

# CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CUCHUJAQUI, UN HUMEDAL DE IMPORTANCIA MUNDIAL

WATER QUALITY OF THE CUCHUJAQUI RIVER, A WETLAND OF GLOBAL SIGNIFICANCE

Ibdaly Magdalena Larez García<sup>1</sup>, Elvira Rojero Díaz<sup>2</sup>, Gerardina Nubes Ortiz<sup>3</sup> y María Elvira Gil León<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup> Egresada del programa de Licenciatura en Biología, Universidad de la Sierra.

<sup>2</sup> Área de Protección de Flora y Fauna Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui.

<sup>3</sup> Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora.

<sup>4\*</sup> Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de la Sierra.

## RESUMEN

El Río Cuchujaqui, forma parte del Área de Protección de Flora y Fauna "Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui" localizado al sureste del estado de Sonora. Su área comprende el 46,27% del total de la cuenca y se estima que un 37,08% de los habitantes establecidos en el lugar, son beneficiados con su agua. Se determinaron características físico-químicas, microbiológicas y de metales pesados del agua. La metodología utilizada está basada en la NOM-SSA1-127-1994 y los CE-CCA-001/89. Se analizaron 10 sitios y se llevaron a cabo muestreos en septiembre, octubre y noviembre del año 2011. Con base a las normativas citadas, los resultados revelan una contaminación por coliformes totales y fecales, con presencia de *E. coli* y *Salmonella spp.* Con respecto de los metales pesados, solo manganeso sobrepasa los límites permisibles en los tres muestreos, mientras que cadmio, plomo y cobre no fueron detectados. La concentración de nitritos se elevó en el tercer muestreo con hasta 7,5 mg L<sup>-1</sup> valor fuera de norma, los nitratos exceden los límites en uno de los sitios de muestreo que corresponde a agua subterránea, esto sólo en el primer muestreo. Las concentraciones más altas de sulfatos (52,5 mg L<sup>-1</sup>) y fosfatos (2,92 mg L<sup>-1</sup>) se determinaron en la desembocadura del Arroyo Álamos en el primer muestreo. Finalmente una baja en el flujo de agua es notoria en todo el estudio.

**Palabras clave:** Humedal, Calidad del agua, Cuchujaqui, Área de Protección de Flora y Fauna.

## ABSTRACT

The Cuchujaqui river is included within the Flora and Fauna Protected Area "Sierra de Alamos-Río Cuchujaqui" located southeast of the state of Sonora. Its area comprises 46.27% of the total basin surface and it is estimated that 37.08 % of inhabitants of the region are benefited with its water. Water characteristics such as physicochemical, microbiological and heavy metals were determined. The analytical and sampling methodology used is based on the NOM-SSA1-127-1994 and CE-CCA-001/89. Ten sites were analyzed and sampling took place in September, October and November of 2011. Water quality was evaluated in accordance to the official Norms and the results revealed a high contamination with total and fecal coliforms, with the

presence of *E. coli* and *Salmonella spp.* Manganese exceeded allowable limits established by the norms, while cadmium, lead and copper were not detected. The third sample had an elevated nitrite concentration of 7.5 mg L<sup>-1</sup>, a value outside the standard value established in the norm; nitrates taken from the first underground sample exceed the limits. Sulfates and phosphates were found at their highest value at the junction with the Alamos stream during the first sampling with 52.5 mg L<sup>-1</sup> and 2.92 mg L<sup>-1</sup> respectively. Finally, a low flow of water is evident throughout the study.

**Keywords:** wetland, water quality, Cuchujaqui, Protection Area of Flora and Fauna.

## INTRODUCCIÓN

El agua no es solo requerida para su consumo directo por el humano y por cualquier forma de vida sobre la tierra, sino que además es demandada por las actividades productivas desde las básicas, como la agricultura y la ganadería, hasta las de transformación como la industria. Por ello es de fundamental importancia entender y afrontar la problemática relacionada con el uso y modificaciones en la calidad del agua, las maneras de evitarla o reducirla y la necesidad de aplicar tecnologías que permitan su depuración (Martínez, *et al.* 2009 y Avelar, *et al.* 2009).

