Estudio Bacteriológico de Aguas Superficiales de Tafi del Valle, Provincia de Tucumán

Anduni, G.[1]; Orosco, E.[1]; Pourrieux, J.[3]; González, M. del C.[3]; Guerrero, A.[1]; Gusils, C.[2] y Cárdenas, G.[1]

1: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Av Williams Cross 3150 Tucumán;
2: CONICET;
3: Dirección Recursos Hídricos (Tucumán)

Bacteriologic Study of Surface Water as Tafi del Valle, Province of Tucuman

Abstract

We evaluated the bacteriological quality of surface water samples from rivers in the basin Tafí Valle, Tucumán. Any determination of indicator microorganisms of pollution was made using techniques official. The average values for each of the parameters were evaluated: 284.4 Total Coliform MPN/100 ml; Faecal coliforms 50.2 MPN/100 ml; E. 21.8 cfu/100 ml coli and P. aeruginosa, 2.9 cfu/100 ml. Results were compared with the period 2005-2006. In general the bacteriological quality of surface water evaluated (according to international criteria) was good.

Key Words: rivers, microorganisms, quality.

Resumen

Se evaluó la calidad bacteriológica de muestras de aguas superficiales provenientes de ríos de la cuenca Tafí del Valle, Tucumán. Las determinaciones de microorganismos indicadores de contaminación se efectuaron empleando técnicas oficiales. Los valores promedio para cada uno de los parámetros evaluados fueron: Coliformes Totales 284,4 NMP/100 ml; Coliformes Fecales 50,2 NMP/100 ml; *E. coli* 21,8 UFC/100 ml y *P. aeuroginosa*, 2,9 UFC/100 ml. Se compararon los resultados con el periodo 2005-2006. En general la calidad bacteriológica de las aguas superficiales evaluadas (según criterios internacionales) fue buena.

Palabras clave: Ríos; Microorganismos; Calidad.

Introducción

Los ecosistemas, vistos como un conjunto de elementos bióticos y abióticos que interaccionan en un espacio y tiempo determinados, transforman la materia y la energía disponibles en el ambiente, mediante procesos funcionales en los que el agua juega un papel importante. El agua está tan íntimamente ligada a los procesos funcionales del ecosistema, que su uso y manejo conlleva, forzosamente, a ver el ecosistema en su conjunto como el objeto de explotación y conservación: el manejo sustentable del agua tiene implícito uno semejante del ecosistema. La severa transformación y deterioro de los ambientes, evidencian una falta de esta concepción ecosistémica en los esquemas de uso y conservación del agua, lo que exacerba a diario los serios problemas de escasez y contaminación del recurso. Es indispensable incorporar criterios de manejo y conservación de ecosistemas naturales en las políticas y programas de manejo del agua en el país, si se quiere asegurar su disponibilidad en las cantidades, los tiempos y la calidad con la que la población requiere.

La cantidad, variaciones y regularidad de las aguas de un río son de enorme importancia para las plantas, animales y personas que viven a lo largo de su curso. Los ríos y sus llanuras de inundación sostienen diversos y valiosos ecosistemas, no sólo por la capacidad del agua dulce para permitir la vida sino también por las abundantes plantas e insectos que mantiene y que forman la base de las cadenas tróficas. Los ecosistemas de los ríos (fluviales) pueden considerarse entre los más importantes de la naturaleza y su existencia depende totalmente del régimen de los mismos. Por lo tanto, se debe tener gran cuidado para no alterar este régimen al actuar sobre el río y su cuenca, ya que una gestión poco responsable de los recursos del agua o su sobreexplotación pueden tener efectos desastrosos para el ecosistema (Chiroles, 2007).

Los ríos han sido utilizados como sumideros para los desechos de la agricultura y de la industria. Gracias a su corriente y naturaleza ecológica, los ríos son capaces de regenerarse por sí mismos al admitir cantidades asombrosas de afluentes. Sin embargo, todos los ríos tienen un límite de capacidad de asimilación de aguas residuales y fertilizantes provenientes de las tierras de cultivo. Si se supera este límite, la proliferación de bacterias,

algas y vida vegetal consumirá todo el oxígeno disuelto en el agua (eutrofización) y ahogará a insectos y peces, lo que destruye todo el ecosistema fluvial ya que se interrumpen las cadenas tróficas.

