

URL: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/index>

CORREO ELECTRÓNICO: [universidadendialogo@una.cr](mailto:universidadendialogo@una.cr)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/udre.12-1.5>

# Calidad de agua del sistema de potabilización de una comunidad de alta montaña en el marco de las prácticas sociales educativas

## Evaluation of the Quality of a Clean Water System within the Framework of Social Educative Practices in a High-Mountain Community

*Marcela F. Medina*

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

[marcela.medina@fbqf.unt.edu.ar](mailto:marcela.medina@fbqf.unt.edu.ar)

*Mónica I. Rodríguez*

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

[monica.rodriguez@fbqf.unt.edu.ar](mailto:monica.rodriguez@fbqf.unt.edu.ar)

*María S. Vera*

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

[susanitav6@hotmail.com](mailto:susanitav6@hotmail.com)

*Gerardo R. Argañaraz*

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

[grauntra@gmail.com](mailto:grauntra@gmail.com)

*Leandro I. Busellato*

Universidad Nacional de Tucumán

Argentina

[ivan.buse@gmail.com](mailto:ivan.buse@gmail.com)

.....  
*María C. Bellido*  
Universidad Nacional de Tucumán  
Argentina  
[mceccilia.bellido@gmail.com](mailto:mceccilia.bellido@gmail.com)

*Gladys M. Torres*  
Universidad Tecnológica Nacional-FRT  
Argentina  
[mabeltorres.utnfrt@gmail.com](mailto:mabeltorres.utnfrt@gmail.com)

*María C. Torres<sup>1</sup>*  
Universidad Nacional de Tucumán  
Argentina  
[maria.torres@fbqf.unt.edu.ar](mailto:maria.torres@fbqf.unt.edu.ar)

Recibido:08/04/20210 • Aceptado:05/08/2021

**Resumen.** Siendo en las universidades argentinas un tema de agenda la implementación de la curricularización de actividades de extensión, nuestro grupo de trabajo, que tiene dos décadas de experiencia como docentes investigadores/ investigadoras extensionistas de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia (FBQF)-Universidad Nacional de Tucumán (UNT), enfatiza el valor formativo de las actividades realizadas por los y las estudiantes en el marco de proyectos de extensión. Es por ello que nos sumamos a la implementación del abordaje de temas disciplinares como experiencias en contexto.

Nuestro trabajo pretende dar inicio a la curricularización de actividades extensionistas de estudiantes mediante el desarrollo de prácticas sociales educativas (PSE) en una comunidad de alta montaña. La localidad de Las Carreras, ubicada en Tafi del Valle, Tucumán, Argentina es el ámbito de desarrollo de las PSE, donde se evaluó la calidad de agua del sistema de potabilización que abastece a 122 familias de la comunidad. Se emplearon metodologías de investigación experimental para el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua durante cuatro campañas en el segundo semestre del año 2018. La información se obtuvo de tres sitios de muestreo denominados punto 1 (Río Los Alisos), punto 2 (decantador) y punto 3 (grifo del patio de la Escuela N.º 22). Los resultados mostraron, por un lado, que todos los valores de los parámetros fisicoquímicos estuvieron dentro del rango de referencia establecido

<sup>1</sup> Correspondencia a Lic. María C. Torres. Fax: 54-381-4248025. E-mail: [maria.torres@fbqf.unt.edu.ar](mailto:maria.torres@fbqf.unt.edu.ar). Ayacucho 471, (4000), Tucumán, Argentina.

por el Código Alimentario Argentino para calidad de agua potable. Por otro lado, la tendencia de los parámetros *turbidez y coliformes totales* a disminuir entre los puntos 1 y 3, lo cual pone en evidencia el buen funcionamiento del decantador y del filtro de grava y arena. Sin embargo, se pone de manifiesto la necesidad del agregado de biocida, etapa en proceso de realización, para disminuir el riesgo de patologías hídricas.

Las PSE, como estrategia pedagógica innovadora desde los espacios curriculares, contribuyen a fortalecer la formación integral de estudiantes extensionistas de la FBQF, al cumplir, en un mismo proceso, funciones de docencia, extensión e investigación, logrando contextualizar en la comunidad de Las Carreras sus conocimientos disciplinares. Así, la sinergia entre lo académico y lo social tiene el sentido de retroalimentarse constantemente partiendo del supuesto de que la universidad es parte de una sociedad.

**Palabras clave:** alta montaña, calidad de agua, prácticas sociales educativas, río Los Alisos, sistema de potabilización

**Abstract.** Currently, the extension activities as part of the university program are the focus of Argentina's Universities. Our group in the Faculty of Biochemistry, Chemistry, and Pharmacy has been working on this topic for more than two decades. We have emphasized that the students learn in extension activities across different extension projects.

Our work seeks to begin the incorporation of extension activities in the mandatory program of each faculty career through the development of social educative practices (SEP) in Las Carreras, a little town in Tafi del Valle (Tucumán, Argentina), a high-mountain community.

In this place, the quality of the safe water system was evaluated; this system provides drinking water to 122 families.

Experimental research methodologies were used to monitor physicochemical and microbiological water parameters. The samples were taken in 4 successive campaigns during 2018. Samples were taken at 3 different points: (1) The Alisos river, (2) the decanter, and (3) the water tap of the School N° 22. The results showed that the physicochemical parameters were within the reference range of the Argentinian Food Code. Likewise, the microbiological parameters showed that the decanter and the filter of water worked well. However, the results revealed the necessity of adding biocide compounds to prevent some pathologies. The SEP, as pedagogical and innovative strategies, can contribute to the integral formation of the students in the faculty. They can perform different functions in the same activity: teaching, extension, and investigation. The synergy between the academic and social activities shows that the university is part of society.

**Keywords:** clean water, high-mountain, social formative practice, The Alisos river, water quality

---

## Introducción

Para afrontar el desafío de abordar desde la educación universitaria la problemática del agua se implementaron prácticas sociales educativas (PSE) a partir de la ejecución de proyectos que eligen a la educación ambiental como eje transversal de desarrollo. En los proyectos participan docentes investigadores/as extensionistas de las cátedras de Química Inorgánica, Física II, Biología y Química Tecnológica de la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia (FBQF) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), estudiantes y no docentes de la FBQF-UNT, junto a docentes de otras áreas del conocimiento (Ingeniería, Geología e Historia) y otras universidades.

Para poner en marcha las PSE es importante conocer los aportes disciplinarios de las cátedras a los proyectos extensionistas y viceversa. Así, se logra contextualizar los conocimientos curriculares a través de un mismo proceso que requiere articular funciones de docencia, aprendizaje e investigación.

Las distintas asignaturas brindan como aportes curriculares: a) los recursos conceptuales y metodológicos necesarios para diagnosticar, intervenir e investigar la problemática planteada, b) las actividades experimentales empleando métodos, técnicas y manejo de instrumental de laboratorio y c) la capacidad crítica para la resolución de los problemas básicos de la vida, poniendo especial énfasis en la relación organismo-ambiente.