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) "Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui", además de ser un Área Natural Protegida del ámbito federal, posee dos designaciones internacionales. En septiembre del 2007, se incorpora a la Red Internacional de Reservas de la Biosfera del Programa El Hombre y la Biosfera de la UNESCO (MAB, por sus siglas en inglés), reconocida por su valor único e importancia en la conservación de especies de la Sierra Madre Occidental de México y las llanuras costeras occidentales. En febrero de 2010 los Arroyos: Arroyo Verde, Santa Bárbara y Río Cuchujaqui del APFF Sierra de Álamos Río Cuchujaqui se declararon sitios RAMSAR (con número de registro 1934) como Humedales de Importancia Internacional (CONANP, 2011).

Es por eso importante determinar la calidad del agua de los acuíferos y cuencas naturales existentes en el estado y poder relacionar esto con programas y estrategias para mejorar el uso y conservación de este recurso vital, tal es el caso del Río Cuchujaqui (Figura 1), que particularmente presenta impactos de contaminación por desechos sólidos

\*Autor para envío de correspondencia: María Elvira Gil León  
Correo electrónico: mariellgl@hotmail.com

Recibido: 13 de febrero de 2014

Aceptado: 06 de julio de 2014



**Figura 1.** Río Cuchujaqui.  
**Figure 1.** Cuchujaqui River.

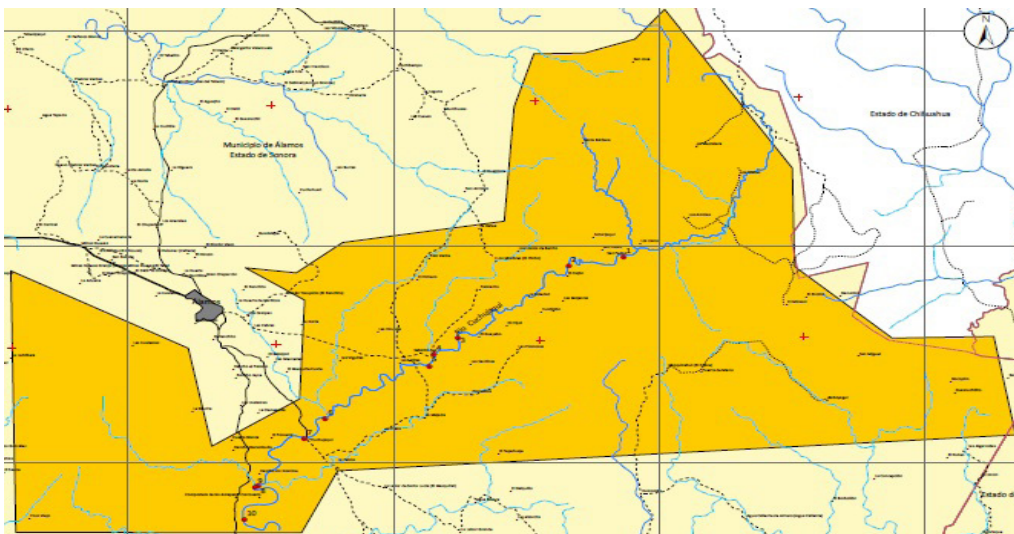
y por aguas residuales municipales que se descargan al arroyo Álamos, afluente del Río Cuchujaqui. No obstante, se requiere más análisis sobre la disposición de las aguas de desecho y la basura de cada una de las pequeñas localidades ubicadas dentro del Área de Protección de Flora y Fauna (CONANP, 2011). Es por ello que se han realizado estudios de calidad de agua en este sitio tomando como referencia a Méndez, 2009 y Cota, 2010 quienes analizaron la calidad de las aguas de esta cuenca reportando resultados concretos que ayudaron en la toma de decisiones dentro de esta ANP, lo cual sirve como referencia para este y posteriores estudios. Particularmente el objetivo de esta investigación fue determinar las características físico-químicas, microbiológicas y de metales pesados del agua del río Cuchujaqui, humedal de importancia mundial, dentro del APFF-Río Cuchujaqui, para así identificar si existe una relación directa con la calidad del agua y la incidencia de enfermedades de los pobladores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo fue realizado en el APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui, la cual pertenece a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, en coordinación con el Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora. Se realizaron tres monitoreos en los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2011. Se colectaron muestras de agua en los arroyos y ríos principales: San Pedro, El Cajón de Maleno, El Vado, un domicilio en el Sabinito Sur, la batería de pozos en Sabinito Sur, Río Cuchujaqui unión Río Álamos, área recreativa Cuchujaqui, Río Cuchujaqui unión Mentidero y Río Cuchujaqui con el límite sur del ANP, y se determinaron los parámetros microbiológicos, físico-químicos y de metales pesados que marcan las normativas que se tomaron como referencia en este trabajo. *In situ* se determinaron los parámetros físico-químicos y se hizo una descripción de las características de cada sitio.