El hombre debe disponer de agua natural y limpia para proteger su salud. El agua se considera contaminada cuando su composición o estado no reúne las condiciones requeridas para los usos a los que se hubiera destinado en su estado natural. En condiciones normales disminuye la posibilidad de contraer enfermedades diarreicas; principal causa de morbimortalidad de niños de 1 a 4 años. El crecimiento de la industrialización, de la urbanización y de la población humana acrecienta los problemas de contaminación y en consecuencia el suministro de agua potable y el tratamiento de las aguas cloacales.

El agua es el elemento vital para la alimentación, higiene y actividades del ser humano, la agricultura y la industria. Por eso, las exigencias higiénicas son más rigurosas con respecto a las aguas destinadas al consumo de la población, exigencias que están siendo cada vez menos satisfechas por su contaminación, lo que reduce la cantidad y calidad del agua disponible, como también sus fuentes naturales.

El grado de contaminación microbiana de aguas superficiales está relacionado con actividades del hombre como la cría de ganado, sectores de industrialización, mala eliminación de excretas, etc. Además de estos factores, se destacan la falta de educación ambiental y de concientización de las personas en el cuidado y conservación de la calidad de agua.

Tafí del Valle es el principal centro turístico de la provincia de Tucumán, sus ríos son destinados a distintas actividades entre las que se destacan la de riego y la recreacional.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la calidad bacteriológica de muestras de aguas superficiales provenientes de ríos de la cuenca Tafí del Valle, Tucumán.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

El área de estudio es el departamento de Tafí del Valle, localizado a 2.000 metros sobre el nivel del mar en el noroeste de la provincia de Tucumán, a 108 km de San Miguel de Tucumán (capital de la provincia).

En la figura 1 se puede observar la localización del área de estudio.

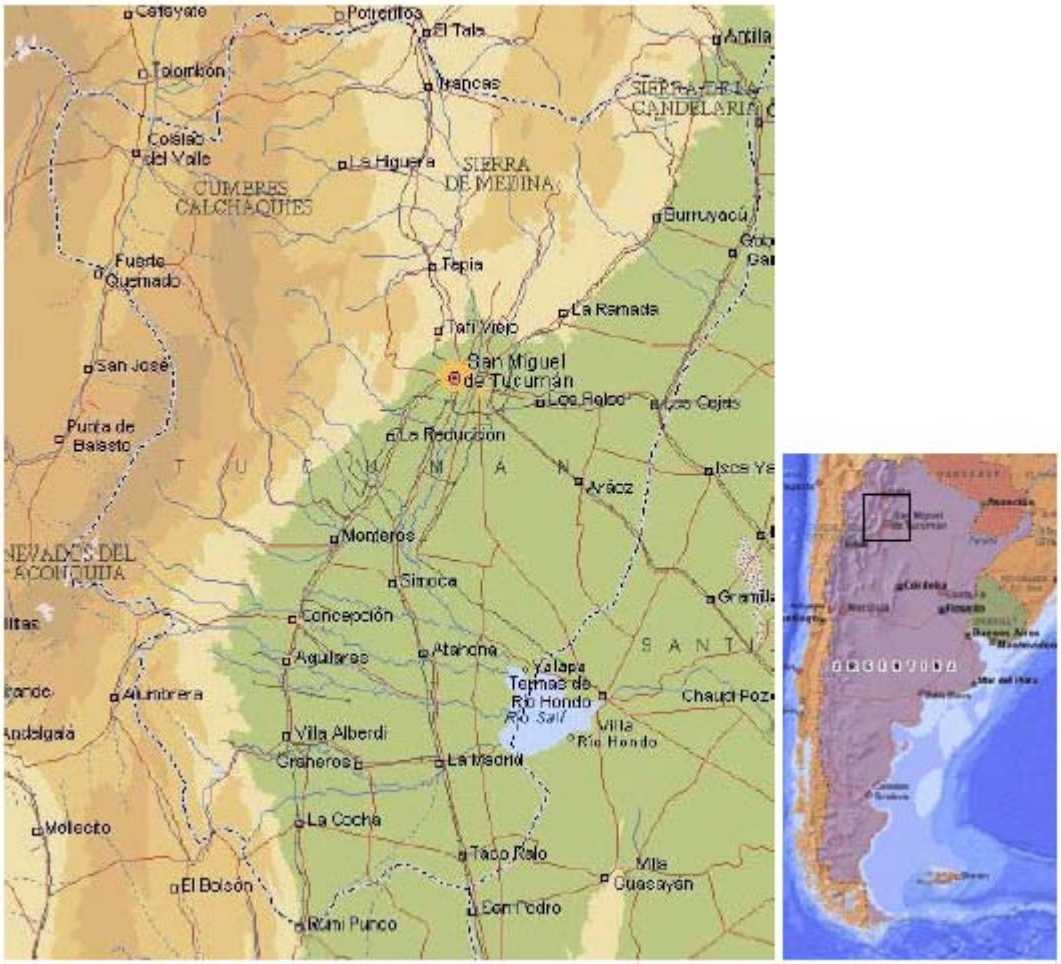

Figura 1. Área de estudio, departamento de Tafí del Valle, Tucumán, Argentina.

