

Junio 2006

Revista de Ciencia y Técnica Nº 12

CALIDAD DEL AGUA DEL RIO DEL VALLE, CATAMARCA, PARA USO RECREATIVO

Marta Saracho, Luis Segura, Patricia Moyano, Norma Rodríguez, Edith Carignano

Unidad Ejecutora: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Facultad de Humanidades-UNCa. Avda. Belgrano 300. (4700) Catamarca- Secretaría del Agua y del Ambiente- Catamarca. cdrodriguez@arnet.com.ar

Palabras Claves: calidad, agua, recreación, río del Valle.

Key words: quality, water, recreation, Del Valle River.

RESUMEN

El uso del agua, en la cuenca media del río Del Valle, Catamarca, ocupa un lugar importante para el desarrollo de actividades recreativas. El objetivo de este trabajo es determinar las zonas, comprendidas entre el dique Las Pirquitas y Tres Puentes, donde la calidad bacteriológica del agua se ajuste a las exigencias de las normativas vigentes para fines recreativos. El estudio se llevó a cabo en diez estaciones de monitoreo durante seis meses.

La concentración media geométrica de bacterias Escherichia Coli (E. Coli) en cuatro estaciones cumple con el criterio establecido por Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) para aguas de recreación. Para las CT, todo el tramo estudiado se ajusta a los niveles imperativos y cinco estaciones a los recomendados según normas europeas.

La calidad físico-química y bacteriológica, en algunas estaciones de monitoreo, difieren de la detectada a la salida del dique, lo que puede explicarse por descargas de efluentes.

ABSTRACT

The use of water from the middle course of the watershed of Del Valle river in Catamarca is important for entertainment activities.

The aim of this work is to determine the areas, between Las Pirquitas dam and Tres Puentes Village, where the bacteriological water quality fits the requirements of standard rules for recreational purposes. The study was carried out monitoring ten stations during six months.

In four stations, the geometrical mean concentration of Escherichia Coli (E.Coli) bacteria fulfils the criteria stated by United States Environmental Protection Agency (USEPA) for water used for recreational purpose. With the Total Coliform (CT), all the section studied fits the imperative levels and only five stations present levels according to the European rules.

Physicochemical and bacteriological water quality, in some of the monitoring stations, is found to be different from that detected when water runs off the dam because of flow of effluents.

INTRODUCCIÓN

El agua, elemento vital para los ecosistemas y para las sociedades humanas, se vuelve cada vez más escasa por su disponibilidad cuantitativa y cualitativa para los diferentes usos sociales, en particular para fines recreativos. Con frecuencia las aguas superficiales sirven como receptoras de aguas residuales, hecho que incrementa el riesgo de contraer enfermedades de origen hídrico en las personas que desarrollan actividades que implican un contacto directo con dicha líquido.(Dufour, 1984)

“Las aguas destinadas a uso recreacional pertenecen a cuerpos superficiales que se utilizan principalmente para baño y actividades deportivas”. (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, 2002).

Debe reunir los siguientes requerimientos generales:

- ✓ Su calidad debe observar pautas microbiológicas y fisicoquímicas que no involucren riesgo para la salud de las personas expuestas. (parámetros de calidad con significación para la salud humana).
- ✓ Debe reunir características relativas a su calidad estética, vinculadas a variables de percepción organoléptica (parámetros de calidad con significación estética).

No existen normas que fijen concentraciones máximas de indicadores de contaminación en aguas recreativas, que hayan sido adoptadas por todos los países. La aplicación universal de un criterio de calidad bacteriológica es difícil por una serie de factores ambientales que afectan la relación entre el indicador, la exposición y la posibilidad de contraer enfermedades (Emiliani F, et al. 1999).

De acuerdo con las condiciones abióticas y las características bióticas del medio que los recibe, las bacterias Coliformes pueden prolongar o disminuir su sobrevivencia, que también es afectada por la velocidad de la corriente, caudal, posibilidad de sedimentación, reflujos de los ríos receptores, etc (Pommoplury et al, 1992). Por lo expuesto es aconsejable que cada país o región realice los estudios epidemiológicos propios, pero se siguen usando los estándares de América de Norte ó de Europa (Holmer R, 1997), inclusive en nuestro país (Emiliani F, et al. 1999).