Se tomaron en total diez muestras en cada monitoreo, de las cuales nueve eran de agua superficial y una de agua subterránea en el pozo de un domicilio seleccionado al azar en la localidad del Sabinito Sur. Los sitios de muestreo fueron seleccionados con la finalidad de representar todo el río a lo largo del polígono del ANP desde su nacimiento hasta su salida en los límites sur considerando las actividades antropogénicas que se realizaban en las cercanías del cauce del río y tomando en cuenta su convergencia con rancherías, ranchos o poblados que hacen uso de su agua (Figura 2).

En el presente estudio se analizaron algunos parámetros físico-químicos como potencial hidrógeno, temperatura del ambiente y del agua y conductividad eléctrica; algunos nutrientes como nitratos, nitritos, sulfatos y fosfatos; parámetros microbiológicos como coliformes totales, coliformes fecales *Escherichiacoli* y *Salmonella spp.*; y metales pesados como manganeso, cobre, plomo, cadmio, zinc y hierro (Tabla 1).



**Figura 2:** Puntos del monitoreo y polígono del ANP.  
**Figure 2:** Monitoring Points and NPA polygon.

**Tabla 1:** Descripción de parámetros analizados en los sitios de muestreo del Río Cuchujaqui.  
**Table 1:** Description of parameters analyzed at sampling sites of the Cuchujaqui River.

PARÁMETROS	EQUIPO	NORMATIVIDAD	MÉTODO
<b>Fisicoquímicos</b>			
Potencial Hidrógeno (pH)	Peachímetro digital modelo EC10	NMX-AA-008-SCFI-2000	Electrodo
Conductividad Eléctrica	Conductímetro digital modelo CO150	NMX-AA-093-SCFI-2000	
Temperatura (°C).	Termómetro digital modelo VWR Scientific	NMX-AA-007-SCFI-2000	Termómetro digital
Nitritos		NMX-AA-079- SCFI-2001	Espectrofotometría (Hach) Método 8153
Nitratos		NMX-AA-079-SCFI-1986	Espectrofotometría (Hach) Método 8039
Fosfatos	Espectrofotómetro Hach DR 5000	NMX-AA-029-SCFI-2001	Espectrofotometría (Hach) Método 8048
Sulfatos		NMX-AA-074-SCFI-1981	Espectrofotometría (Hach) Método 8051
<b>Microbiológicos</b>			
Coliformes Totales			Inoculación de alícuotas en serie de tubos
Coliformes Fecales		NMX-AA-042-1987	
Escherichiacoli			Siembra en medio sólido e identificación bioquímica
Salmonella spp		NOM-114-SSA1-1994	
<b>Metales Pesados</b>			
Cadmio			Espectrofotometría (Hach) Método 8017
Cobre			Espectrofotometría (Hach) Método 8143 y 8506
Zinc			Espectrofotometría (Hach) Método 8009
Plomo	Espectrofotómetro Hach DR 5000	NMX-AA-051-SCFI-2001	Espectrofotometría (Hach) Método 8033
Manganeso			Espectrofotometría (Hach) Método 8034
Hierro			Espectrofotometría (Hach) Método 8146

El procedimiento para la toma de muestras se basó en lo descrito en la NOM-230-SSA1-2002 para el muestreo de agua. Las muestras de agua superficial fueron tomadas en la parte central del cauce del río y a contracorriente, y en el caso de los recipientes de vidrio estos se abrían y cerraban dentro del agua para evitar una contaminación posterior; para el caso de la recolección de muestra de agua subterránea, tomada de una llave de un domicilio, se dejaba correr el agua por un minuto y se limpiaba la llave con una solución desinfectante. Las muestras se transportaron al laboratorio en una hielera a 4°C aproximadamente; para el análisis de nitratos y metales se agregaron 2 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y HNO<sub>3</sub> respectivamente para preservar las muestras hasta su análisis.

Con fines de control de calidad en cada muestreo, se colectaron muestras dobles, se realizaron análisis por duplicado y se utilizaron blancos muestras, blancos reactivos, testigos positivos y testigos negativos.