La hidrografía de la región, nos muestra que la altas Sierras del Aconquija y Cumbre Calchaquíes reciben del lado oriental cantidades considerables de lluvias desarrollando un rol hidrográfico muy importante, en el que se dirigen líneas al este y sudeste (Ruiz Huidobro, 1972), y adquieren mayor importancia en verano cuando las precipitaciones se ven notablemente incrementadas (Sesma, 1987). El principal colector del valle es el Río Tafí, nivel de base de casi todos los ríos que drenan la cuenca. Este río se caracteriza por presentar un recorrido noroeste (NO) – sudeste (SE), siguiendo en gran parte la dirección de la megafractura que atraviesa el valle. El valle se extiende entre el Infiernillo y la Angostura (Ruiz Huidobro, 1972). Los principales ríos que concurren a la formación del río Tafí son: Blanco; Muñoz (después del Río Las Carreras) y el Mollar. El río Tafí, junto con el río el Mollar, se juntan en el dique la Angostura. A la salida del dique, sigue por la Quebrada de los Sosa con el nombre río Angostura o "Los Sosa".

Tafí del Valle se caracteriza por poseer un clima semiárido con marcadas amplitudes térmicas y precipitaciones estivales (Sesma, 1987).

En cuanto al régimen pluvial, en las zonas bajas oscila en los 400 mm^3 anuales, aumentando dicho valor hacia las áreas cumbrales donde alcanza valores cercanos a 550 mm^3 anuales. Este valor pluviométrico está favorecido por la especial orientación del Valle que permite el acceso de vientos húmedos provenientes del SE.

Criterios de selección y puntos de muestreo

Para realizar el estudio se decidió analizar los mismos sitios de muestreos analizados durante el 2005 y primer semestre del 2006, basándonos principalmente en accesibilidad, ubicación de asentamiento humano, y actividades del hombre: agropecuarias, industrias y recreación.

Entre el segundo semestre de 2006 y primer semestre de 2007 se analizaron mensualmente 12 puntos correspondientes a cuencas altas y bajas de diferentes sistemas: Aliso, Muñoz, Ovejería; como así también de los ríos Mollar, Tafí y Los Sosa (Figura 2).