En el caso particular de la ciudad de San Fernando de Catamarca, y en el área de la cuenca media del río Del Valle, el uso del agua para el desarrollo de diferentes

actividades recreativas ocupa un lugar importante, resultando una oferta turística de notable valor. Si bien existen sobre las márgenes del río dos camping, resultan insuficientes para satisfacer la demanda de la población, razón por la cual se proyecta construir otros centros recreativos de estas características.

Sin embargo se conoce que existen vuelcos contaminantes sobre este río en distintos puntos de su recorrido (Saracho M et al, 1994), (Ubal dini, M. et al 2000), (Saracho, M. et al, 2002).

Atendiendo a esta problemática, el objetivo de este trabajo es determinar las zonas comprendidas entre el dique Las Pirquitas y Tres Puentes donde la calidad del agua del río Del Valle, se ajuste a las exigencias de las normativas vigentes para fines recreativos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El río Del Valle es el principal recurso hídrico superficial del valle de Catamarca y de la Provincia. Su derrame medio anual es de 142 hm³ y está regulado por el embalse Las Pirquitas. Sus aguas son utilizadas fundamentalmente para proveer de agua potable a las poblaciones de Fray Mamerto Esquiú, Valle Viejo y Banda de Varela (Dpto. Capital), para riego, industrias y actividades recreativas.

Con el objeto de obtener información preliminar sobre los sitios de muestreo y componentes a analizar, se efectuó un muestreo exploratorio.

Según esta premisa se ubicaron diez estaciones de monitoreo en el río Del Valle, en el tramo comprendido entre el dique Las Pirquitas-Fray Mamerto Esquiú y Tres Puentes-Valle Viejo.

Las estaciones de muestreo (Plano N° 1) son:

Aguas arriba del Azud de Pomancillo

E₁ : Camping Las Pirquitas-Dpto F.M.Esquiú, a 1.500m.

Aguas abajo del Azud de Pomancillo

E₂: Pomancillo Este. Dpto F.M.Esquiú a 800m.

E₃: Pomancillo Este, Dpto F.M.Esquiú a 7.105m (aguas arriba de un Frigorífico).

E₄: Pomancillo Este, Dpto F.M.Esquiú a 7.954m (aguas abajo de un Frigorífico).

E₅: Puente de Collagasta a 8.895m

E₆: Camping La Carrera a 10.221m

E₇: Agua Colorada a 12.000m

E₈: Banda de Varela Norte a 14.000m

E₉: Puente Polcos a 19. 600m

E₁₀ : Tres Puentes a 21.000m

Se analizaron un total de 60 muestras de aguas superficiales, durante el período comprendido entre diciembre de 2002 a mayo de 2003, las que fueron extraídas con una frecuencia mensual.

La toma y conservación de muestras para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se realizaron de acuerdo a las normas del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Las mediciones de caudales se efectuaron con molinete tipo AOTT-E2 tomando como puntos de aforos las estaciones E₁ y E₇.

Análisis fisicoquímico: Se determinaron turbiedad por nefelometría; amoníaco por el método de Nessler; nitrito por diazotación; nitrato por el método de la brucina y como una medida de la materia orgánica presente, se determinó el oxígeno consumido del permanganato de potasio. In situ se midió el pH, conductividad y la temperatura de agua.

Análisis bacteriológico: Se toma para la realización de este estudio el criterio adoptado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) que a partir de estudios epidemiológicos, asume como aceptable una tasa de gastroenteritis asociada a las actividades recreativas con contacto directo, de 8 casos de gastroenteritis por cada 1000 bañistas. Por lo cual a los fines de determinar la condición sanitaria del agua del río Del Valle para uso recreativo, se utilizó como indicador de la calidad bacteriológica la Escherichia Coli (E. Coli), siguiendo la normativa de la USEPA, que fija en 126 colonias /100ml el valor de la densidad media geométrica de E. Coli en dicho medio.