Además, la ejecución de los proyectos brinda la posibilidad de trabajar con equipos interdisciplinarios e intersectoriales sobre una problemática concreta y vincular la problemática de la comunidad en estudio con el conocimiento y el ejercicio de la futura profesión del estudiantado universitario.

Los proyectos que desarrollamos están orientados a la problemática del agua como una de las demandas y necesidades de una población vulnerable de alta montaña. El agua constituye un recurso vital, por lo tanto, valorar la calidad del agua puede ser entendido como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles.

La disponibilidad, distribución y degradación del agua es variable en la Cuenca Salí-Dulce de Argentina. Distintos informes sobre parámetros físicos, químicos y biológicos del agua en la región superior de dicha cuenca indican, como denominador común, que el agua no es apta para el consumo humano (Seeligmann, 1999; Seeligmann et al., 2001; Fernández et al., 2002; Isasmendi et al., 2007; Seeligmann y Tracanna, 2009; Anduni et al., 2010; D'Urso et al., 2013).

Por lo tanto, el agua que será fuente de abastecimiento para una población deberá pasar por una serie de procesos, cuya finalidad es transformar el agua cruda en agua potable, libre de patógenos e impurezas y estar de acuerdo con las características impuestas por las normas vigentes (OMS, 2018).

En relación con el marco legal, existen normativas en la Reforma Constitucional de la República Argentina (año 1994) que regulan el ambiente, y en particular el uso y la gestión del agua. Otras normativas están expresadas en el capítulo XII del Código Alimentario Argentino (CAA), que incluye los niveles guía de diversas sustancias presentes en el agua. Se trata de un reglamento técnico, cuya última actualización vigente corresponde a abril de 2020.

La Asamblea General de las Naciones Unidas, en el 2015, adoptó la Agenda 2030, siendo uno de sus objetivos para el desarrollo sostenible (ODS 6): “Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos”. Sin embargo, aún son muchas las comunidades que carecen de acceso fiable a este recurso, como la comunidad de Las Carreras, contexto de trabajo de nuestros proyectos.

La localidad de Las Carreras está ubicada a 2400 msnm en el Departamento de Tafi del Valle, provincia de Tucumán (Argentina), con una población residente de 122 familias. El 80 % de la población residente pertenece a comunidades originarias, principalmente la etnia diaguita calchaquí, que ve afectados sus derechos y que lucha por la reivindicación de los mismos. Sus fuentes naturales de agua se encuentran actualmente disminuidas o contaminadas por acciones antrópicas, situación en directa contradicción con su cosmovisión de los ecosistemas (Svampa, 2010).

El agua que consume la población de Las Carreras proviene del río Los Alisos (Cuenca Salí-Dulce), que circula con dirección oeste-este. Está ubicado al sur del río Muñoz y es el afluente norte del río El Mollar, que descarga sus aguas en el dique La Angostura (Sejenovich et al., 2014). El régimen hidrológico es de tipo torrencial, sin llegar a secarse durante el año, con caudales menores durante el invierno y mayores durante el verano, con frecuentes crecidas.

La gestión del agua para consumo humano en la localidad de Las Carreras tiene sus inicios en el año 2008 con la construcción, por parte del Programa de Servicios Agrícolas Provinciales (Prosap), de una estructura de captación de agua del río Los Alisos, con sus módulos auxiliares para beneficio agrario.

A fines del año 2016, dicha estructura de captación fue aprovechada para implementar un sistema de potabilización, el cual fue gestionado a través de subsidios otorgados a la UNT y a la Fundación Educación y Calidad de Vida (Feducavi). Se diseñó y construyó un decantador, una cámara de cloración, se instalaron cañerías de polietileno de alta densidad (PEAD) y tanques de agua domiciliarios.

Nuestro equipo lleva a cabo las PSE en Las Carreras para monitorear la calidad de agua del sistema de potabilización, considerando que el tratamiento del agua para consumo humano implica un conjunto de operaciones unitarias y el agregado de productos químicos.

## Metodología

El desarrollo de las PSE se asocia a proyectos de investigación-extensión para el periodo 2017-2021:

- i) Proyecto de Extensión Universidad, Cultura y Sociedad, 2017 (EU35-UNT9094): Autogestión del agua para la comunidad de Las Carreras (período 2017-2018)
- ii) Proyecto de Investigación de la Universidad Nacional de Tucumán (PIUNT- 26D/634): Interrelación ambiente-salud en comunidades de Tafi del Valle, Tucumán. Uso de índices para la gestión de recursos naturales (período 2018-2021)
- iii) Proyecto Universidades Socialmente Comprometidas (USC): Las prácticas sociales educativas en comunidades de alta montaña (2018)
- iv) Proyecto de Extensión, Secretaría de Extensión Universitaria-UNT: Prácticas sociales educativas en territorio, como estrategia pedagógica innovadora desde los espacios curriculares (2019)

Mediante una metodología de investigación experimental se determinaron parámetros físicos, químicos y biológicos del agua, teniendo en cuenta que un objetivo común de dichos proyectos es la evaluación del sistema de potabilización de agua que abastece a la comunidad de Las Carreras.

Entre las actividades desarrolladas en el Laboratorio de Química Inorgánica de la FBQF, se destaca la integración de conocimientos curriculares con la problemática del agua de la zona. Las actividades fueron coordinadas por un grupo interdisciplinario de profesionales participantes de los proyectos de investigación-extensión.

Se realizaron: a) tres talleres introductorios donde se nivelaron contenidos teóricos generales y se realizaron prácticas de laboratorio en las que se

seleccionaron y se aplicaron los métodos y las técnicas elegidas para el análisis de la calidad del agua, b) cuatro talleres de preparación de muestreo de agua para análisis *in situ* y en laboratorio. Además, se confeccionaron las hojas de campo para la recolección de los datos, c) análisis de parámetros fisicoquímicos de treinta y seis muestras de agua y d) cuatro seminarios donde se plantearon distintas temáticas en relación con el sistema de potabilización y con los parámetros fisicoquímicos. En todas las actividades se motivó a los y las dieciocho estudiantes extensionistas a involucrarse en las PSE.

