51	41	80	10	20	61
2010	51	47	92	4	8	39
2011	54	50	93	4	7	31
2012	55	51	93	4	7	19
2013	56	51	91	5	9	38
2014	55	50	91	5	9	41

Particularmente en la segunda mitad del período se registró una disminución en la calidad bacteriológica de los balnearios, reflejada en un menor porcentaje de aptitud de los mismos. En la Figura N° 2 se presentan los porcentajes de aptitud para el total de balnearios relevados cada año en el período evaluado. Se determinó que existe una asociación negativa (coeficiente de Spearman 0,7457 ($p = 0,0022$)), entre el porcentaje de aptitud del total de balnearios y el paso del tiempo en el período considerado.

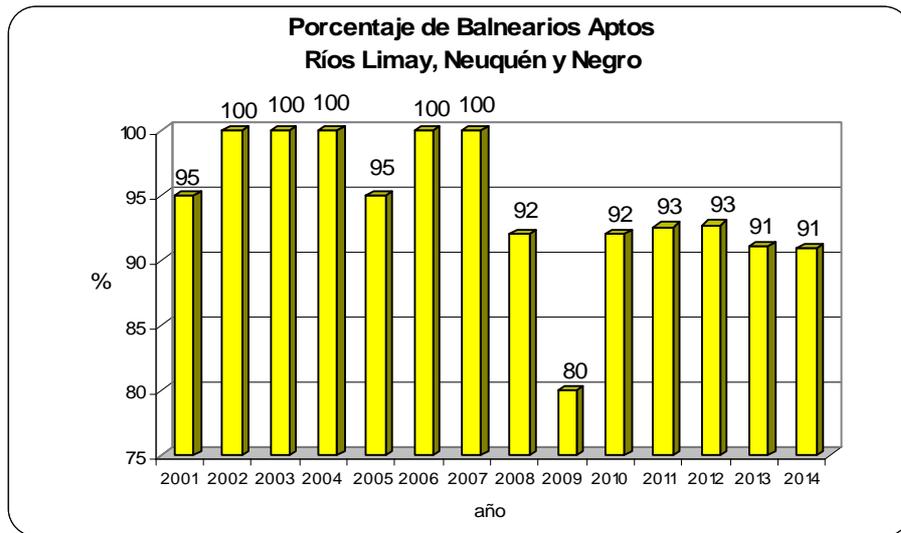


Figura N° 2: porcentaje de balnearios Aptos durante el período 2001-2014.

Los resultados presentados en la Figura N° 2 parecerían indicar que en la segunda mitad del período evaluado (2008 a 2014), con excepción del año 2009, el porcentaje de aptitud de las áreas recreativas se mantuvo sin grandes variaciones. Sin embargo, si se analiza el número de muestras puntuales que superaron el nivel de *E. coli* > 200 NMP/100 mL, puede apreciarse que en el año 2014 se registraron los mayores valores del período (Figura N° 3).

Los elevados registros de *E. coli* detectados en 2009 pueden atribuirse tanto a las lluvias registradas en la alta cuenca como a los altos caudales pasantes por los ríos durante el ciclo de muestreo, dado que ambas condiciones, por lavado superficial de las áreas de aporte y arrastre de diversos residuos hacia los cuerpos receptores (entre los que pueden citarse microorganismos, sedimentos y nutrientes), disminuyen la calidad puntual de los mismos. Por el contrario, un escenario ambiental totalmente distinto registrado en el año 2014, sugiere que la disminución en la calidad bacteriológica de los balnearios podría atribuirse en mayor medida al impacto de las actividades antrópicas sobre los cuerpos de agua, sin descartar situaciones puntuales en las cuales, la permanencia de material sólido aportado por lluvias intensas registradas en meses previos al monitoreo en el área de la confluencia, representaría un factor de peso en esta situación.