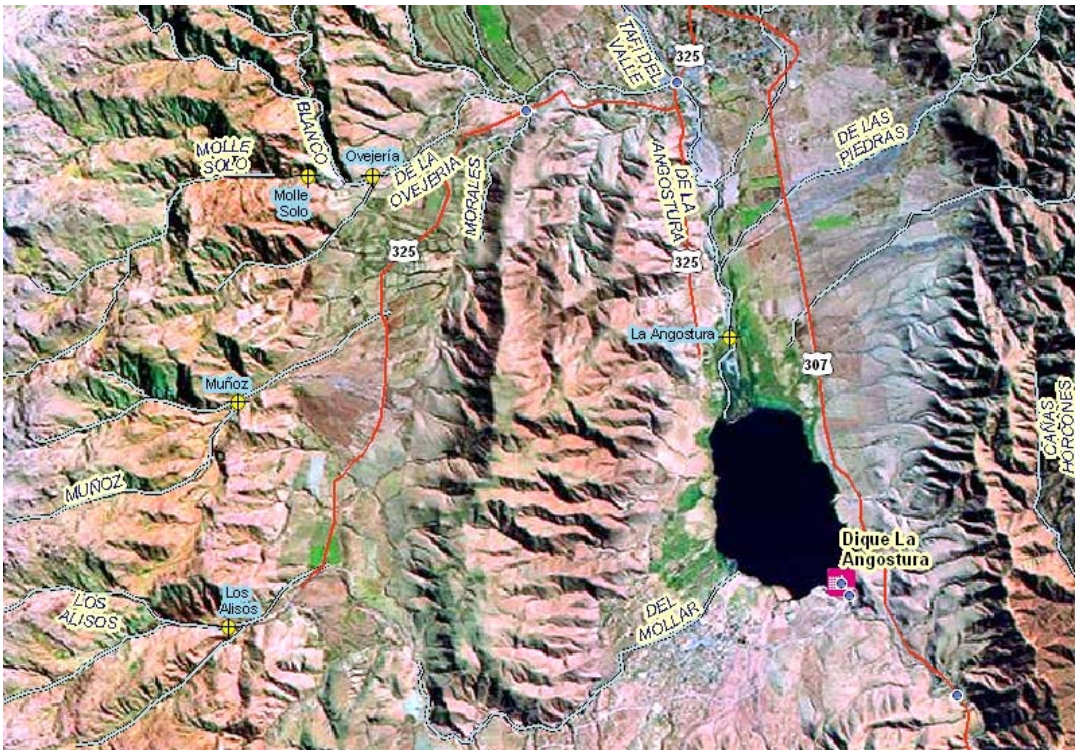

Figura 2. Localización de los puntos seleccionados para realizar el muestreo.

Análisis de laboratorio

Se derivaron las muestras al laboratorio en las condiciones adecuadas de muestreo y transporte, para su análisis microbiológico: NMP de coliformes totales (NMP CT), NMP de coliformes fecales (NMP CF), Recuento de *Escherichia coli* (*E. coli*) y Recuento de *Pseudomonas aerugi*nosa (*P. aeruginosa*), siguiendo las directrices de American Public Health Association (APHA, 2005).

Resultados

Durante el segundo semestre de 2006 y el primer semestre de 2007 se tomaron un total de 176 muestras. Del análisis global de las mismas, se observó que en un alto porcentaje de las mismas se detectó la presencia de microorganismos coliformes totales, con una menor proporción para coliformes fecales y *E. coli* (Figura 3).

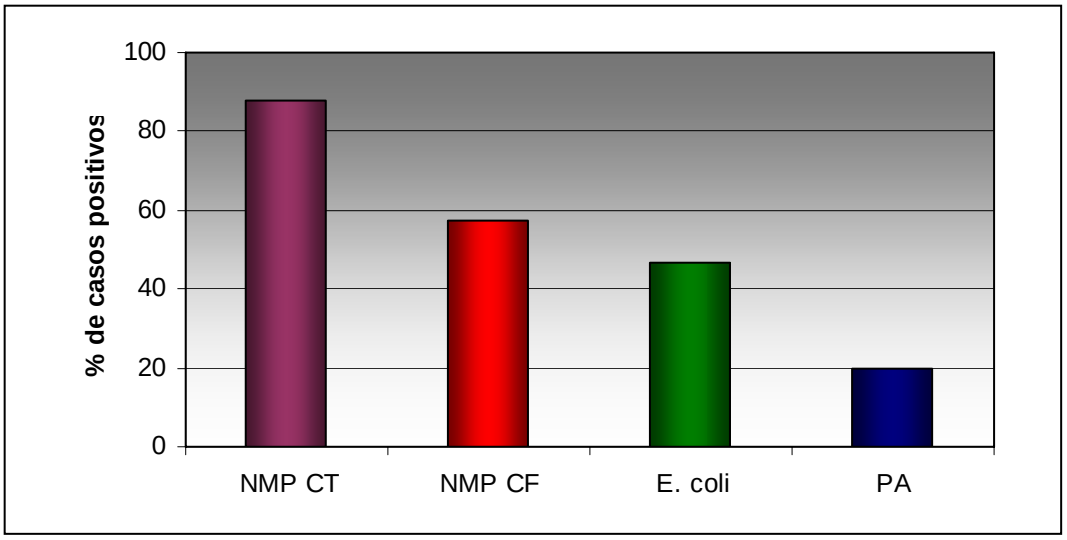

Figura 3. Porcentaje de presencia de los microorganismos detectados en la totalidad de las muestras. (*n*= 176)

Para poder evaluar la calidad de los ríos en sus diferentes usos, se realizó la cuantificación de los microorganismos indicadores.

En una primera etapa, estudiamos el perfil de detección de bacterias coliformes en los diferentes sistemas, teniendo en cuneta los sitios de muestreos (cuenca alta y baja de cada uno). Los resultados obtenidos nos permiten evaluar el grado de contaminación que sufren las aguas de los ríos, principalmente en los sitios de muestreos pertenecientes a las cuencas bajas de cada sistema en estudio (Figura 4). Cabe destacar que aunque en esta figura se presentan los resultados obtenidos en el estudio de la presencia de bacterias coliformes fecales, se obtuvieron perfiles similares para bacterias coliformes totales y para *E. coli*.