Los resultados obtenidos fueron evaluados bajo los criterios y normas establecidos en México (NOM-127-SSA1-1994 y CE-CCA-001/89), para los límites máximos permisibles de los diferentes parámetros, tipos y usos de agua.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

A pesar de la presencia de lluvia días previos a los monitoreos los niveles de agua detectados en el cauce del río fueron bajos, en ocasiones sin flujo o corriente.

En la Tabla 2 se muestra un concentrado de los valores detectados en los parámetros físico-químicos de temperatura ambiente y agua, pH y conductividad eléctrica.

El comportamiento de la temperatura, tanto en el ambiente como en el agua a lo largo de los tres muestreos, mantuvo una tendencia a disminuir, esto quizá debido a la disminución de la temperatura por la entrada de frío,

**Tabla 2:** Resultados de parámetros físico-químicos determinados en los sitios de muestreo del Río Cuchujaqui.  
**Table 2:** Results of physicochemical parameters determined in the sampling sites of the Cuchujaqui River.

SITIO	Temperatura Ambiente (°C)			Temperatura del Agua (°C)			pH			Conductividad (µ mohos)		
	1er Monitoreo	2do Monitoreo	3er Monitoreo	1er Monitoreo	2do Monitoreo	3er Monitoreo	1er Monitoreo	2do Monitoreo	3er Monitoreo	1er Monitoreo	2do Monitoreo	3er Monitoreo
San Pedro	29,6	28	15,6	27,1	23,7	14,6	8,75	8,45	7	24,7	119	254
El Cajón de Maleno	32,2	31	12,8	26,8	23,9	13,4	8,48	7,73	7	35,1	118	246
El Vado	32,5	34	28	29,3	27,9	18,7	8,44	7,9	6	34,1	123	263
Domicilio en el Sabinito Sur	36,8	34	29,5	31,3	31,1	22,4	7,48	7,89	6	51,8	213	233
Batería de Pozos Sabinito Sur	38,5	36	33	31,7	28,1	18,7	8,64	8,22	6	29,6	143	275
Río Cuchujaqui Unión Arroyo Álamos	25	19	7,1	27	26,2	17,1	8,48	7,54	6	121,2	239	379
Área Recreativa Cuchujaqui	24,6	23	8,2	28	24,9	16,5	8,15	7,78	6	47,2	226	442
Río Cuchujaqui	31,5	28	20,5	30,4	26,8	18,7	8,12	7,76	6	36,5	192	452
Río Cuchujaqui Unión Mentidero	31	28,5	23,6	30,8	26	18,9	8,19	8,05	7	37,7	172	414
Río Cuchujaqui con el Límite Sur del ANP	NM	34	27,1	NM	28,3	20,7	NM	8,4	7	NM	153	335
<b>CE-CCA-001/89</b>	<b>NC</b>			<b>NC</b>			<b>5,0-9,0</b>			<b>NC</b>		
<b>NOM-127-SSA1-1994</b>	<b>NC</b>			<b>NC</b>			<b>6,5-8,5</b>			<b>NC</b>		

NM: No monitoreado. NC: No contemplado.

por lo que los rangos de temperatura ambiente del último muestreo (noviembre) fueron de 33°C como valor máximo y 7,1°C como mínimo, y para el agua 22,4°C (máxima) y 14,6°C (mínima); en contraste con el primer muestreo (septiembre) en el que el ambiente marcaba una temperatura máxima de 38,5°C y una mínima de 24,6°C y para el agua 31,7°C (máxima) y 26,8°C (mínima). Tal y como lo menciona Bernard (1999) la temperatura del agua de los ríos depende principalmente de la temperatura del aire o del ambiente de manera que un aumento en la temperatura del ambiente provoca un incremento en la temperatura del agua. Cabe destacar que las propiedades termodinámicas influyen notablemente en muchas de las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua, de allí su importancia en cualquier intento para evaluar la calidad de las aguas.