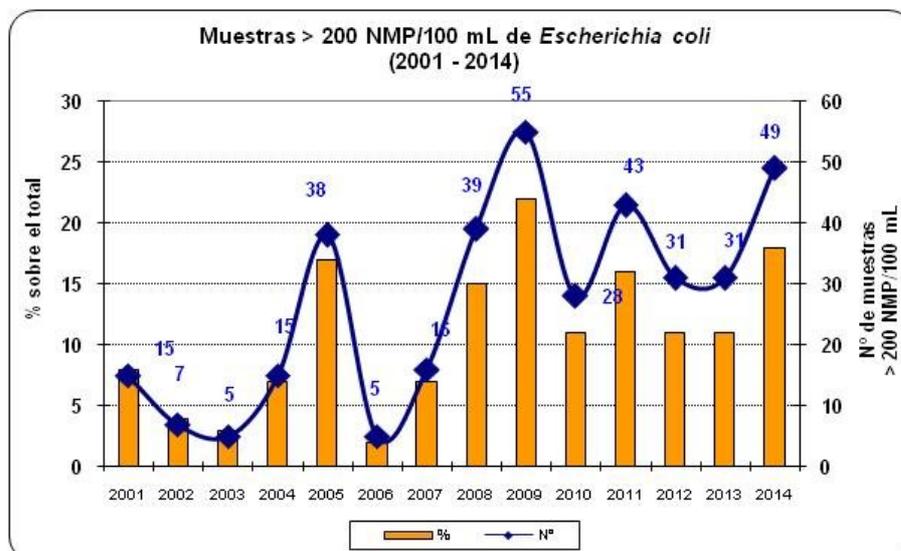


Figura N° 3: número de muestras que superaron el límite de aptitud (*E. coli* > 200 NMP/100 mL) en el período analizado 2001-2014.

Con el propósito de determinar el peso relativo que poseen los balnearios del área CONF respecto a los datos obtenidos en la totalidad de los sitios, se analizó el número de muestras puntuales que superaron el nivel de *E. coli* > 200 NMP/100 mL en ambos casos (área CONF y total de sitios, Figura N° 4). Se observó que la marcha en la concentración de *E. coli* es muy similar entre ambos grupos y existe una fuerte correlación lineal entre ellos ($R^2 = 0,92$). Esto indica que en general los balnearios del área CONF presentan los mayores valores puntuales de *E. coli* del área de estudio.

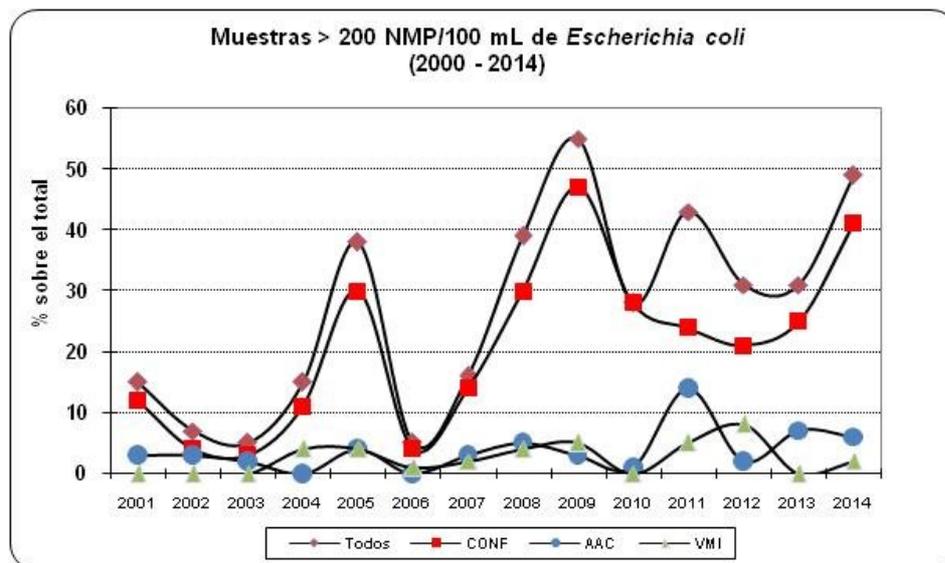


Figura N° 4: número de muestras que superaron el límite de aptitud (*E. coli* > 200 NMP/100 mL) en todos los balnearios y en el área CONF para el período 2001-2014.

El análisis de las medias de G de *E. coli* en cada una de las áreas seleccionadas, arrojó que existe una diferencia significativa entre los balnearios pertenecientes al área CONF y los del área AAC (prueba de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$), no encontrándose diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los sitios del área VMI y los balnearios de las dos áreas restantes.

A partir de las diferencias encontradas en cuanto a la media de G, se analizó la variación temporal de *E. coli* de cada área a lo largo del período estudiado (Figura N° 5), determinándose que existe una asociación positiva para los balnearios de las áreas CONF y VMI (coeficiente de Spearman 0,6219 ($p = 0,017$) y 0,8593 ($p = 0,000$) respectivamente), mientras que para aquellos del área AAC, no se verificó tal asociación ($p < 0,05$) entre la variable *E. coli* y el paso del tiempo (años).

En base a las estimaciones citadas puede decirse que los balnearios de las áreas CONF y VMI representan un grupo homogéneo, registrándose en los primeros citados, mayores concentraciones de *E. coli* y por lo tanto una menor calidad bacteriológica de los sitios. Esta situación puede atribuirse a que el área de la Confluencia ha experimentado en mayor medida que el área Valle Medio e Inferior, un importante crecimiento poblacional y de actividades productivas en los últimos quince años, lo cual derivaría en una mayor afectación antrópica de los cursos de agua.