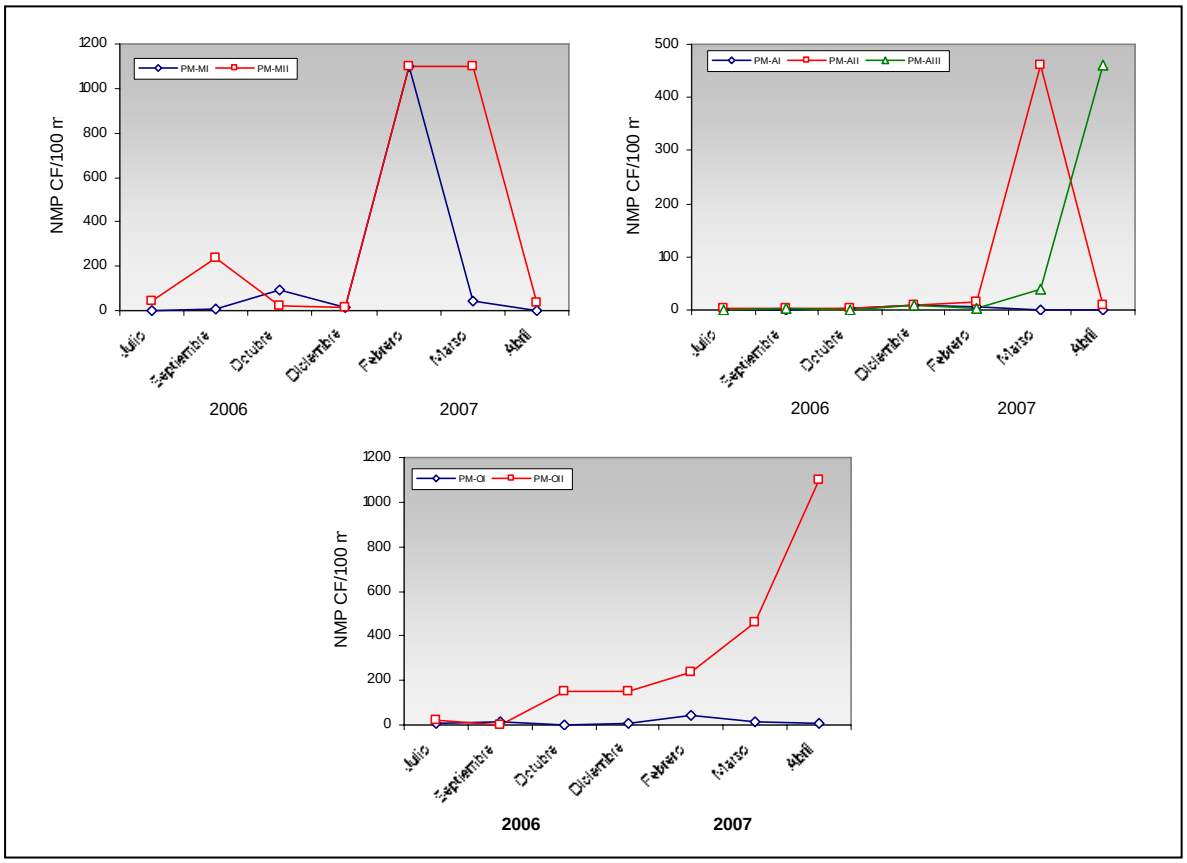

Figura 4. Detección de coliformes fecales en aguas de ríos de los sistemas: A) Muñoz, B) Alisos; C) Ovejería en diferentes sitios de muestreos de cuencas altas (PM-I) y bajas (PM-II y III)

Como mencionamos anteriormente, todos estos sistemas vuelcan sus caudales de aguas al Río Tafi, el cual desemboca en el Dique La Angostura. Entonces, el grado de contaminación de los ríos de la cuenca de Tafi del Valle influye directamente sobre la calidad hídrica del dique, lugar turístico empleado para la pesca, recreación, etc. Para analizar la capacidad de depuración microbiológica por parte del dique, se decidió estudiar la calidad de agua que sale del mismo, analizando dos puntos de muestreo del río Los Sosa, el cual nace a partir de este dique. En la figura 5, podemos observar que se producen dos incrementos significativos del recuento de coliformes fecales durante los meses correspondientes a períodos de vacaciones, tanto de invierno como verano, por lo que podríamos asociar que la actividad del hombre podría estar afectando directamente la calidad microbiológica del agua proveniente del dique. Comparando los valores obtenidos entre los dos puntos de muestreos

de este río podemos decir que el mismo tiene una buena capacidad de depuración de la muestra, basados principalmente en la disminución de la detección de microorganismos indicadores (Figura 5).

