



Nota de Investigación / Research Note

Calidad del agua de microcuencas en el área natural protegida Sierra de Quila en Jalisco

Water quality in the micro-basins of the *Sierra de Quila* Natural Protected Area in *Jalisco*

Sandra Luz Toledo González¹, Alejandra Pérez Chavarín¹, Josefina Casas Solís²,
Javier García Velasco³ y Ana Luisa Santiago-Pérez¹

Resumen

La necesidad de establecer un mejor manejo integral de los recursos naturales se impulsa mediante las microcuencas como Unidades de Planeación y Gestión. En este contexto se hizo un diagnóstico del agua de las microcuencas del Área Natural Protegida Sierra de Quila, que es un bosque de pino-encino y que provee de agua a la población de Tecolotán en el estado de Jalisco. Se seleccionaron 10 estaciones de monitoreo en las microcuencas del río Santa Rosa, se tomaron muestras de agua antes del temporal de lluvias, en el temporal de lluvias y después de las lluvias; a estas muestras se les hicieron pruebas fisicoquímicas y bacteriológicas. El análisis fisicoquímico de las 27 muestras tomadas reveló que el agua está dentro de la Norma para Riego; en cambio, los parámetros que marca como límites la Norma para que el agua se considere para consumo humano, fueron excedidos en los nueve sitios. En el análisis bacteriológico se encontró la presencia de mesófilos aerobios y coliformes totales en todas las muestras y los coliformes fecales en cuando menos una de las muestras de cada sitio. Con base en los resultados obtenidos se recomendaron resoluciones conjuntas de los actores que participan en el manejo y uso del Área Natural Protegida Sierra de Quila.

Palabras clave: Área natural protegida, bosque de pino-encino, calidad del agua, microcuencas, recursos naturales, Sierra de Quila.

Abstract

The need to establish a better integral management of natural resources is addressed by regarding micro-basins as Planning and Management Units. Within this context, a diagnosis was made of the water of the micro-basins of the *Sierra de Quila* Natural Protected Area, which is a pine-oak forest that provides water for the town of *Tecolotán*, in the state of *Jalisco*. Ten monitoring stations were selected in the micro-basins of the *Santa Rosa* river; water samples were taken before, during and after the rainy season. These samples were subjected to physicochemical and bacteriological tests. The physicochemical analysis of the 27 samples showed that the water meets the Irrigation Standard; on the other hand, the maximum values established by the Standard for the water to be considered fit for human consumption were exceeded in all nine sites. The bacteriological analysis detected the presence of aerobic mesophiles and total coliforms in all the samples, as well as fecal coliforms in at least one of the samples from each site. Based on the results obtained, joint resolutions were recommended to the agents that participate in the use and management of the *Sierra de Quila* Natural Protected Area.

Key words: Natural Protected Area, pine-oak forest, quality of the water, microbasins, natural resources, *Sierra de Quila*.

Fecha de recepción/date of receipt: 29 de marzo de 2014; Fecha de aceptación/date of acceptance: 11 de abril de 2014.

¹ Departamento de Producción Forestal, CUCBA, Universidad de Guadalajara. Correo-e: toledosandraluz67@gmail.com

² Departamento de Biología Celular y Molecular, CUCBA, Universidad de Guadalajara

³ Departamento de Ciencias Ambientales, CUCBA, Universidad de Guadalajara

Se considera a las cuencas como Unidades de Gestión, tanto a nivel territorial como a nivel político, pues brindan un hábitat a plantas y animales, además de proporcionar agua potable (UICN, 2009). En este contexto, a las microcuencas del Área Natural Protegida Sierra de Quila se les identifica con el aporte hídrico como uno de los servicios que genera para la región y la principal fuente de agua para las poblaciones de Tecolotlán, Quila el Grande, Lagunillas, San Martín Hidalgo, entre otras comunidades de menor densidad poblacional (SEMADET, 2013).

El Área Natural Protegida Sierra de Quila forma parte del Eje Volcánico Transversal dentro de la subprovincia Sierras de Jalisco que se localiza en la parte central del estado de Jalisco y limita al norte con la Sierra Madre Occidental, al noreste con la Mesa del Centro y al este y sur con la Sierra Madre del Sur (Guerrero y López, 1997).

El tipo de vegetación corresponde a un bosque de pino - encino, en el que, paulatinamente, el número de visitantes se ha incrementado a través de los años; las actividades recreativas y de esparcimiento se desarrollan, en algunos casos, con descuido, y han propiciado la contaminación del suelo, del aire y del agua, y, en consecuencia, afectan la calidad del agua que recibe la población de Tecolotlán (Vega *et al.* 2011).