Además la USEPA, considerando las imprecisiones de las técnicas de recuento bacteriano y las variaciones espaciales y temporales de las densidades bacterianas, en función de las condiciones ambientales tales como lluvia, viento y temperatura, establece que, si no se excede el mencionado valor, tampoco cumple la normativa

cuando una muestra aislada supera el valor máximo ó Límite de Confianza Superior (LCS) determinado mediante la expresión:

$$\text{LCS} = \text{antilogaritmo} (\log \text{MGI} + z * \log \text{SD}).$$

Donde

z: factor determinado a partir del área bajo la curva de la distribución de probabilidad normal, para el nivel de confianza elegido en función de la frecuencia de uso del área recreativa.

SD: desviación estándar del indicador.

MGI: media geométrica del indicador.

Para calcular MGI solo se debe tener en cuenta las muestras recolectadas durante condiciones climáticas estables, entendiéndose por “estado estable” los períodos sin precipitaciones pluviales (USEPA, 1986).

Para este trabajo se tiene en cuenta además las directivas europeas que establece como límite imperativo (equivalente a obligatorio) que el 95% de las muestras no deben superar 10.000 Coliformes Totales (CT) /100ml y como límite recomendado (objetivo de calidad deseable) que el 80% de las muestras no superen los 500 CT/100ml.

Para la investigación de los indicadores bacterianos se utilizó la técnica de la membrana filtrante expresando los resultados como número de colonias por 100 ml de acuerdo a las normas de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Análisis Estadístico: Se efectuó un análisis descriptivo de los datos obtenidos utilizando el software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). La técnica inferencial aplicada corresponde al Análisis de Varianza para las diferentes variables en estudio, y comparaciones múltiples, con un nivel de significación del 5%.

RESULTADOS

Los valores de las variables utilizadas para evaluar la calidad del río y su adecuación a las normas de calidad para uso recreativo se muestran en las tablas N° 1 y 2 y gráficos N°1, 2 y 3.

Tabla N° 1: Variación de la concentración de E. Coli en las muestras de agua extraídas del río Del Valle. Resumen estadístico de esta variable.

Estaciones de Monitoreo	E ₁	E ₂	E _ε	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
EC*	16	90	69	264	188	61	105	79	333	330
ECmáx	30	125	110	810	280	270	160	289	630	445
ECmín	10	62	47	88	106	1	51	1	240	245
M(EC)	17	93	72	382	196	150	113	197	354	337
M _d (EC)	15	90	62	315	200	124	110	220	300	337
IC($\alpha=0,75$)	11,9- 22,0	78,6- 106,5	57,1- 86,4	177,6- 529,6	159,4- 233,4	82,2- 217,0	87,7- 138,3	118,8- 275,6	259,7- 448,3	289,6- 385,1
SD(EC)	8,36	23,2	24,4	330	71	112	42	131	157	79,4
CV%	49	25	34	86	36	75	37	66	44	24

EC*. Media Geométrica

En el **gráfico N° 1** se muestra la variación de la concentración de las bacterias CT en las estaciones de monitoreo, observándose que dicha concentración, evaluada a través de la mediana (por la gran dispersión de los datos), alcanza el valor más elevado en la estación E₉ (Puente Polcos).

Se aprecia en el **gráfico N°2** un aumento en la concentración de iones nitrato en las muestras correspondientes a la estación E₉, pero las diferencias no son significativas. La diferencia observada en la concentración de nitritos en la estación E₄ es significativa ($p=0,02$).

Desde el punto de vista de la concentración del ión amonio existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las cinco primeras estaciones con las restantes.

El incremento más importante de la concentración de OC, con respecto a la calidad del recurso en la estación E₁ tomada como referencia, se observa en la estación E₉, diferencia que es altamente significativa ($p=0,005$) (**Gráfico N° 3**).

Los valores de los caudales aforados en las estaciones E₁ y E₇, fueron: 2,275 m³/s y 1,643m³/s respectivamente.

En la tabla N° 2 se muestran los valores medios de las variables abióticas determinadas in situ en las estaciones de monitoreo. Se observa un alto incremento en el valor medio de la conductividad, en las muestras analizadas en la estación E₉ y un leve cambio en la media de la turbiedad en las estaciones E₄, E₉ y E₁₀.

Tabla N° 2: Resumen de las variables abióticas medidas in situ en las estaciones de monitoreo.