### **Criterios de selección y descripción de puntos de muestreo**

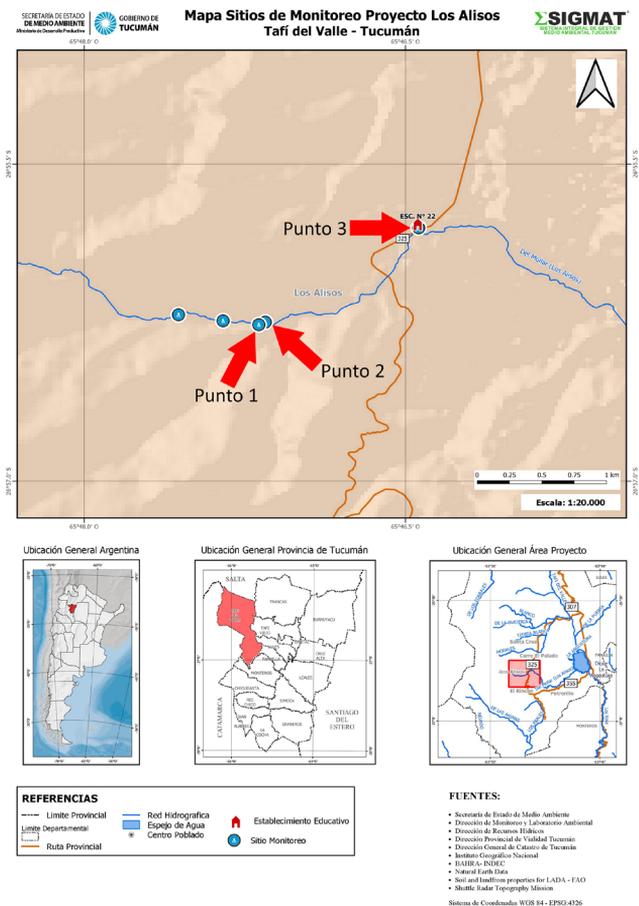
Se realizó la exploración de la zona de estudio tomando como punto de partida y sede la Escuela N.º 22 de Las Carreras y recorriendo río arriba el río Los Alisos desde la toma de agua.

Con la finalidad de controlar la eficiencia del sistema de potabilización de agua, se seleccionaron puntos de muestreo de acuerdo al Protocolo de Monitoreo de Calidad de Agua (Barreto, 2010), teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- a- Identificación: el punto de muestreo, debe ser identificado y reconocido claramente, de manera que permita su ubicación exacta. De preferencia, los puntos deberán ser presentados en mapas y en coordenadas mediante sistemas de posicionamiento geográfico.
- b- Accesibilidad: las características del punto deben permitir un rápido y seguro acceso para tomar la muestra y no debe implicar riesgo para el operador.
- c- Representatividad: se debe elegir un tramo regular, accesible y uniforme del río u otra fuente. Se debe evitar zonas de turbulencias no características del cuerpo de agua. Es importante considerar la referencia para la ubicación de un punto de monitoreo pudiendo ser un puente, una roca grande, entre otros.

Tomando como base estos criterios, se eligieron tres puntos de muestreo designados como punto 1: río Los Alisos, punto 2: decantador y punto 3: grifo del patio de la Escuela N.º 22. La ubicación y distribución de los sitios seleccionados en la localidad de Las Carreras fue georeferenciada (latitud y longitud) mediante el Sistema Integral de Gestión Medio Ambiental Tucumán (SIGMAT®) de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente de la provincia de Tucumán (SEMA), para posicionar satelitalmente su ubicación, como se indica en la Figura 1 y en la Tabla 1.

**Figura 1**  
 Ubicación geográfica de la toma de muestras de agua



*Nota.* Secretaría de Estado de Medio Ambiente - Ministerio de Desarrollo Productivo - Gobierno de Tucumán (Argentina)

**Tabla 1**  
 Ubicación y descripción de los sitios de muestreo

Sitios de muestreo	Latitud	Longitud	Descripción
Punto 1	-26° 56' 15.6"	-65° 47' 11.1"	Río Los Alisos. Inicio de la toma de agua
Punto 2	-26° 56' 14.86"	-65° 47' 9.294"	Decantador
Punto 3	-26° 55' 48.108"	-65° 46' 26.317"	Escuela N.º 22. Se utilizó el grifo del patio.

*Nota.* Elaboración propia

En el presente trabajo se informa sobre cuatro campañas realizadas en los meses de agosto, octubre, noviembre y diciembre del año 2018.

### **Toma de muestra de agua y determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas**

Para la toma de muestra de agua y determinaciones de parámetros fisicoquímicos se siguió el protocolo de muestreo para agua de consumo humano descrito por Gallo et al. (2011).

Se realizaron determinaciones *in situ* de pH y conductividad eléctrica (CE) con un equipo de sondas intercambiables Water Quality Meter kit 850086 Super Scientific®. La temperatura del ambiente y del agua se midió con termómetro de mercurio.

Para el análisis químico y microbiológico en el laboratorio se usaron las técnicas normatizadas sugeridas en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA y WPCF-2017). Se determinaron los siguientes parámetros: pH (método N.º 4500-H<sup>+</sup>), CE (método N.º 2510-B), STD (método N.º 2510-A), turbidez (método N.º 2130-B), color (método N.º 2121-B), alcalinidad (método N.º 2320-B), calcio y magnesio (métodos N.º 3500-Ca-B y N.º 3500-Mg-B), sodio y potasio (métodos N.º 3500-Na-B y N.º 3500-K-B), fosfatos (método N.º 4500-P), cloruros (método N.º 4500-Cl<sup>-</sup>-B), sulfatos (método N.º 4500-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-E), nitritos (método N.º 4500-NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-B), nitratos (método N.º 4500-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-B), amonio (método N.º 4500-NH<sub>3</sub>), cadmio, cobre, zinc, manganeso, plomo, cromo total, mercurio, níquel (método N.º 3113-B), mercurio (método N.º 3500-Hg), hierro (método N.º 3111-B), arsénico (método N.º 3114-B), dureza total (método N.º 2340-C), análisis microbiológico: coliformes totales y coliformes fecales (método N.º 9222).

### **Análisis estadístico**

Para determinar si la turbidez muestra diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal Wallis. Las comparaciones estadísticas entre las medias de las cuatro campañas realizadas entre agosto-diciembre de 2018 fueron realizadas con un nivel de confianza del 95 % ( $p < 0,05$ ).

### **Resultados y discusión**

En la comunidad de Las Carreras, el sistema de potabilización de agua actualmente tiene en funcionamiento los procesos unitarios de sedimentación

y filtración y se realiza la puesta a punto del agregado del biocida para la desinfección.

Durante esta investigación, nuestros resultados mostraron que la temperatura ambiente registrada desde agosto hasta diciembre de 2018 fue típica para el departamento de Tafi del Valle (Tablas 2, 3 y 4). La región presenta inviernos secos y veranos templados, con una temperatura media anual de 18°C (Torres, 1977; Isasmendi et al., 2007).

Los registros de temperaturas muestran que la temperatura del ambiente siempre fue mayor que la del agua. El análisis de la variación de la temperatura del agua en nuestro sistema de potabilización permite inferir que la misma se ve influenciada por el ambiente, ya que se modifica en las distintas estaciones del año, así como por las alteraciones del régimen hidrológico (Taboada, 2017).