En este contexto, se hizo un diagnóstico del agua que llega a dicha comunidad a fin de evaluar la calidad del líquido, mediante su análisis fisicoquímico y la detección de microorganismos mesófilos aerobios, bacterias coliformes fecales y totales.

El área de estudio se ubica en las microcuencas del Río Santa Rosa, en el Área Natural Protegida Sierra de Quila. Geográficamente se localiza entre los paralelos 20°14'29" y 20°21'37" latitud N (zona 13Q 609995.5 y 509659.1 UTM); 103°56'49" y 104°07'53" longitud O (zona 13Q 2238571.7 y 2251618.0 UTM) (Figura 1), donde se seleccionaron 10 estaciones de monitoreo (Figura 2): 1. Casco 1, 2. Salto seco-La campana-Betania, 3. Cruz de Betania, 4. La Campana (el pozo), 5. Cascada la Ciénega, 6. El manantial La Ciénega, 7. Depósito de entrada, 8. Depósito de salida, 9. Casco 2 y 10. Represa la campana (2); donde se tomaron muestras de agua de acuerdo con las especificaciones de la NMX-AA-14-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980). Esta norma establece los procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en los sistemas de abastecimiento públicos y privados, incluyendo aspectos bacteriológicos y físico-químicos, así como criterios para manejo, preservación y transporte de muestras (Arce, 2007; Fundación Nacional de Salud, 2013). Se hizo el muestreo en cuatro momentos estacionales diferentes: antes del temporal de lluvias (mayo de 2012), en el temporal de lluvias (agosto de 2012), después de las lluvias (octubre de 2012) y al cierre el ciclo estacional (febrero 2013).

The basins are regarded as Management Units at both national and political levels, since they provide a habitat to the plants and animals, as well as drinking water (UICN, 2009). Within this context, the microbasins of the *Sierra de Quila* Natural Protected Area are identified with the hydric contribution as one of the services generated for the region and the main source of water for the towns of *Tecolotlán*, *Quila el Grande*, *Lagunillas*, *San Martín Hidalgo*, and other communities with a lower population density (SEMADET, 2013).

The *Sierra de Quila* Natural Protected Area is part of the Transversal Volcanic Axis within the subprovince of the *Jalisco Sierras*, located in the central part of the state of *Jalisco* and bordering to the north with *Sierra Madre Occidental*, to the northeast with the *Central Mesa*, and to the east and south, with *Sierra Madre del Sur* (Guerrero y López, 1997).

The type of vegetation corresponds to a pine oak forest whose visitors have increased in number through the years; recreational activities are sometimes carried out carelessly, favoring the pollution of the soil, air and water and, therefore, affect the quality of the water received by the town of *Tecolotlán* (Vega *et al.* 2011).

Within this context, a diagnose was made of the water received by this community in order to assess the quality of the fluid through its physicochemical analysis and the detection of aerobic mesophilic microorganisms and fecal and total coliform bacteria.

The study area is located on the microbasins of the *Santa Rosa* river, in the *Sierra de Quila* Natural Protected Area. Geographically, it is located between parallels 20°14'29" and 20°21'37" N (zone 13Q 609995.5 y 509659.1 UTM); 103°56'49" and 104°07'53" W (zone 13Q 2238571.7 y 2251618.0 UTM) (Figure 1), where 10 monitoring stations were selected (Figure 2): 1. Section 1, 2. *Salto Seco-La Campana-Betania*, 3. *Betania Cross*, 4. *La Campana* (the well), 5. *La Ciénega* waterfalls, 6. *La Ciénega* spring, 7. Inflow reservoir, 8. Outflow reservoir, 9. Section 2, and 10. *La Campana* reservoir (2); from where samples were taken according to the specifications of the NMX-AA-14-1980 norm (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980). This norm establishes the sanitary procedures for the sampling of water for human consumption in the public and private supply systems, including bacteriological and physic-chemical aspects, as well as criteria for simple management, preservation and transportation (Arce, 2007; Fundación Nacional de Salud, 2013). Samples were taken at four different seasonal moments: before the rainy season (May 2012), during the rainy season (August 2012), after the rainy season (October 2012), and at the close of the seasonal cycle (February 2013).