De acuerdo a los CE-CCA-001/89 el rango aceptable de pH es de 5 – 9 unidades; por lo que, los rangos obtenidos en este estudio para los tres muestreos están dentro de estos límites máximos permisibles. Por otra parte, de acuerdo a la NOM-127-SSA1-1994, el rango para este parámetro va de 6,5 – 8,5 unidades, el cual fue superado en varias ocasiones, en el primer muestreo (septiembre) donde en el sitio San Pedro el pH fue de 8,75 y el de 8,64 en el sitio Batería de pozos en el Sabinito Sur teniendo el resto de los valores entre 7,48 y 8,48; el segundo muestreo no sobrepasó los límites máximos permisibles al presentar un rango de pH de 7,54 a 8,45; en el tercer muestreo (noviembre) se presentaron seis sitios

con pH de 6. Tal y como lo indica Crites (2000), el intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre 5 y 9 unidades. Basález (2009) asegura que un pH alcalino puede ser provocado por presencia de sales por detergentes y heces fecales y un pH ácido por orina. Sin embargo, cabe aclarar que el aumento que se presentó no afecta en gran medida la existencia de vida acuática.

Se observa que la conductividad eléctrica incrementó del primer al último muestreo. Como valor máximo se registró 121,2 µmohos y mínimo 24,7 µmohos en el primer muestreo (septiembre); 239 µmohos y 118 µmohos en el segundo muestreo (octubre) como valores máximo y mínimo respectivamente, y para el tercer muestreo (noviembre) presentando un rango de 452 µmohos (máximo) a 233 µmohos (mínimo). La conductividad eléctrica, mencionan Branco y Murgel en 1984, se describe como la medida de la capacidad del agua para conducir electricidad, por lo tanto, es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua, proveniente de un ácido, una base o una sal disociada en iones o metales. Así mismo, puede considerarse como indicativa de pureza ya que representa el movimiento de iones presentes. Considerando que el valor máximo aceptable es de 400-600 µmohos en un cuerpo de agua, este parámetro se encuentra dentro de los rangos aceptables (Gray, 1999).

En cuanto a los nutrientes analizados, los nitratos sobrepasaron los límites máximos permisibles con respecto a la



NOM-SSA1-127-1994. En el valor registrado en la toma domiciliaria del Sabinito Sur fue de 10,7 mg L<sup>-1</sup> en el primer muestreo sobrepasando los 10 mg L<sup>-1</sup> que marca esta norma, por su parte, los CE-CCA-001/89 marcan como límites máximos permisibles 5 mg L<sup>-1</sup> de nitratos, presentándose valores de 6,1 mg L<sup>-1</sup>, 6,55 mg L<sup>-1</sup> y 8,25 mg L<sup>-1</sup>, Cajón de Maleno, Cuchujaqui unión Arroyo Álamos y toma domiciliaria respectivamente, siendo los tres primeros valores del tercer muestreo (noviembre) y 10,7 mg L<sup>-1</sup> en toma domiciliaria del primer muestreo (septiembre). Albert (1997) menciona que la contaminación causada por acumulación de excretas humanas y animales pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en el agua, lo cual es probable ya que al realizar los muestreos se encontraban excretas de ganado y en ocasiones humanas cercanas al cauce del río.

Los nitritos en el primer y segundo muestreo registraron valores de 0,005 mg L<sup>-1</sup> a 0,002 mg L<sup>-1</sup>. Quedando todos por debajo de los límites máximos permisibles de la NOM-SSA1-127-1994 y los CE-CCA-001/89 (1,0 mg L<sup>-1</sup> y 0,5 mg L<sup>-1</sup> respectivamente). Para el tercer muestreo, los resultados de todos los sitios presentaron valores fuera de ambas normas, obteniendo el valor máximo en el sitio Río Cuchujaqui donde se detectó 7,5 mg L<sup>-1</sup>, muy por encima del límite máximo permisible. Albert (1997) menciona que la presencia de nitritos y nitratos en el medio ambiente son parte del ciclo del nitrógeno, aunque existen fuentes antropogénicas como fertilizantes, excretas de animales, desechos municipales, industriales y de transporte, y aditivos alimentarios, pudiendo tener un efecto cancerígeno principalmente los nitritos. Cabe mencionar que en estos sitios se observó ganado vacuno y el flujo de agua fue muy bajo.

Por otra parte, los fosfatos sobrepasaron los límites máximos permisibles por los CE-CCA-001/89 registrando valores por encima de 0,1 mg L<sup>-1</sup> que marca esta norma. Putz (2008) menciona que salvo en casos de contaminación por fertilizantes fosfatados y detergentes, no suele haber en el agua más de 1 ppm (1 mg L<sup>-1</sup>), lo que intuye que pudiera haber fuentes de contaminación de este nutriente. Avelar (2009) menciona que los fosfatos producen eutrofización en los cuerpos de agua superficiales, lo que puede conducir a una situación de deterioro ambiental (Martínez, *et al.* 2009).