La precisión en la predicción de la temperatura de las aguas superficiales ha tomado un renovado interés, debido a la amenaza del calentamiento global, siendo uno de los factores que tiene influencia en las características físicas, químicas y biológicas del agua (Taboada, 2017). Por ejemplo, en la solubilidad del oxígeno y de las sales, así como en las reacciones biológicas, que tienen una temperatura óptima para que ocurran.

En general, para aguas naturales, alcalinidad y pH son parámetros asociados a la presencia de iones carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ). El  $\text{HCO}_3^-$  constituye la forma química de mayor contribución a la alcalinidad y, en menor medida, el ión  $\text{CO}_3^{2-}$  (Esteves, 2011). En las Tablas 2, 3 y 4 se muestran los valores de pH obtenidos en los sitios de muestreo en las diferentes campañas; se evidencia que se mantienen ligeramente básicos y dentro del rango de referencia (6,5 a 8,5) establecido por el CAA (2020).

En relación con la alcalinidad, los valores oscilaron entre 44 y 59 mg  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$  (Tablas 2, 3 y 4). Los valores de pH más altos en el decantador (punto 2) y en el río Los Alisos (punto 1) y los más bajos en la escuela (punto 3) indicarían que la mayoría de las aguas son bicarbonatadas, ya que no superaron las 8,3 unidades de pH (Margalef, 1983). Alcalinidad y acidez controlan la capacidad de tamponamiento del agua, es decir, su capacidad para neutralizar variaciones de pH provocadas por la adición de ácidos o bases, como por ejemplo vertidos o agentes contaminantes. En nuestro sistema de potabilización, la variación que sufre el pH del agua a medida que lo atraviesa indicaría que no se incorporaron vertidos contaminantes que pudieran reflejarse a través del pH.

URL: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/index>

CORREO ELECTRÓNICO: [universidaddialogo@una.cr](mailto:universidaddialogo@una.cr)

DOI: <http://doi.org/10.15359/udre.12-1.5>

**Tabla 2**

*Parámetros de muestras de agua obtenidos en el río Los Alisos*

Punto 1 - río Los Alisos			Campañas				
	Parámetros	Unidades	28/8/2018	09/10/2018	21/11/18	10/12/18	
En campo	Temp. ambiente	°C	19	16	20	19	
	Temp. agua	°C	8,5	13,0	15,0	14,0	
	Ph	Unidades pH	8,15	8,30	8,35	8,41	
	Conductividad eléctrica	$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	87,2	95,0	97,0	87,1	
En laboratorio	Sustancias inorgánicas	SDT	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	54,06	58,90	60,14	54,00
		Color	UC	<5	<5	<5	<5
		Alcalinidad	$\text{mgCaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$	50	50	53	50
	Cationes	Calcio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	17	15	9	9
		Magnesio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	3	1	4	6
		Sodio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	5,1	4,5	5	4,5
		Potasio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2,2	2,5	2,4	2,4
	Aniones	Fosfatos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	3,1	3,1	3,1	3,1
		Cloruros	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	7	11	4	5
		Sulfatos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<5	<5	<5	<5
		Nitritos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,002	0,017	0,017	0,030
		Nitratos	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<0,5	<0,5	5	<0,5
		Amonio	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<0,013	0,024	<0,013	<0,013
	Metales pesados	Cadmio	$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	<0,2	<0,2
		Mercurio	$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	ND	ND
		Cobre	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	<0,03	ND	ND	ND
		Zinc	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	ND	ND
		Hierro	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0,10	0,15	0,13	0,16
		Manganeso	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	ND	ND
		Plomo	$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	ND	<5
Níquel		$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	<0,02	<0,02	ND	
Cromo total		$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	<1	<1	<1	
Arsénico	$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	ND	ND	ND	ND		
Análisis Microbiológico	Dureza Total		$\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$	55	41	54	48
	Coliformes totales		$\text{NMP} \cdot 100\text{mL}^{-1}$	75	75	93	93
	Coliformes fecales		$\text{NMP} \cdot 100\text{mL}^{-1}$	9	15	93	23

*Nota.* Temp., temperatura. °C, grado centígrado.  $\mu\text{S}$ , microsiemens. SDT, sólidos disueltos totales. NTU, unidad de turbidez nefelométrica. UC, unidad de color. NMP, número más probable. ND, no detectado.

**Tabla 3**

Parámetros de muestras de agua obtenidos en el decantador

Punto 2 - Decantador			Campañas				
	Parámetros	Unidades	28/8/2018	09/10/2018	21/11/18	10/12/18	
En campo	Temp. ambiente	°C	20	20	27	20	
	Temp. agua	°C	10,0	14,0	15,5	14,0	
	pH	Unidades pH	8,16	8,33	8,37	8,43	
	Conductividad eléctrica	µS.cm <sup>-1</sup>	87,4	92,4	96,6	88,6	
En laboratorio	Sustancias inorgánicas	SDT	mg.L <sup>-1</sup>	54,19	57,29	59,89	54,93
		Color	UC	<5	<5	<5	<5
		Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	42	48	48	50
	Cationes	Calcio	mg.L <sup>-1</sup>	19	13	13	13
		Magnesio	mg.L <sup>-1</sup>	3	4	4	2
		Sodio	mg.L <sup>-1</sup>	4,9	4,4	4,4	4,7
		Potasio	mg.L <sup>-1</sup>	2,2	2,5	2,5	2,4
	Aniones	Fosfatos	mg.L <sup>-1</sup>	3,1	3,1	3,1	3,1
		Cloruros	mg.L <sup>-1</sup>	4	9	4	5
		Sulfatos	mg.L <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	<5
		Nitritos	mg.L <sup>-1</sup>	<0,007	0,031	0,021	<0,015
		Nitratos	mg.L <sup>-1</sup>	1	<5	4	<0,5
	Amonio	mg.L <sup>-1</sup>	0,016	0,033	<0,013	<0,013	
	Metales pesados	Cadmio	µg .L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Mercurio	µg .L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Cobre	mg.L <sup>-1</sup>	<0,03	ND	ND	ND
		Zinc	mg.L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Hierro	mg.L <sup>-1</sup>	ND	0,15	0,21	<0,15
		Manganeso	mg.L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Plomo	µg .L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	<5
		Níquel	mg.L <sup>-1</sup>	ND	<0,02	ND	ND
		Cromo total	µg .L <sup>-1</sup>	ND	<1	<1	<1
	Arsénico	mg.L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND	
Dureza Total		mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	61	51	40	43	
Análisis Microbiológico	Coliformes fecales	NMP.100mL <sup>-1</sup>	53	50	75	75	
	Coliformes totales	NMP.100mL <sup>-1</sup>	3,6	15,0	40,0	75,0	

Nota. Temp., temperatura. °C, grado centígrado. µS, microsiemens. SDT, sólidos disueltos totales. NTU, unidad de turbidez nefelométrica. UC, unidad de color. NMP, número más probable. ND, no detectado.