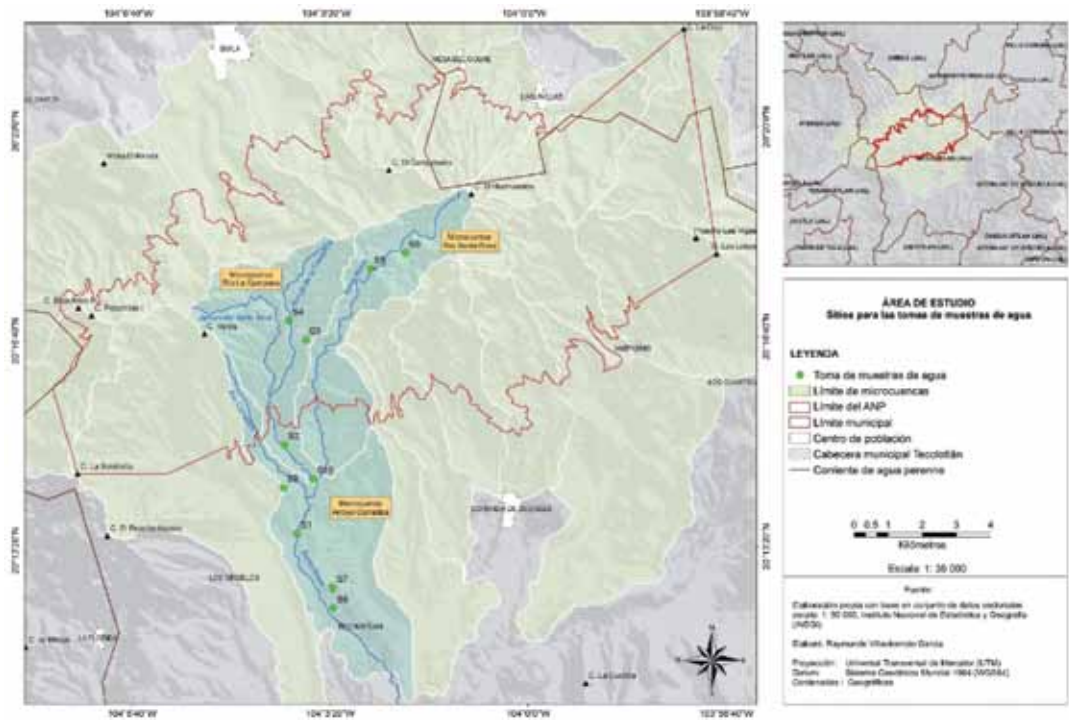


Figura 1. Imagen del área de estudio.
Figure 1. Image of the study area.



Figura 2. Imagen del área de estudio con las 10 estaciones de monitoreo.
Figure 2. Image of the study area with the 10 monitoring stations.

A las 40 muestras (cuatro por cada sitio) se les realizó un análisis físicoquímico de acuerdo a la NMX-AA-14-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980), determinando alcalinidad a la fenolftaleína, alcalinidad total, dureza total, dureza calcio, dureza magnesio y cloruros, por el método de titulometría y análisis de: nitratos, nitritos, turbiedad, sulfatos y color aparente (Pt-Co), se evaluaron con espectrometría UV-visibles en un espectrofotómetro DR-2000 Hach Langs y finalmente la medición de sólidos disueltos, temperatura y pH evaluados en un equipo multiparamétrico portátil; los datos fueron expresados en unidades y mg L^{-1} , posteriormente con estos datos se determinó el índice de calidad de agua de cada uno de los puntos analizados (Fundación Nacional de Salud, 2013).

Por otra parte, las mismas muestras fueron conservadas a 4°C en la oscuridad hasta su análisis en el laboratorio, donde se realizó un análisis bacteriológico, para la determinación de mesófilos aerobios, mediante la técnica del número más probable y coliformes totales y fecales por filtración a través de membrana de acuerdo a la NMX-AA-102-SCFI-2006 (Conagua, 2006).

Detección de mesófilos aerobios

Se realizaron diluciones seriadas de la muestra en agua peptonada (1:10, 1:100, 1:1000). De cada dilución se tomaron 250 μL y se sembraron en cajas de Petri con agar cuenta estándar sin gelificar, una vez agregada la muestra se mezcló con el medio aplicando pequeños movimientos circulares y se llevó a incubar a $35^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.

Posteriormente se realizó el conteo de las colonias en cada caja, tomando en cuenta los resultados de las tres diluciones y promediando la cantidad de unidades formadoras de colonias (UFC) para finalmente obtener el número de UFC mL^{-1} de cada muestra.