Para el caso de sulfatos, la NOM-SSA1-127-1994 marca como límite máximo permisible 400 mg L<sup>-1</sup> y los CE-CCA-001/89 500 mg L<sup>-1</sup> los cuales en ninguno de los casos fueron sobrepasados a lo largo de los tres muestreos, observando que el valor más alto registrado fue de 52,5 mg L<sup>-1</sup> en el sitio Cuchujaqui unión con Arroyo Álamos en el primer muestreo (septiembre), en el cual sobrepaso por mucho los demás valores pudiendo provenir de las aguas negras descargadas a este afluente.

De acuerdo al análisis de metales, cadmio y plomo fueron no detectables; las concentraciones de cobre no sobrepasaron los límites máximos permisibles que son 1 mg L<sup>-1</sup> y 2 mg L<sup>-1</sup> de acuerdo a la CE-CCA-001/89 y a la NOM-SSA1-127-1994 respectivamente. Según Harte (1985) el cobre puede estar presente en el agua por el contacto con minera-

les que contienen este metal. Por su parte, el zinc, cumple con los límites indicados en la normativa que se establecen como 5 mg L<sup>-1</sup>, cabe mencionar que el sitio Cajón de Maleno presentó el valor más alto durante los tres muestreos, siendo el valor máximo obtenido 2,43 mg L<sup>-1</sup>. Durante el desarrollo del presente estudio, el hierro se presentó por debajo de los límites máximos permisibles (0,3 mg L<sup>-1</sup>), importante mencionar que el hierro no es considerado un contaminante prioritario desde una perspectiva de calidad del recurso hídrico (Ramos, *et al.* 2004). Para el caso del manganeso, este fue el único metal que sobrepasó los límites máximos permisibles por la NOM-SSA1-127-1994 de 0,15 mg L<sup>-1</sup> y 0,10 mg L<sup>-1</sup> para los CE-CCA-001/89 (Tabla 3). El valor máximo registrado fue de 0,78 mg L<sup>-1</sup> en el sitio San Pedro para el segundo muestreo (octubre) y el resto de los valores de los tres muestreos oscilaron entre 0,60 mg L<sup>-1</sup> y 0,30 mg L<sup>-1</sup>. Según una agencia de tóxicos de Estados Unidos (ATSDR, 2005), el manganeso es un metal que ocurre naturalmente y que se encuentra en muchos tipos de rocas está presente en ríos, lagos, agua subterránea y las plantas acuáticas pueden incorporarlo del agua y así concentrarlo. En cuanto a su toxicidad se refiere, no hay mucha literatura lo cual puede indicar por qué la normativa marque sus límites máximos permisibles tan bajos.

**Tabla 3.** Valores registrados en el monitoreo para Manganeso.  
**Table 3.** Values registered for Manganese.

Sitios de Muestreo	Manganeso (mg/L)		
	1er Monitoreo	2do Monitoreo	3er Monitoreo
San Pedro	0,55	0,78	0,5
El Cajón de Maleno	0,4	0,4	0,4
El Vado	0,45	0,5	0,5
Domicilio en el Sabinito Sur	0,35	0,45	0,4
Batería de Pozos Sabinito Sur	0,25	0,3	0,3
Río Cuchujaqui Unión Arroyo Álamos	0,45	0,1	0,1
Área Recreativa Cuchujaqui	0,45	0,28	0,1
Río Cuchujaqui	0,45	0,53	0,5
Río Cuchujaqui Unión Mentidero	0,65	0,23	0,5
Río Cuchujaqui con el Límite Sur del ANP	-	0,63	0,5

\* CE-CCA-001/89 (0,1 mg/L)

\* NOM-127-SSA1-1994 (0,15 mg/L)