Estaciones de Monitoreo	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
pH	8,24	8,06	8,30	8,15	8,06	8,08	8,16	7,99	7,96	7,96
Turb. (NTU)	3,9	4,1	3,9	5,3	4,6	4,6	1,9	2,9	5,2	5,7
Conduct. (μS/cm)	225	243	313	300	300	327	331	356	605	520
T (°C)	13,4	15,5	15,1	11,5	14,2	12,5	12,4	12,3	13,8	12,5

Para determinar si existen diferencias significativas ($\alpha=0,05$) entre las medias de los valores obtenidos para las variables abióticas, en las estaciones de monitoreo, se aplicó el test de Análisis de Varianza obteniéndose los siguientes resultados:

No se observa diferencias significativas entre las medias para las variables pH, temperatura y turbiedad; en cambio para las variables conductividad, dicha diferencia es altamente significativa ($p=0,000$).

DISCUSIÓN

Debido a la gran variabilidad de los datos de recuento bacteriano de EC respecto a los valores centrales, ya que se obtuvo fluctuaciones de varios órdenes de magnitud en una misma estación de muestreo, se tomó como log SD el valor de 0,4 fijado por la USEPA (uso provisorio). Se establece de esta manera condiciones más estrictas para determinar la aptitud del agua para uso recreativo, que la que resulta de utilizar la SD calculada para cada sitio de muestreo (Tabla N°1).

Teniendo en cuenta este valor, se obtiene el LCS - 235 colonias/100ml- para una confiabilidad del 75%, fijada por la USEPA para uso recreacional altamente frecuente y LCS -298 colonias/100ml- con una confiabilidad del 82% establecida para uso recreacional moderadamente frecuente.

De acuerdo a los resultados (Tabla N°1), la concentración media geométrica de E. Coli de las muestras analizadas cumple con el criterio establecido por la USEPA para aguas de recreación en cuatro estaciones de muestreo- E₁, E₂, E₃,y E₇- cuatro no se ajustan- E₄, E₅, E₉ y E₁₀- y las restantes -E₆ y E₈ -cumplen con valor de la medida de posición, pero exceden el límite superior para una muestra aislada, fijada por la norma para un nivel de confianza del 75% (uso recreativo altamente frecuente) pero no para un 82% (uso recreativo moderadamente frecuente).

En el gráfico N°1 se muestra la variación de la concentración de CT, evaluada a través de la mediana, en los sitios de monitoreo. El valor más elevado de esta medida de posición corresponde a la estación E₉ -730 N° de colonias/100ml- donde se observa al igual que en la estación E₄ las mayores desviaciones estándares. De acuerdo a estos resultados y teniendo en cuenta las directivas europeas, todo el tramo estudiado se ajusta a los niveles imperativos -10.000 CT/100ml- pero solo cinco estaciones (E₁, E₂, E₃, E₇ y E₈) a los recomendados- 500 CT/100ml.

La dispersión encontrada en los datos de recuento bacteriano de EC respecto a los valores centrales, que permite caracterizarla como una de las medidas más variables de la calidad del agua, es coincidente con la encontrada en otros ríos del mundo (Programa Global del Agua del Sistema de Control del Medio Ambiente de las Naciones Unidas- UNEP GEMS /WATER-)

En coincidencia con el desmejoramiento de la calidad bacteriológica, se produce un incremento en el valor de la turbiedad en las estaciones de muestreo E₄ (ubicada aguas debajo de un frigorífico) y E₉ (Tabla N° 2); pero estas diferencias no son estadísticamente significativas.

En el gráfico N°2 se muestra las variaciones, en las muestras analizadas, de las concentraciones de nitrato, nitrito y amonio, iones indicadores de contaminación orgánica detectándose diferencias estadísticamente significativas en las medias de las variables nitrito y amonio. Dichas variaciones y los cambios detectados en la calidad bacteriológica del curso superficial, se pueden explicar por el aporte de los efluentes cloacales de la Villa de Las Pirquitas y de un frigorífico.(Saracho M et al, 1994), (Saracho M et al, 1996), (Saracho, M. et al, 2002).

Se aprecia un marcado aumento en la concentración de iones nitrato (Gráfico N° 2) en la estación E₉, coincidente con el incremento del OC (Gráfico N°3), diferencia que no es estadísticamente significativa para el indicador nitrato, pero si lo es para OC.