Detección de bacterias coliformes fecales y totales

Se tomaron 200 mL de cada muestra de agua, 100 mL para coliformes totales y otros 100 mL para fecales, se filtraron al vacío en un filtro de vidrio sobre el cual se colocó un filtro de nitrato de celulosa. Cada filtro se depositó en una caja de Petri con agar ENDO. El grupo de bacterias coliformes totales se incubó por 48 h a $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y el grupo de coliformes fecales, por 48 h de incubación a $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

En el conteo de UFC se toma en cuenta para coliformes totales aquellas colonias con crecimiento circular y coloración roja y para coliformes fecales crecimiento circular con halo y brillo metálico. Los resultados se reportan en UFC 100 mL^{-1} .

En la Figura 3 se ilustra la metodología de forma gráfica.

A physical-chemical analysis of the 40 samples (four from each site) was carried out according to norm NMX-AA-14-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980), to determine the phenolphthalein alkalinity, total alkalinity, total hardness, calcium hardness, magnesium hardness and chlorides, using the titrimetric method and the analysis of nitrates/nitrites, turbidity, sulphates and apparent color (Pt-Co) were evaluated using UV-visible spectroscopy in a DR-2000 Hach-Lange spectrometer, and, finally, the total dissolved solids, temperature and pH were assessed using a portable multiparametric device; the data were expressed in units and in mg L^{-1} ; the water quality index at each of the selected points was subsequently determined (Fundación Nacional de Salud, 2013).

On the other hand, the same samples were preserved at 4°C in the dark until they were analyzed in the laboratory, where a bacteriological analysis was carried out for aerobic mesophile determination using the most likely estimate, as well as for the assessment of total and fecal coliforms by filtering the samples through a membrane according to norm NMX-AA-102-SCFI-2006 (Conagua, 2006).

Aerobic mesophile detection

Serialized dilutions of the sample were carried out in peptone water (1:10, 1:100, 1:1000). 250 μL were taken from each dilution and re-sown in Petri dishes with ungelled standard-nutrient agar; once the sample was added, it was mixed with the medium applying small circular motions and was incubated at $35^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ during 48 hours.

The colonies in each dish were subsequently counted, taking into account the results of the three dilutions and averaging the amount of colony forming units (CFU) in order to obtain the number of CFU mL^{-1} of each sample.

Fecal and total coliform bacteria detection

200 mL were taken from each water sample -100 mL for total and 100 mL for fecal coliform bacteria-; they were vacuum filtered through a glass filter on which a cellulose nitrate filter was placed. Each filter was placed in a Petri dish with Endo agar. The group of total coliform bacteria was incubated during 48 hours at $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, and the group of fecal bacteria was incubated during the same number of hours at $44.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

The count of CFUs takes into account colonies with a circular growth and red hue for total coliform, and circular growth with a halo and a metallic shine for fecal coliforms. The results are reported in terms of UFC 100 mL^{-1} .

Figure 3 is a graphic depiction of the methodology.

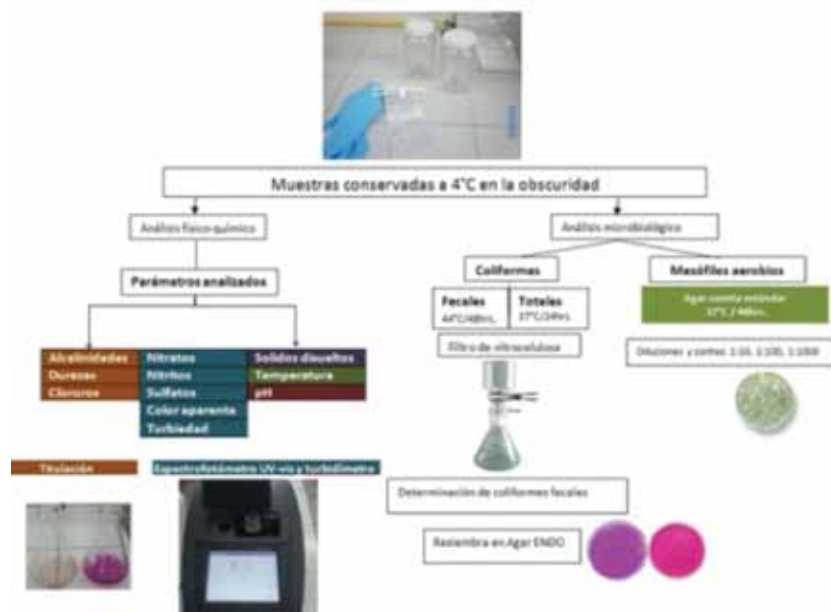


Figura 3. Proceso analítico aplicado a las muestras de agua.
Figure 3. Analytical process applied to the water samples.