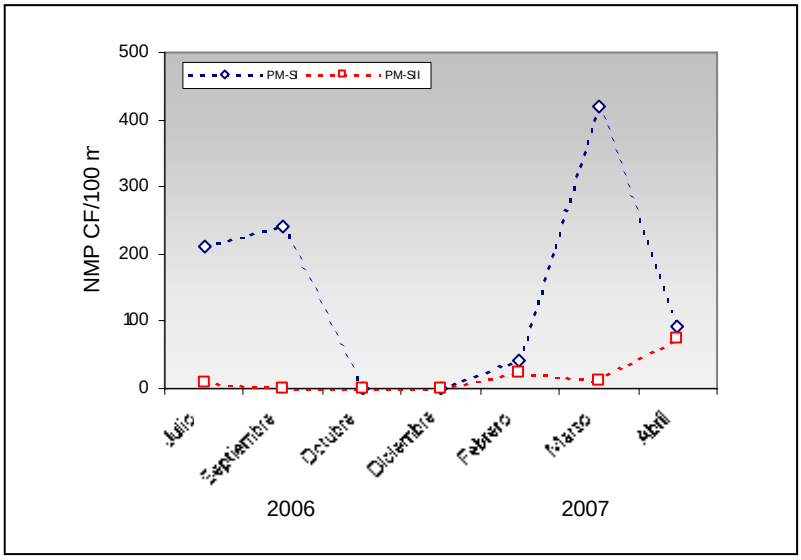

Figura 5. Estudio de la capacidad de depuración del río Los Sosa, cuenca alta (PM-SI) y baja (PM-SII).

Para realizar un estudio comparativo entre los dos períodos (segundo semestre de 2006 y primer semestre de 2007), se analizaron los valores promedios del recuento de microorganismos indicadores. Podemos observar que la calidad microbiológica de los ríos y sistemas estudiados se vio más afectada durante el 1° semestre del 2007, con excepción de la detección de coliformes totales para el río Los Sosa, y *P. aeruginosa* para este río y para el sistema Ovejería). Las principales causas de esto se debería a que el estudio realizado en el período correspondiente al año 2007, abarca los meses correspondientes a vacaciones de verano en nuestro país, lo que lleva a un aumento significativo de la población en el valle, y por consiguiente un incremento en la contaminación de las aguas (Figura 6).