Estas variaciones se producen fundamentalmente por el aporte a este río de un canal, que drena aguas -caracterizadas como sulfatada, sódica, cálcica- mezcla de la napa freática y agua de riego de una zona del Departamento Fray Mamerto Esquiú. (Ubal dini, M. et al 2000).

Dicho aporte origina además el incremento en los valores de conductividad y turbiedad, expresada en función de la media, en las estaciones E₉ y E₁₀, pero dicha diferencia es altamente significativa sólo para la variable conductividad.

CONCLUSIONES

Según las normas USEPA y de acuerdo a los resultados obtenidos, las zonas aptas desde el punto de vista de la calidad bacteriológica del agua, para la instalación de centros recreativos con uso altamente frecuente, son las correspondientes a las estaciones de monitoreo E₁, E₂, E₃ y E₇. Para uso moderadamente frecuente se ajustan a la normativa además, las estaciones E₆ y E₈.

Con respecto a las bacterias CT y de acuerdo a las normas europeas sobre la calidad de aguas recreativas, todo el tramo estudiado se ajusta a los niveles imperativos (equivalente a obligatorio) pero solo cinco estaciones a los recomendados.

La concentración de los indicadores químicos (nitritos, amonio y OC) y bacteriológicos (EC y CT), en algunas estaciones de monitoreo, significativamente superiores a los detectados a la salida del dique, puede explicarse por descargas puntuales de efluentes de origen orgánico.

Considerando que los resultados obtenidos son válido para el periodo de estudio y que las condiciones ambientales son variable, para permitir acciones apropiadas de manejo, por el riesgo sanitario que implica la presencia de descargas, se recomienda un control periódico más intensivo, durante lapsos de tiempo que abarquen distintas condiciones hidrométricas y climáticas, en las zonas que resultaron aptas para uso recreativo. En tales sitios además se deberá recolectar cinco ó más muestras igualmente espaciadas por mes a efectos de determinar la desviación estándar local del indicador EC según Niveles Guías de Calidad de Agua Ambiente para Recreación Humana, con contacto directo correspondiente a EC. (Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación; 1997).

BIBLIOGRAFIA

1. Abramovich, B.; Gilli, M.; Hayde, M; Carrera, E; Lurá, M.; Nepote, A.; Gómez P; Vaira, S; Contini, L; 2000. Cryptosporidium y Giardia en aguas superficiales. www.drwebsa.com.ar/aam/rev_033/vol_033_03/033_06.htm
2. APHA, AWWA, WEF.1995. Standard methods for the examination of water and wastewater. Franson MA (Ed), American Public Health Assoc., Washington, D.C.
3. Emilian, F; Lajmanovic, R; Acosta, M; Boneto, S.1999. Variaciones temporales y espaciales de Coliformes y de *Escherichia coli* en aguas recreativas fluviales (Río Salado, Santa Fe, Argentina). Relación con los estándares de calidad. Rev. Arg. Microbiol. 31: 142-156.
4. Environment Agency.1997. Bathing Water Quality. Documento electrónico. <http://www.environment-agency.gov.uk>

5. The Comisión of European Communities.1994. Proposal for a Council Directive concerning the Quality of bathing wters. Oficial Journal of the European Communities. N C 112/3. <http://www.eudor.com8454/eudor>.
6. Holmer, R. 1997. Bacteria in recreational waters: A regulator's concerns. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, p145-154
7. Organización Mundial de la Salud. 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas Vol. 1: Aguas costeras y aguas dulces.
8. Pommepuy, M; Guillaud, J; Dupray, E; Derrien, A; Le Guyader, F; Cormier, M. 1992. Enteric bacteria survival factors. Water Sci. Technol.12:93-103.
9. Saracho, M; Zalazar, E; Argañaráz, P; Serenelli, E. 1994. Capacidad Autodepuradora del Río del Valle. IV Congreso El NOA y su Ambiente. S. F. del V de Catamarca. pp. 166-169.
10. Saracho, M; Zalazar, E; Argañaráz, P. 1996. Evaluación del Impacto de los Vertidos en el Río del Valle. XVI Congreso Nacional del Agua. San Martín de los Andes. Neuquén. Trabajo N° 18.
11. Statistical Package for the Social Sciencies (SPSS).Versión 10.0.
12. Ubaldini, M; Saracho, M; Flores, M, Giménez, H .2000. Cargas Puntuales y Multipuntuales y Calidad del Agua Subterránea en F.M. Esquiú, Catamarca. Memorias del XVIII Congreso Nacional del Agua. Santiago del Estero. pp 309-310.
13. Saracho, Marta; Segura, Luis; Moyano, Patricia; Serenelli, Edith. 2002. Recurso Hídrico Superficial: Efectos por Actividades Antrópicas- Area Gran Catamarca. Libros de Resúmenes 1° Jornadas Universitarias de Ingeniería. pp 33.
14. Subsecretaría de Recursos Hídricos. República Argentina. 2002 Niveles Guías Nacionales de Calidad de Agua Ambiente. Documento electrónico. <http://www.mecon.gov.ar/hidricos/calidad/index.html>
15. UNEP GEMS /WATER- Programa Global del Agua del Sistema de Control del Medio Ambiente de las Naciones Unidas-Documento electrónico <http://www.gemswater.org>