Los coliformes totales de acuerdo a la NOM-SSA1-127-1994 deben estar ausentes en el agua para consumo humano, en el presente estudio los registros del primer muestreo (septiembre) muestran < 2400 NMP/100 mL en San Pedro y 1600 NMP/100 mL en el Cajón de Maleno y el Cuchujaqui unión Mentidero; para el tercer muestreo (noviembre) los niveles de coliformes totales encontrados fueron de 920 NMP/100 mL como máximo en los sitios San Pedro y Cuchujaqui límite sur del ANP. Por su parte, los coliformes fecales tanto del primer muestreo como del tercero, sobrepasaron los límites máximos permitidos por la NOM-SSA1-127-1994, obteniendo en el primer muestreo en San Pedro con 1600 NMP/100 mL y en el tercer muestreo en Cuchujaqui límite sur del ANP con 920 NMP/100 mL como los valores máximos; considerando los CE-CCA-001/89 (1000 NMP/100mL), sólo el sitio San Pedro en el primer muestreo los sobrepasó al tener 1600 NMP/100 mL de coliformes fecales. La disminución en la presencia de coliformes puede ser ocasionada por las lluvias presentes poco antes del primer muestreo, las cuales pueden acarrear microorganismos hacia el río o bien quizá también debido a la temperatura registrada ya que estos organismos se desarrollan mayormente entre los 30 y 40°C. La contaminación microbiológica del agua se debe principalmente a la carencia o al inadecuado tratamiento de las aguas residuales de origen doméstico. Los microorganismos excretados por los humanos y animales, pueden ser transmitidos fácilmente a un nuevo hospedero humano a través del contacto con agua contaminada, o por medio de hospederos intermedios (animales domésticos, de granja, aves migratorias, etc.). Así, muchas de las enfermedades caracterizadas por infecciones severas son transmitidas comúnmente por el agua y entre ellas destacan infección por *E. coli* y salmonelosis (Avelar, *et al.* 2009).

En el caso de *Escherichia coli* sólo estuvo ausente en los sitios Cajón de Maleno y Cuchujaqui unión Arroyo Álamos en ambos muestreos a diferencia de *Salmonella sp.* que en el primer muestreo solo estuvo ausente en el sitio Cajón de Maleno y en el tercer muestreo estuvo presente en todos los sitios. La contaminación del agua por microorganismos es la más frecuente. Cabe mencionar que en la mayoría de los sitios, durante todo el estudio, se encontraban excretas de ganado cerca o dentro del cauce del río así como ganado dentro de él y basura, peces muertos, huesos de animal muerto y heces fecales de humano. En los alimentos y en el agua, *Escherichia coli* por lo general es un indicador de contaminación de origen fecal relativamente reciente o a partir de un sustrato en el cual ha tenido lugar la proliferación de *E. coli* (y de los gérmenes patógenos con él asociados, si están presentes), cabe mencionar que los gérmenes coliformes no indican necesariamente contaminación de origen fecal directa, si no que el contacto inmediato con una superficie contaminada con heces. Ésta bacteria normalmente se encuentra en la flora intestinal del hombre y animales de sangre caliente y también se encuentra como indicador de contaminación en la leche, el agua y en el suelo (Tatcher y Clark, 1973).

## CONCLUSIONES

El ganado libre, los desechos sólidos y la presencia de aguas residuales son los principales contaminantes del agua superficial, aunado a esto la falta de limpieza y mantenimiento de la pila que retiene el agua del pozo del Sabinito Sur es la causa de contaminación del agua para consumo. La calidad del agua del Río Cuchujaqui no ha impactado la presencia de vida acuática ya que se pudo observar flora y fauna en crecimiento y reproducción en los sitios seleccionados.

Se detectó que la descarga de aguas residuales de la ciudad de Álamos 11 km aguas arriba del Arroyo Álamos, afluente del Río Cuchujaqui, provoca principalmente un aumento en la concentración de organismos coliformes y nutrientes en general. Los sitios que presentan los indicios de contaminación más altos son los sitios mayormente cercanos al límite Sur del ANP, los cuales son los que presentan más posibilidad de turistas y que más presencia de basura, excretas y ganado presentaban.

En general el agua del Río Cuchujaqui es buena para consumo humano con previo tratamiento de potabilización o cloración debida. De igual manera el cuidar que el ganado no entre libremente al cauce del río sería otro punto favorable a la calidad del agua.