URL: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/dialogo/index>

CORREO ELECTRÓNICO: [universidadendialogo@una.cr](mailto:universidadendialogo@una.cr)

DOI: <http://doi.org/10.15359/udre.12-1.5>

**Tabla 4**

Parámetros de muestras de agua obtenidos en la Escuela N.º 22

Punto 3- Escuela			Campañas				
	Parámetros	Unidades	28/8/2018	09/10/2018	21/11/18	10/12/18	
En campo	Temp. ambiente	°C	13	17	25	22	
	Temp. agua	°C	10	16	19	16	
	pH	Unidades pH	7,90	7,79	7,86	7,90	
	Conductividad eléctrica	µS.cm <sup>-1</sup>	87,5	96,2	97,0	91,6	
En laboratorio	Sustancias inorgánicas	SDT	mg.L <sup>-1</sup>	54,25	59,64	60,14	50,79
		Color	UC	<5	<5	<5	<5
		Alcalinidad	mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	44	46	59	54
	Cationes	Calcio	mg.L <sup>-1</sup>	15	10	16	13
		Magnesio	mg.L <sup>-1</sup>	3	5	3	3
		Sodio	mg.L <sup>-1</sup>	5,1	4,2	5,7	4,8
		Potasio	mg.L <sup>-1</sup>	2,2	2,5	2,7	2,8
	Aniones	Fosfatos	mg.L <sup>-1</sup>	3,1	3,1	3,1	3,1
		Cloruros	mg.L <sup>-1</sup>	9	9	4	5
		Sulfatos	mg.L <sup>-1</sup>	<5	<5	<5	<5
		Nitritos	mg.L <sup>-1</sup>	<0,007	<0,007	<0,007	0,057
		Nitratos	mg.L <sup>-1</sup>	1	<5	4	<0,5
	Amonio	mg.L <sup>-1</sup>	<0,013	0,0024	<0,013	0,018	
	Metales pesados	Cadmio	µg .L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Mercurio	µg .L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
		Cobre	mg.L <sup>-1</sup>	<0,03	ND	ND	ND
		Zinc	mg.L <sup>-1</sup>	ND	0,13	0,13	ND
		Hierro	mg.L <sup>-1</sup>	0,10	0,11	0,10	<0,08
		Manganeso	mg.L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND
Plomo		µg .L <sup>-1</sup>	ND	<5	<5	<5	
Níquel		mg.L <sup>-1</sup>	ND	<0,02	ND	ND	
Cromo total		µg .L <sup>-1</sup>	<1	<1	ND	<1	
Arsénico	mg.L <sup>-1</sup>	ND	ND	ND	ND		
Dureza Total		mgCaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	51	48	54	43	
Análisis microbiológico	Coliformes totales	NMP.100mL <sup>-1</sup>	43	43	43	23	
	Coliformes fecales	NMP.100mL <sup>-1</sup>	3,6	<3,0	23,0	9,2	

Nota. Temp., temperatura. °C, grado centígrado. µS, microsiemens. SDT, sólidos disueltos totales. NTU, unidad de turbidez nefelométrica. UC, unidad de color. NMP, número más probable. ND, no detectado.

SDT, CE y dureza total son parámetros que reflejan el grado de mineralización de las aguas y su productividad potencial. La medida de SDT es un índice de la cantidad de sustancias disueltas en el agua, y predictor de su calidad química. Los principales aniones disueltos en el agua son  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{NO}_3^-$  y los cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{NH}_4^+$ . Los valores obtenidos en el sistema de potabilización mostraron una mínima variación de 54,00 a 60,14  $\text{mg.L}^{-1}$ , siendo estos valores inferiores al valor de referencia (máximo de 1500  $\text{mg.L}^{-1}$ ) del CAA (2020) (Tablas 2, 3 y 4).

La CE se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución para conducir la corriente eléctrica y es directamente proporcional a la concentración de SDT en el agua. Este valor se obtiene multiplicando la CE ( $\mu\text{S.cm}^{-1}$ ) por un factor empírico igual a 0,62 (Rodier, 1990):

$$\text{SDT (mg.L}^{-1}\text{)} = \text{CE (}\mu\text{S.cm}^{-1}\text{)} \times 0,62$$

SDT = sólidos disueltos totales

CE = conductividad eléctrica

0,62 = factor de conversión

Los valores de CE determinados en el sistema de potabilización oscilaron entre 87,10 y 97,00  $\mu\text{S.cm}^{-1}$  (Tablas 2, 3 y 4). Estos resultados permitieron clasificar las aguas como de baja salinidad. Trabajos previos realizados en el área de estudio por Isasmendi et al. (2007), entre octubre de 2000 y 2001, informaron valores de baja salinidad para el río Los Alisos (río Las Carreras), al igual que otros ríos del Valle de Tafi (ríos Blanquito, Churqui, La Ovejería y Los Sosa), en concordancia con nuestros resultados.

La dureza total es otra forma de indicar el contenido iónico del agua, referido a la concentración total de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . La presencia de este tipo de iones en el agua suele ser de origen natural (disolución y lavado de minerales que componen suelo y rocas) y raramente antrópica. Las aguas duras forman carbonatos e hidróxidos insolubles que pueden causar problemas, al depositarse sobre tuberías y equipos generando mal funcionamiento y mayor consumo de jabón en el lavado doméstico e industrial.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define como agua blanda la que presenta concentraciones inferiores a 60  $\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$ , medianamente dura entre 61 y 120  $\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$ , dura entre 121 y 180  $\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$  y muy dura aquella con valores superiores a 180  $\text{mg CaCO}_3.\text{L}^{-1}$ .

Estudios epidemiológicos han demostrado una relación entre el agua dura y los estados de salud humana, indicando una relación positiva entre aguas muy duras y la prevalencia de litiasis renal en varias poblaciones (Medina Mussaret Zaidi et al., 2002), así como protección contra enfermedades cardiovasculares (OMS, 2018). En las muestras de agua analizadas se encontraron valores correspondientes a aguas blandas por debajo del límite máximo permitido ( $400 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$ ) por CAA (2020) para agua de consumo humano. Trabajos previos realizados en el área de estudio por D'Urso et al. (2013) informaron valores de este parámetro para el río Los Alisos, concordante con nuestros resultados.

El análisis de la composición catiónica para los meses estudiados refleja que las concentraciones de los cationes son bastante estables a lo largo del tiempo (Tablas 2, 3 y 4). Para el ion  $\text{Ca}^{2+}$  se obtuvieron valores de concentración que oscilaron entre  $9$  y  $19 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , para el ion  $\text{Mg}^{2+}$  entre  $1$  y  $6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ , para el ion  $\text{Na}^+$   $4,2$  y  $5,7 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  y para el ion  $\text{K}^+$   $2,2$  y  $2,8 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ . De acuerdo a la concentración iónica podría caracterizarse el agua en todos los puntos analizados como bicarbonatada cálcica, concordando con la composición relativa del agua dulce de los ríos de todo el mundo (Margalef, 1983).