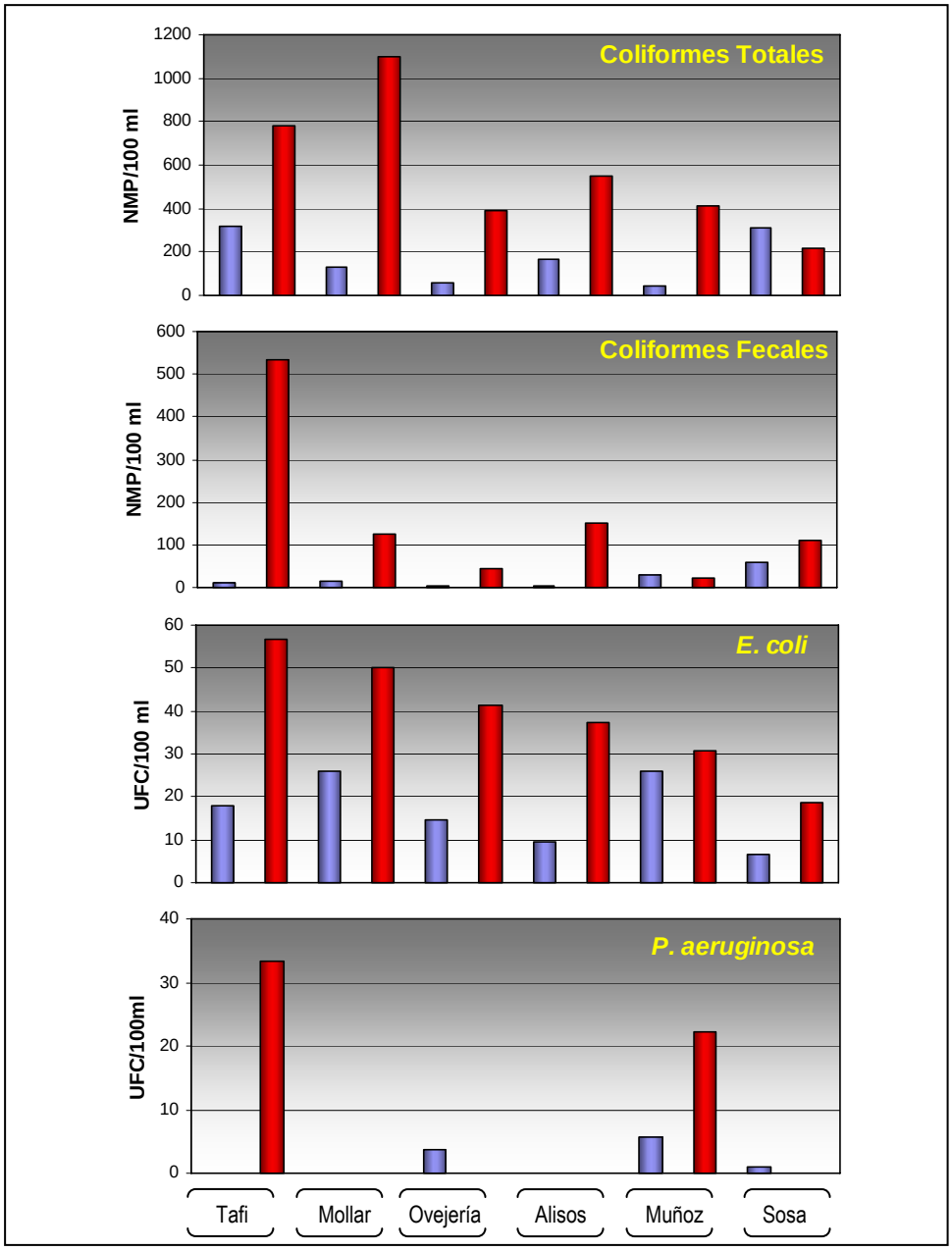

Figura 6. Valores promedios de microorganismos indicadores obtenidos durante muestreos realizados en el 2° semestre de 2006 (■) y el 1° semestre de 2007 (■).

La concentración de bacterias indicadoras ha sido usada por décadas para evaluar la seguridad de las aguas de ríos. Tales bacterias indicadoras no son necesariamente patógenas, pero predominan en desechos de origen humano donde es probable que existan organismos patógenos, como por ejemplo los virus. Además se ha demostrado que existe una correlación entre los niveles

de las mismas en aguas de baño y la incidencia de enfermedades en nadadores (Calderón, *et al.* 1991; Kocasoy, 1995; Pruss, 1998).

Nuestro país aún no ha establecido límites para la presencia de microorganismos indicadores de contaminación en ríos. El grupo coliformes ha sido el más comúnmente empleado como indicador del posible deterioro bacteriológico de las aguas (Folabella, 2006). Los estándares internacionales que se aplican se basan principalmente al uso que se le destina al agua (Tablas 1 a 3). Así por ejemplo, para uso recreacional, pueden ser primario cuando se destina para la natación, secundario empleada para la navegación y el desarrollo de deportes acuáticos, y terciario, principalmente para turismo desde el punto de vista paisajístico. Los límites aceptados entre los diferentes organismos varían significativamente entre sí, encontrando valores entre 126 y 10000 UFC/100 ml de microorganismos coliformes. Teniendo en cuenta estos límites, podemos decir que solamente el río Tafí en el primer semestre de 2007, presenta valores de coliformes fecales por encima de lo establecido por los países de EEUU y Costa Rica para ser usada con fines recreacionales de contacto primario (natación) (Figura 6). Esto se debería principalmente a al incremento de la población por turismo.

Organismo/ País	Uso	Microorganismo	Límite Aceptable[1]
Organización Panamericana de la Salud (OPS)	Primario	CF[2]	< 1000
Unión Europea (UE)	Primario	CF	< 2000
Agencia de Protección Ambiental de EEUU (US EPA)	Primario	*E coli*	< 126
EEUU	Primario	CF	< 200
	Secundario	CF	< 1000
Costa Rica	Primario	CF	< 500
		E coli	< 200
	Secundario	CF	< 5000
		E coli	< 2000
	Terciario	CF	< 10000
		E coli	< 5000

1: UFC/100 ml; 2: CF: Coliformes Fecales.

Tabla 1: Límites aceptables por diferentes organismos y países para el uso de agua de río con fines recreacionales.

Otro criterio desarrollado para analizar la calidad de agua de ríos fue propuesta por Mora (1998), quien evalúa la posibilidad del empleo de las aguas con fines de riego de diferentes tipos de cultivos teniendo en cuenta los niveles de coliformes fecales (Tabla 2).

Tipo de Cultivo	Promedio de Coliformes Fecales/100 ml
Riego de todo tipo de zonas verdes	≤ 100
Aspersión de cualquier cultivo comestible crudo.	≤ 100
Riego de cultivos que reciben tratamiento físico-químico antes de venderlo al consumidor.	≤ 1000
Riego de pastos para ganado y semillas.	≤ 1000

Tabla 2: Tipos de cultivos que se pueden regar dependiendo del nivel de coliformes fecales presentes en aguas.