Plano N° 1: Área de Estudio. Estaciones de Monitoreo sobre el río Del Valle

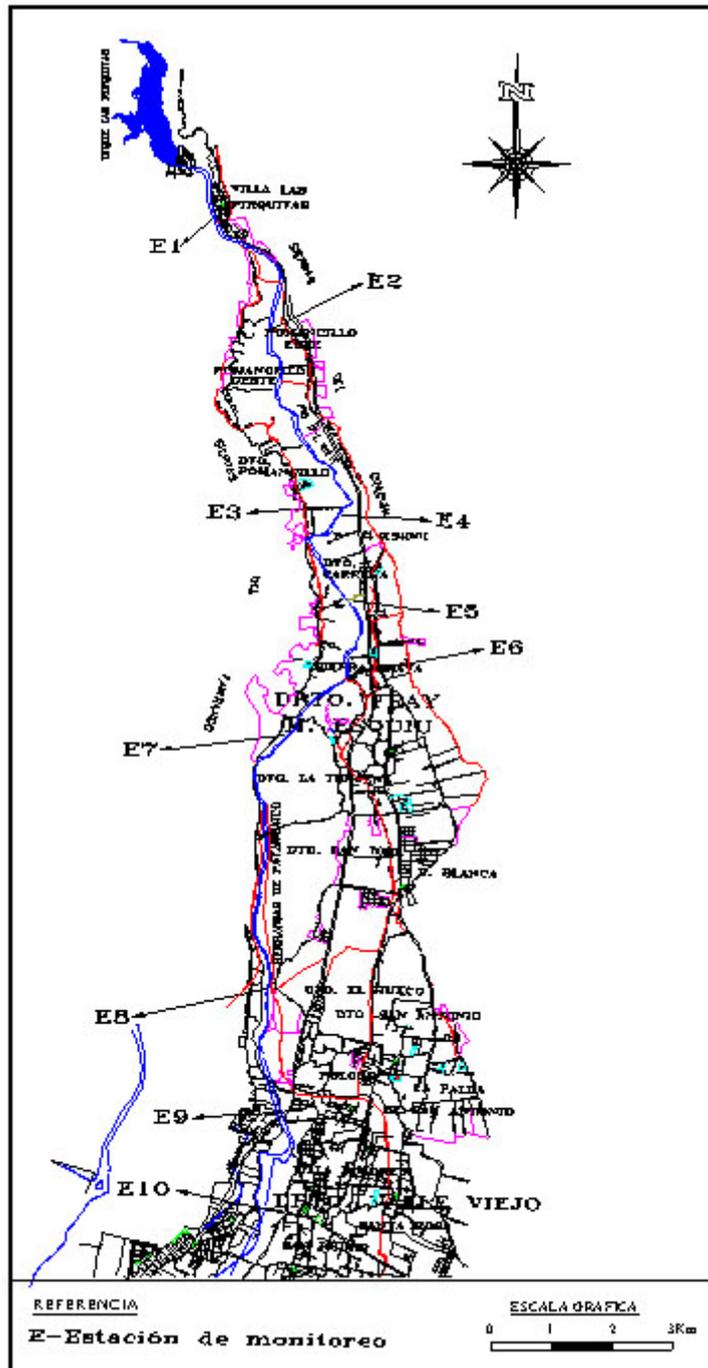


Gráfico N° 1: Variación de la Concentración de Bacterias Coliformes Totales en las estaciones de monitoreo.