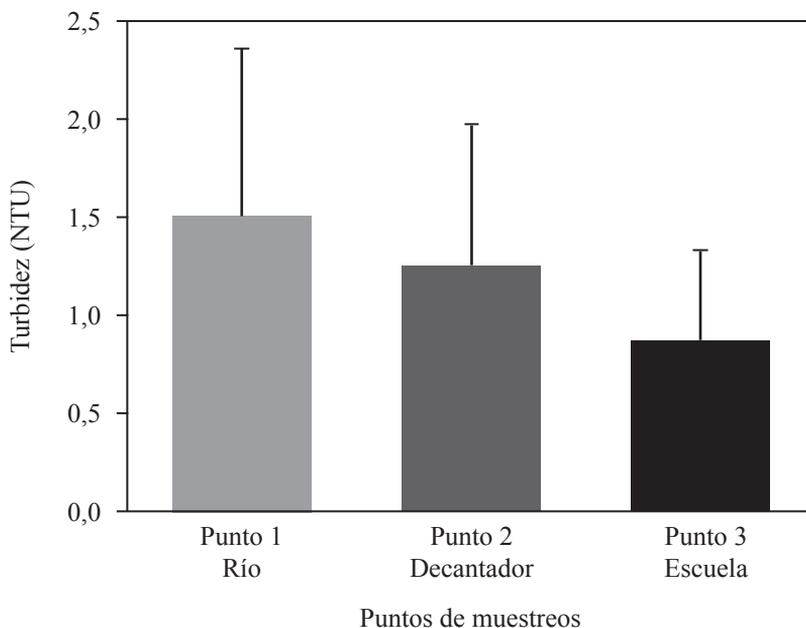
Asimismo, la composición iónica del agua concuerda con la litología de esta zona montañosa, ya que las precipitaciones no disuelven fácilmente las sales de las rocas del basamento metamórfico ni del granito (Tineo et al., 1998) y, en consecuencia, la CE es relativamente baja.

La turbidez afecta la calidad del agua e indica la presencia de sustancias inorgánicas finamente divididas, como arena, fango y arcilla, así como también de microorganismos. En las aguas naturales, la turbidez es un factor ambiental importante, ya que afecta sensiblemente al ecosistema, dado que la actividad fotosintética depende de la penetración de la luz natural.

En el sistema de potabilización de Las Carreras se evidencia que, a medida que el agua es conducida desde el río Los Alisos (punto 1) hacia la escuela (punto 3), el valor medio de la turbidez tiende a disminuir, sin observarse diferencias significativas entre los sitios de muestreo (Figura 2). Los valores obtenidos oscilaron entre  $0,39$  y  $2,50 \text{ NTU}$ , siendo más bajos que la turbiedad máxima de  $3 \text{ NTU}$  indicada por el CAA (2020). Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se decidió no adicionar en el decantador productos químicos que actúan como coagulantes y floculantes.

## Figura 2

*Turbidez del agua del sistema de potabilización de las Carreras durante 4 campañas realizadas entre agosto.diciembre de 2018*



*Nota.* Elaboración propia. Los valores representan la media ± desvío estándar

El color natural del agua es una de las propiedades organolépticas que puede alterarse por la descomposición de la materia orgánica del suelo, la presencia de Fe, Mn y otros compuestos metálicos. Si bien el color no es una medida precisa del nivel de contaminación del agua, su presencia es un indicativo de la deficiente depuración de un río o de un efluente. Todas las muestras de agua obtenidas para evaluar el sistema de potabilización de Las Carreras indicaron valores de color aceptables para consumo humano, de acuerdo al CAA (2020) (Tablas 2, 3 y 4).

La concentración de iones  $\text{PO}_4^{3-}$  en las muestras de agua del presente estudio fue constante espacial y temporalmente (Tablas 2, 3 y 4). La presencia de este anión en aguas puede deberse al uso de abonos inorgánicos con  $\text{PO}_4^{3-}$  solubles, a constituyentes naturales solubles del suelo y de minerales, así como al estiércol. La elevada solubilidad de algunas de sus sales permite que sean arrastrados fácilmente por el agua de riego y de lluvia hacia el cauce del río (Lavie et al., 2010).

Otras fuentes de iones  $\text{PO}_4^{3-}$  son los vertidos urbanos con residuos de detergentes que contienen  $\text{PO}_4^{3-}$  inorgánicos en su composición como alcalinizadores (Guarín, 2011). Sobre las consecuencias del consumo de iones  $\text{PO}_4^{3-}$  en el agua, varios estudios científicos han observado numerosas relaciones de causa-efecto entre el consumo de aguas fosfatadas y el aumento de casos de cáncer, enfermedades neurodegenerativas (Lavie et al., 2010), daño renal y osteoporosis (Guarín, 2011).

Es conocido que los iones  $\text{Cl}^-$  están presentes en las aguas naturales. En nuestro estudio, los valores obtenidos oscilaron entre 4 y 11  $\text{mg.L}^{-1}$ , siendo estos menores que el máximo permitido (350  $\text{mg.L}^{-1}$ ) por CAA (2020) (Tablas 2, 3 y 4). Estos resultados concuerdan con trabajos previos realizados en la zona de estudio por D'Urso et al. (2013), donde se informan valores de  $\text{Cl}^-$  del orden de los 2  $\text{mg.L}^{-1}$  para el río Los Alisos (río Las Carreras). Las concentraciones elevadas de este anión hacen que el agua tenga un sabor desagradable. Los umbrales de sabor del  $\text{Cl}^-$  dependen del catión asociado y son del orden de 200 a 300  $\text{mg.L}^{-1}$  para el cloruro de sodio, potasio y calcio.

Los valores de iones  $\text{SO}_4^{2-}$  obtenidos en las muestras de agua analizadas fueron constantes, encontrándose estos resultados por debajo de los límites máximos que permite el CAA (2020) para agua de consumo humano (Tablas 2, 3 y 4). En concordancia con nuestros resultados, D'Urso et al. (2013) determinaron valores bajos (3  $\text{mg.L}^{-1}$ ) de  $\text{SO}_4^{2-}$  para el río Los Alisos (río Las Carreras). La concentración de iones  $\text{SO}_4^{2-}$  en agua afecta las características organolépticas. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250  $\text{mg.L}^{-1}$ , para el sulfato de sodio, a 500  $\text{mg.L}^{-1}$ , para el sulfato de calcio (OMS, 2018), es decir, que las muestras de aguas del presente estudio no evidencian problemas en cuanto a sabor del agua, ya que la concentración reportada es  $<5 \text{ mg.L}^{-1}$ .