Todos los sistemas analizados durante el segundo semestre de 2006 podrían ser utilizados para el riego de cualquier cultivo crudo o espacio verde, pero durante el primer semestre del 2007, sólo los sistemas Muños y Ovejería podrían ser utilizados para tales fines, el resto de los sistemas se lo debería destinar para el riego de pasto para el ganado y semillas y/o para cultivos que antes de ser consumidos reciben algún tratamiento físico-químico (Figura 6).
También la calidad del agua proveniente de ríos podemos clasificarla según los niveles de coliformes fecales presentes en las mismas (Tabla 3).

Criterio	Calidad			
	Excelente	Buena	Regular	Mala
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	< 20	20-1500	1501-6000	> 6000

Tabla 3: Evaluación de la calidad de agua proveniente de ríos teniendo en cuenta los niveles de coliformes fecales.

Según este criterio, los ríos Tafí, Mollar y los que forman los sistemas de Ovejería y Alisos fueron de excelente calidad, mientras que el río Los Sosa y los del sistema Muñoz se los podrían clasificar dentro del nivel de buena calidad. En cuanto al primer semestre de 2007, todos los ríos estudiados presentan una calidad "buena" ya que los valores de coliformes detectados se encontrarían por debajo de lo establecido (Figura 6).

Aún cuando los niveles de microorganismos indicadores encontrados en la mayoría de las muestras de aguas analizadas presentan un perfil muy similar a los encontrados en un estudio anterior realizado (Gusils *et al.*, 2006) durante el segundo semestre de 2005 y el primer semestre de 2006 en los mismos sitios de muestreos, los valores obtenidos en el período 2006-2007 fueron menores a los encontrados anteriormente.

Conclusiones

Si bien un alto porcentaje de las muestras analizadas presentaron Coliformes Totales, Fecales y *E. coli*, los cuales son los indicadores de contaminación bacteriológica mas ampliamente usados por los estándares internacionales, su valores fueron bajos. Esto nos permite clasificar según dichos criterios, a las aguas de la región de Tafí del Valle como aptas para ser usadas con fines de recreación, riego y potabilización.

Se obtuvieron perfiles de microorganismos indicadores similares, pero con valores menores, a los obtenidos en un trabajo realizado entre 2005 y 2006

Bibliografía

American Public Health Association. 2005. Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21 ed. Washington, DC: APHA.

Calderón RL, Mood EW, & Dufour AP. 1991. Health effects of swimmers and nonpoint sources of contaminated water. Int. J. Environ. Health Res., 1: 21–31.

Chiroles Rubalcaba S., M. I. González González, T. Torres Rojas, M. Valdés Águila, I. Domínguez Martínez. 2007. Bacterias indicadoras de contaminación fecal en aguas del río Almendares (Cuba) *Hig. Sanid. Ambient.* **7:** 222-227.

Folabella A.M., A.H. Escalante, A. Deza, J.I. Pérez Guzzi y A.S. Zamora. 2006. 1° Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua. Córdoba -Argentina.

Gusils C., Anduni G., Vannini V., Pourrieux J., Montalbán U. González M.C., Ruíz M., Cárdenas G. 2006. Calidad Microbiológica de aguas superficiales de Taif del Balle (Tucumán). RIAT

Hederra R. 1996. Manual de Vigilancia Sanitaria. Serie HSP-UNI/Manuales Operativos PALTEX Organización Pan. de la Salud, Washington.

Huidobro, R. (1972). "Descripción Geológica de la Hoja 11-e Santa María. Provincia de Catamarca y Tucumán". Boletín No. 134 de la Dirección Nacional de Minería. Bs. As., Argentina.

Kocasoy G. 1995. Waterborne disease incidences in the mediterranean region as a function of microbial pollution and T90. Wat. Sci. Tech., 32: 257-266.

Mora D. 1998. Actualización de los criterios microbiológicos para evaluar las aguas en sus diferentes usos- Periodo 1998 – CR. San José, Costa Rica. Revista Costarricense de Salud Publica, año 7, # 13.

Pruss A. 1998. Review of epidemiological study on health effects from exposure to recreational water. Int. J. Epidemiol., 27: 1-9.

Sesma P. 1987. Geología y geomorfología del valle de Tafí, Tafí del Valle, Tucumán. Fac. de Ciencias Naturales, U.N.T. Seminario Inédito