## REFERENCIAS

- Albert L. A. 1997 "Nitratos y nitritos". En: "Introducción a la Toxicología ambiental". Centro panamericano de ecología humana y salud. División de salud y ambiente. Organización panamericana de la salud. México. Pp: 471.
- ATSDR. 2005 Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. "Manganeso". Departamento de salud y servicios humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. Estados Unidos. Pp: 2.
- Avelar G. F.; Flores T. F. y Medina R. I. 2009 "Contaminación del agua". En: Jaramillo J. F.; Rincón S. A. y Rico M. R. "Toxicología Ambiental". Ciencias básicas, Textos universitarios. Universidad de Guadalajara. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. Pp: 395.
- Basáez R. L. 2009. "¿Qué es el pH?: Formas de medirlo". Revista Ciencia Ahora. No. 23. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Concepción. Chile. Pp: 4.
- Bernard J. Nebel, Richard T. Wright. 1999. Ciencias ambientales, Ecología y Desarrollo Sostenible. Sexta Edición. Prentice Hall Hispanoamericana. España.
- Branco-Murgel, M. 1984. Limnología Sanitaria. "Estudio de la población de aguas continentales". Secretaria General de la organización de los estados americanos. Programa regional de desarrollo científico y tecnológico. Washington, D.C. Pp: 120.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). 2011. "Programa de Manejo del APFF Sierra de Álamos-Río Cuchujaqui. Inédito.
- Cota L. J. 2010. "Estado de salud del Río Cuchujaqui y su relación con especies indicadoras de calidad del hábitat

en el APFF Sierra de Álamos- Río Cuchujaqui para sus diferentes usos". Memoria Profesional. Universidad de la Sierra. México. Pp: 68.

Crites Tchobanoglous. 2000. "Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones". 1era Edición. Mcgraw-hill interamericana. España. Pp: 33,48.

Diario Oficial de la Federación. 2000. "Análisis de agua: Determinación de la temperatura en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba". (NMX-AA-007-SCFI-2000). México. Pp: 28.

Diario Oficial de la Federación. 2000. "Análisis de agua: Determinación del pH, método de prueba". (NMX-AA-008-SCFI-2000). México. Pp: 38.

Diario Oficial de la Federación. 2001. "Análisis de aguas: Determinación de fósforo total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba". (NMX-AA-029-SCFI-2001). México. Pp: 16.

Diario Oficial de la Federación. 1987. "Calidad Del agua determinación del número más probable (NMP) de coliformes totales, coliformes fecales (termotolerantes) y Escherichiacoli presuntiva". (NMX-AA-042-1987). México. Pp: 21.

Diario Oficial de la Federación. 2001. "Análisis de agua: Determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas, método de prueba". (NMX-AA-051-SCFI-2001). México. Pp: 52.

Diario Oficial de la Federación. 2000. "Análisis de agua: Determinación de conductividad electrolítica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, método de prueba". (NMX-AA-093-SCFI-2000). México. Pp: 27.

Diario Oficial de la Federación. 1994. "Método para la determinación de Salmonella en alimentos".(NOM-114-SSA1-1994). México. Pp: 28.

Diario Oficial de la Federación. 1994. "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de

calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización". (NOM-127-SSA1-1994). México. Pp: 7.

Diario Oficial de la Federación. 2002. "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano, requisitos sanitarios que se deben cumplir en los sistemas de abastecimiento públicos y privados durante el manejo del agua. Procedimientos sanitarios para el muestreo." (NOM-230-SSA1-2002). México. Pp: 17.

Diario Oficial de la Federación. 1989. "Criterios ecológicos de calidad de agua". (CE-CCA-001/89). México. Pp: 9.

Gray, N. F. 1999. Water Technology: An Introduction for Environmental Students. Elsevier Science & Technology Books. New York. Pp: 133-189.

Martínez-J. F. y Rico-M. R. 2009. "Ecotoxicología acuática". En: Jaramillo J. F.; Rincón S. A. y Rico M. R. "Toxicología Ambiental". Ciencias básicas, Textos universitarios. Universidad de Guadalajara. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. Pp: 395.

Méndez, S. L. 2009. "Calidad Sanitaria del Agua en la Cuenca Alta del Río Cuchujaqui, Álamos, Sonora". Memoria Profesional. Universidad de la Sierra. México. Pp: 6

Putz P. 2008. "Eliminación y determinación de fosfato". Informe práctico. Analítica de laboratorio y sistema de control de proceso. Productos de aplicación de laboratorio, HACH LANGE. Estados Unidos. Pp: 4.

Ramos J. P. y Camacho L. A. 2004. "Análisis del impacto del vertimiento de Hierro resultante de un proceso de tratamiento primario de aguas residuales domésticas descargadas al Río Bogotá (Colombia)" Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de Los Andes. Colombia. Pp: 10.

Tatcher y Clark, 1973. "Análisis microbiológico de los alimentos". Editorial Acribia, España. Pág. 33-40.