Los registros de los componentes nitrogenados no superaron los valores indicados por CAA (2020) a lo largo del período estudiado, lo que indicaría ausencia de aportes exógenos que afectan a las aguas naturales (Tablas 2, 3 y 4). El ion  $\text{NO}_2^-$  estuvo presente en un rango de  $<0,007$  a 0,030  $\text{mg.L}^{-1}$ , el ion  $\text{NO}_3^-$   $<0,5$  a 5  $\text{mg.L}^{-1}$  y el ion  $\text{NH}_4^+$  entre 0,0024 y 0,033  $\text{mg.L}^{-1}$ .

El monitoreo de  $\text{NO}_3^-$  permitió estudiar la contaminación ambiental de origen humano. Así, la presencia de este anión es indicativa de una posible contaminación fecal, debido a que los iones  $\text{NH}_4^+$  existentes en el efluente de los tanques sépticos se convierten rápidamente en  $\text{NO}_3^-$ . Una posible contaminación podría explicarse por procesos de filtración hacia el agua subterránea, o por escorrentía hasta llegar al cuerpo superficial más cercano, que, en ambos casos, podría usarse para abastecimiento de agua segura.

El ion  $\text{NO}_2^-$  se relaciona con el ion  $\text{NO}_3^-$  por su capacidad de oxidarse de manera natural, siendo una posible fuente de contaminación por  $\text{NO}_2^-$  la mala disposición de las aguas residuales. La OMS indica que el principal riesgo para la salud ocasionado por una elevada concentración de  $\text{NO}_3^-$  es la metahemoglobinemia, también llamada síndrome del recién nacido cianótico.

El ion  $\text{NO}_3^-$  se reduce a  $\text{NO}_2^-$  en el estómago de los y las lactantes, y el  $\text{NO}_2^-$  puede oxidar la hemoglobina a metahemoglobina, siendo incapaz de liberar el oxígeno de manera efectiva a los tejidos. La disminución del transporte de oxígeno se manifiesta clínicamente cuando la concentración de metahemoglobina alcanza o supera el 10 % de la concentración normal de hemoglobina; esta enfermedad, denominada metahemoglobinemia, produce cianosis y, en concentraciones más altas, asfixia. Otras investigaciones demostraron que la hemoglobina de los y las lactantes tiene mayor tendencia a transformarse en metahemoglobina que la de los niños y las niñas de más edad y las personas adultas (OMS, 2018).

Entre los metales pesados se incluyen elementos esenciales para la vida, como el hierro (Fe), junto con otros de gran toxicidad como el cadmio (Cd), cromo (Cr), mercurio (Hg) y plomo (Pb) (Tablas 2, 3 y 4). La presencia de estos metales en el agua puede ser de origen natural (fenómenos de erosión y abrasión de las rocas) y antrópica (minería, efluentes industriales, fertilizantes y plaguicidas e inadecuada disposición de residuos metálicos).

En las Tablas 2, 3 y 4 se muestran concentraciones de metales pesados como Cd, Hg, cobre (Cu), zinc (Zn), Fe, manganeso (Mn), Pb, níquel (Ni), cromo total y arsénico (As) encontradas en la zona en estudio. Estas concentraciones no superaron el límite máximo permitido por el CAA (2020) para agua de consumo humano.

Isasmendi et al. (2007) informaron para el río Los Alisos (río Las Carreras) concentraciones máximas encontradas para As de  $<0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ , Cd  $<0,01 \text{ mg.L}^{-1}$ , Zn  $<0,05 \text{ mg.L}^{-1}$ , Cu  $2,72 \text{ mg.L}^{-1}$ , Fe  $0,87 \text{ mg.L}^{-1}$  y Mn  $0,12 \text{ mg.L}^{-1}$ , considerando a dichos valores como normales para cursos de aguas naturales. Los valores reportados por Isasmendi et al. (2007) resultan mayores a los determinados en el presente estudio.

Finalmente, se realizó la cuantificación de coliformes totales, tomando como base las *Guías para la calidad de agua de consumo humano* de la OMS (2018), las que indican que no es práctico monitorear cada agente patógeno que está en el agua y que el enfoque más lógico es detectar organismos que, por lo general, se encuentran en las heces de los seres humanos y de los animales de sangre caliente.

Estos microorganismos también pueden encontrarse en suelos, plantas o efluentes, conteniendo materia orgánica. Diversas patologías son causadas por microorganismos presentes en aguas contaminadas, como, por ejemplo: diarreas causadas por *E. coli*, fiebre tifoidea y fiebre paratifoidea por salmonellas y cólera por *Vibrio cholerae* (Ahmad et al., 1997; OMS, 2018).

Aunque es posible que los microorganismos coliformes no siempre estén directamente relacionados con la presencia de contaminación fecal o de agentes patógenos en el agua de consumo, la prueba de coliformes sigue siendo útil para vigilar la calidad microbiana de los abastecimientos de agua sujetos a tratamiento (CAA, 2020; Larrea et al., 2013).

En la Tabla 2 se observa que los valores más altos del recuento de coliformes totales es en el río Los Alisos (punto 1). Estos resultados se pueden asociar con actividades antrópicas, como la cría de ganado y la mala eliminación de excretas.

En el decantador (punto 2) (Tabla 3) se cuantificaron valores menores que en el río Los Alisos, poniendo en evidencia la posible sedimentación de los microorganismos que tienen un comportamiento coloidal. En relación con los valores obtenidos en el grifo de la escuela (punto 3) (Tabla 4), que son los más bajos, podemos inferir que el agua, al llegar al filtro de piedra, grava y arena, desarrolla una capa biológica, conocida como *schmutzdecke*, que puede eliminar microorganismos con eficacia (OMS, 2018).

Sin embargo, los registros de coliformes totales (Tablas 2, 3 y 4) superan la alerta indicada por CAA (2020) en todos los puntos de muestreo y en todos los meses estudiados. Su presencia en el agua indica una deficiente calidad del agua por contaminación microbiana reciente, sin informar su origen.

Para conocer si la contaminación fue de origen fecal se cuantificaron coliformes fecales, determinándose su presencia en todos los puntos de muestreo y en todas las campañas (Tablas 2, 3 y 4). Estos microorganismos están presentes en grandes cantidades en las heces de los seres vivos de sangre caliente y rara vez se encuentran en agua o suelo que no haya sufrido algún tipo de contaminación fecal (Larrea et al., 2013).

Anduni et al. (2010) informaron la presencia de coliformes totales en el río Los Alisos, en sitios de muestreo cercano a los seleccionados para el presente trabajo, particularmente en el punto 1. Los valores reportados variaron entre 180 y 550 NMP.100 mL<sup>-1</sup> en el período 2006-2007, siendo mayores a los encontrados en el presente estudio.