La variación en la concentración de *E. coli* registrada en los balnearios del área AAC, pareciera estar relacionada con factores antrópicos y naturales puntuales, no pudiendo atribuirse a procesos de afectación de la calidad bacteriológica a mediano y largo plazo.

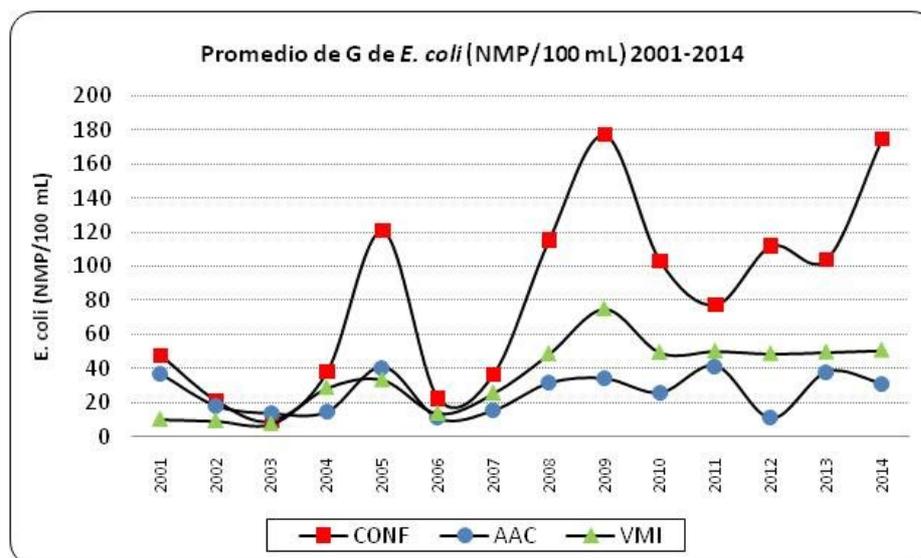


Figura N° 5: promedio de las medias geométricas de *E. coli* para los balnearios de cada área durante período analizado.

CONCLUSIONES

Considerando la totalidad de los balnearios relevados durante el período de estudio 2001 – 2014, se observa que en la segunda mitad de dicho ciclo, se registró una disminución en la calidad bacteriológica de los sitios, la cual se refleja en un menor porcentaje de aptitud de los mismos.

Si se tiene en cuenta el agrupamiento de balnearios en las áreas seleccionadas para el análisis, se aprecia que en general los lugares recreativos del área Confluencia (CONF) presentan los mayores valores puntuales de *E. coli* de la cuenca.

Se determinó que existe una asociación positiva entre la variable medida (*E. coli*) y el paso del tiempo (años), en los balnearios de las áreas CONF y Valle Medio e Inferior (VMI), no detectándose tal condición en los sitios del área Aguas Arriba de Compensadores (AAC).

La disminución de la calidad bacteriológica verificada en diversos balnearios localizados principalmente en el área de la CONF, podría vincularse principalmente con el impacto de las actividades antrópicas sobre los cuerpos de agua, sin descartar situaciones puntuales en las cuales el incremento de material sólido aportado por lluvias intensas, representaría un factor de peso en esta situación.

BIBLIOGRAFIA

- AIC-SGA (1998-1999). “Evaluación de la Calidad del Agua para Uso Recreativo con Contacto Directo. Informe Técnico”, se refiere a dos informes técnicos.
- AIC-SGA (2001). “Determinación de la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo (balnearios). Informe Técnico”.
- AIC-SGA (2001-2014). “Determinación de la aptitud del agua para uso recreativo con contacto directo. Informe Técnico”, se refiere a catorce informes técnicos.
- APHA, AWWA, WEF (1995). “Standard Methods for the examination of water and wastewater” (9223 B; 9225 D 3). Ed. 19 th.
- Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC) (2009). “Documentos Fundacionales”, segunda edición. ISBN: 978-987-23023-5-1.

Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME) (1995). “*Canadian Environmental Quality Guidelines*”.

Guisande González, C.; Barreiro Felpeto, A.; Maneiro Estraviz, I.; Riveiro Alarcón, I.; Vergara Castaño, A.; Vaamonde Liste, A. (2006). “*Tratamiento de datos*”. España. ISBN: 84-7978-736-8.

Labollita, H. y O. Cifuentes (1996). “*Propuestas de niveles guías para las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro*”. SGA-AIC, Río Negro, Argentina.

Ley N° 899/1974 “*Código de Agua*”. Provincia del Neuquén, Argentina.

Ley N° 2952/1995 “*Código de Aguas*”. Provincia de Río Negro, Argentina.