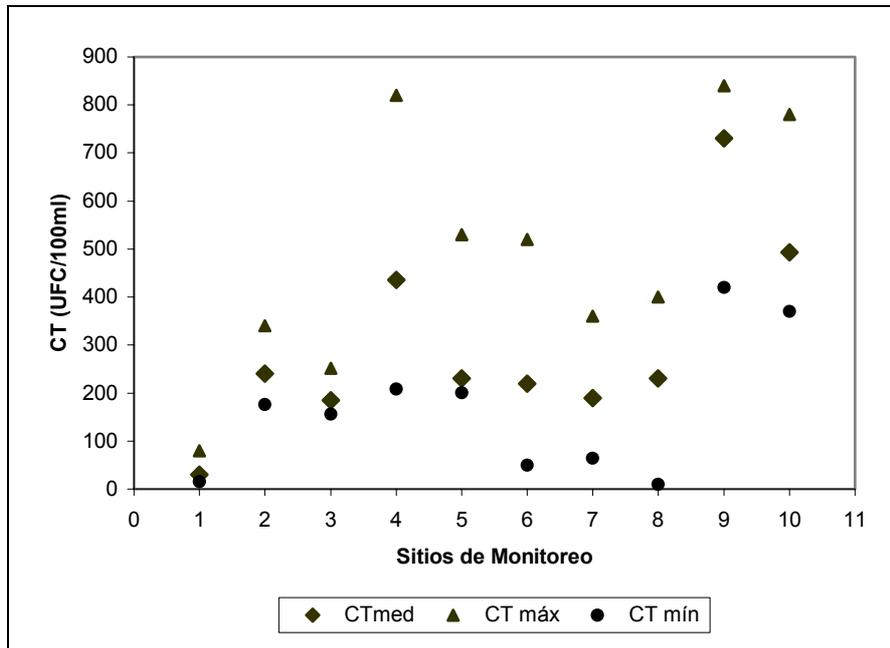


Gráfico N°2: Concentración de los iones NO_3^- , NO_2^- y NH_4^+ en el río Del Valle.

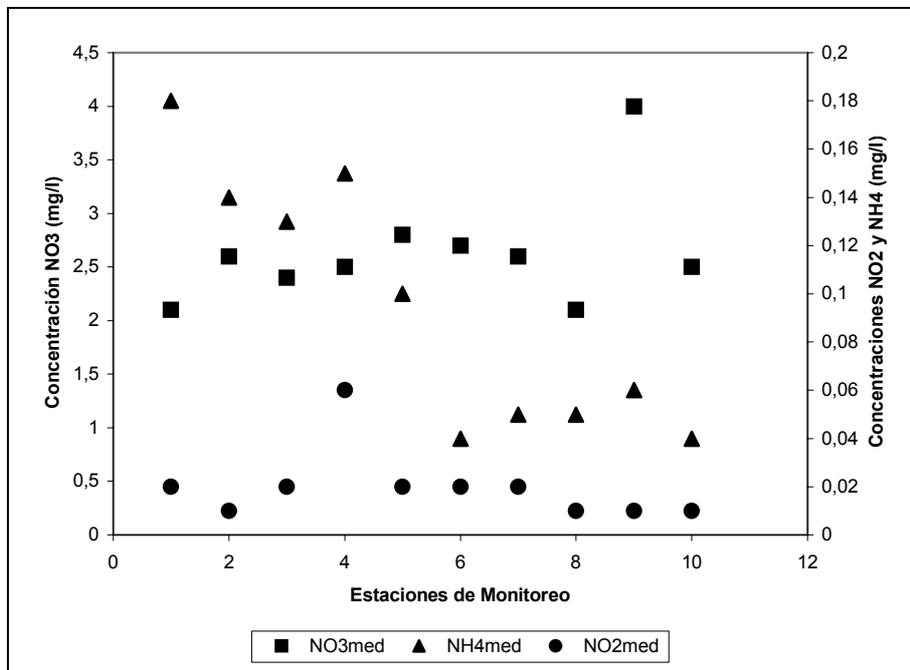


Gráfico N° 3: Variación de la concentración de OC en el río Del Valle.