---

## Conclusiones

El monitoreo de la calidad del agua para consumo humano en el sistema de potabilización resultó beneficioso tanto para la comunidad de Las Carreras como para los y las estudiantes extensionistas. En las prácticas sociales educativas resultó fundamental para la transferencia de contenidos académicos, aplicando competencias y destrezas en la resolución de una problemática concreta, el trabajo interdisciplinario y participativo.

Por otro lado, se pretende exponer factores de riesgo para la salud humana y el ambiente, que faciliten el desarrollo de criterios encausados hacia la prevención o la corrección de no conformidades que se muestran durante el desarrollo de la investigación. Así, se pone en evidencia la necesidad del agregado de un biocida en el sistema de potabilización y la importancia de informar al CAPS de Las Carreras para que tomen los recaudos pertinentes que minimicen el impacto en la salud e intensificar la concientización en la comunidad sobre el cuidado y la conservación de la buena calidad del agua.

## Referencias

- Ahmad, R. A., Lee, E., Tan, I. T. L., Mohamad-Kamel A. G. (1997). Occurrence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts in raw and treated water from two water treatment plants in Selangor, Malaysia. *Water Res*, 31, 3132-3136.
- Anduni, G., Orosco, E., Pourrioux, J., González, M. del C., Guerrero, A., Gusils, C. y Cárdenas, G. (2010). Estudio bacteriológico de aguas superficiales de Tafi del Valle, Provincia de Tucumán. *Ciencia*, 5(18): 59-72.
- APHA, AWWA, WPCF. (2017). *Standard Methods for the Examination of water and wastewater*. [https://www.academia.edu/38769108/Standard\\_Methods\\_For\\_the\\_Examination\\_of\\_Water\\_and\\_Wastewater\\_23nd\\_edition](https://www.academia.edu/38769108/Standard_Methods_For_the_Examination_of_Water_and_Wastewater_23nd_edition)
- Barreto, P. (2010). *Protocolo de monitoreo de agua, laboratorio de Calidad Ambiental, Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. [https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/Protocolo\\_Agua.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf)
- Código Alimentario Argentino. (2020). [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/caa\\_capitulo\\_xii\\_aguas\\_actualiz\\_2021-01.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/caa_capitulo_xii_aguas_actualiz_2021-01.pdf)

D'Urso, C., Rodríguez, M., Marchisio, P., Rodríguez, M., López, J. P., Rodríguez, G. y Sales, A. (2013). Caracterización hidroquímica del Valle de Tafi, provincia de Tucumán, República Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 25(1-2), 9-20.

Esteves, F. A. (2011). *Fundamentos de Limnología* (3<sup>ra</sup> Ed.). Rio de Janeiro: Interciência.

Fernández, H., Romero, F., Vece, M. B., Manzo, V., Nieto, C. y Orce, M. (2002). Evaluación de tres índices bióticos en un río subtropical de montaña (Tucumán Argentina). *Limnetica*, 21(2), 1-13.

Gallo, L., Rosas, D., Zamar, S. y Basán, M. (2011). Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego). [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpprotocolo\\_de\\_muestreo\\_de\\_aguas\\_inta.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmpprotocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf)

Guarín, L. (2011). *Estandarización de las técnicas de fosfatos y cloruros en aguas crudas y tratadas para el laboratorio de la Asociación Municipal de Acueductos Comunitarios (AMAC) en el municipio de Dosquebradas*. Tesis de licenciatura. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/handle/11059/2337>

Isasmendi, S. C., Tracanna, B. C., Vendramini, F. H., Navarro, M. G., Barrionuevo, M. A. y Meoni, G. S. (2007). Caracterización física y química de ríos de montaña (Tafí del Valle-Tucumán-Argentina). *Limnetica*, 26(1), 129-142.

Larrea, J. A., Rojas, M. M., Romeu, B., Rojas, N. M. y Heydrich, M. (2013). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 44(3), 24-34.

Lavie, E., Bermejillo, A., Morábito, J. A., Filippini, M. F., Salatino, S. E. (2010). Contaminación por fosfatos en el oasis bajo riego del río Mendoza. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 42(1), 169-184.

Margalef, R. (1983). *Limnología*. Editorial Omega.

Medina Mussaret Zaidi, M., Real de León, E. y Orozco, S. (2002). Prevalencia y factores de riesgo en Yucatán, México para litiasis urinarias. *Revista de Salud Pública*, 44(6), 541-545.

- Taboada, M. Á. (2017). *Estudio de la ficoflora como bioindicadora del estado ecológico en sistemas lóticos de Tucumán. Evaluación del impacto antrópico*. Tesis de doctoral, Facultad de Ciencias Naturales e IML de la Universidad Nacional de Tucumán.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda, 4a ed + 1a adenda*. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>
- Rodier, J. (1990). *Análisis de las aguas*. Editorial Omega.
- Seeligmann, C. T., Tracanna, B. C., Martínez de Marco, S. e Isasmendi, S. (2001). Algas fitoplanctónicas en la evaluación de la calidad del agua de sistemas loticos en el noroeste argentino. *Limnetica*, 20(1), 123-133.
- Seeligmann, C. T. (1999). Dinámica del fitoplancton del río Salí (Tucumán, Argentina) en relación a la contaminación. *Natura Neotropicalis*, 30(1-2), 57-66.
- Seeligmann, C. T. y Tracanna, B. C. (2009). Dinámica del fitoplancton en un embalse de alta cota del noroeste argentino (Tucumán). *Limnética*, 28(1), 105-124.
- Sejenovich, H., González, J. A., Jiménez, J. M., Jayat, J. P., Aimaro, J. D., Mora, H., Alcalde, M. y Colombo, M. (2014). Pobreza y Desarrollo Sustentable, que integra el proyecto “Gobernanza Ambiental en América Latina y el Caribe: Desarrollando Marcos para el Uso Sostenible y Equitativo de los Recursos Naturales” (ENGOV). Número 4. El uso integral y sustentable de los recursos naturales a partir de estudios de proyectos productivos aplicados a la zona de Tafi del Valle. Provincia de Tucumán (pág. 165). <http://www.socioambiente.com.ar/index1.htm>
- Svampa, M. (2010). Entre la obsesión del desarrollo y el giro eco-territorial. Luces y sombras de una problemática. Argentina. En *Resistencias populares a la recolonización del continente*. Editorial América Libre.
- Tineo, A., Falcón, C. M., García, J. W., D’urso, C. H., Galindo, G. y Rodríguez, G. V. (1998). Hidrogeología. En Geología de Tucumán. <https://www.cohife.org/advf/documentos/2018/11/5be47acfb2f4b.pdf>
- Torres, E. (1977). El clima de Tafi del Valle y sus posibilidades agropecuarias. *Publicación Especial N.º 9 de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNT. Tucumán*.