Debido al tamaño de las pruebas y número de muestras, en el Cuadro 1, se observan los resultados del análisis fisicoquímico de los sitios 1, 2, 3, 4 y 5, en el Cuadro 2, los resultados de los sitios 6, 7, 8, 9 y 10 y en el Cuadro 3, están los resultados de la detección de mesófilos aerobios y coliformes totales y coliformes fecales.

Para la interpretación de los resultados, se tomará en cuenta lo siguiente:

En los resultados del análisis fisicoquímico, los muestreo se diferencian por las marcas con comillas, muestreo 1 (números sin coma) y muestreo 2 (números con coma), muestreo 3 (números con doble coma), muestreo 4 (punto con tres comas).

El punto 2 es el agua entubada proveniente de la corriente natural, a la que corresponde la muestra del punto 10 (represa La Campana).

En los resultados de la detección de mesófilos aerobios y coliformes totales y coliformes fecales, se utilizaron las M: (M1, M2, M3, M4) = muestreo 1, muestreo 2, muestreo 3 y muestreo 4 respectivamente.

Campos en color verde no sobrepasan el límite máximo establecido en la NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1994), para agua de uso y consumo humano.

Due to the size of the tests and the number of samples, Table 1 shows the results of the physicochemical analysis carried out in sites 1, 2, 3, 4 and 5; Table 2 displays those of sites 6, 7, 8, 9 and 10, and Table 3 shows the results of the detection of aerobic mesophiles and of total and fecal coliforms.

The interpretation of the results will take the following into account:

In the results of the physicochemical analysis, the different samplings are identified by the commas: sampling 1 (figures without comma) and sampling 2 (figures with a comma); sampling 3 (figures with double comma), and sampling 4 (a point and three commas).

Point 2 is channeled water from the natural current from which the sample of was taken at point 10 (the *La Campana* reservoir).

The results of the detection of aerobic mesophiles and total and fecal coliforms are based on the following samplings: (S1, S2, S3, S4) = sampling 1, sampling 2, sampling 3 and sampling 4, respectively.

Fields colored in green do not surpass the maximum limits established by the NOM-127-SSA1-1994 norm (Secretaría de Salud, 1994), for water for human use and consumption.



Cuadro 1. Resultados del análisis fisicoquímico de los sitios 1, 2, 3, 4 y 5.
Table 1. Results of the physicochemical analysis of sites 1, 2, 3, 4 and 5.

Parámetros (mg L ⁻¹) salvo si se señala lo contrario	Estaciones de monitoreo																				Límite permisible NOM-127- SSA1-1994*					
	Casco 1 (río Santa Rita)					Salto seco-la campana-Beta					Cruz de Betania					La Campana						Cascada La Ciénega				
	1	1'	1"	1'''	2	2'	2"	2'''	3	3'	3"	3'''	4	4'	4"	4'''	5	5'	5"	5'''						
Nitratos	26	25	12	07	08	1.1	09	14	06	199	06	13	08	14	05	12	07	13	09	14	10					
Nitritos	0.173	0.014	0.007	0.013	0.01	0.006	0.01	0.008	0.009	0.014	0.006	0.008	0.012	0.006	0.004	0.008	0.008	0.012	0.016	0.009	0.05					
Turbiedad (UNT)	3.265	8.29	0.405	2.32	0.695	0.295	0.755	3.015	0.53	9.125	0.64	0.3	0.51	0.595	0.94	0.525	0.97	4.575	1.305	1.19	5					
Sólidos disueltos totales	76.5	139	263	364	208	212	133	139	129	78.6	95.4	95.7	16.5	129	132	129	15.5	66.8	97.5	106	1000					
Sulfatos	23	0	1	0	18	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	400					
Alcalinidad a la fenolftaleína	200	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
Alcalinidad total	128	52	46	144	32	72	62	56	44	32	44	36	56	52	54	52	48	32	44	24						
Dureza total	74	17	34	52	12	28	22	16	12	6	12	6	22	14	14	12	20	6	6	12	500					
Dureza calcio	18	6	30	8	6	8	24	8	10	5	16	6	12	4	14	8	12	6	16	8						
Dureza magnesio	56	11	0	44	6	20	0	8	2	1	0	0	10	10	0	4	8	0	0	4						
Cloruros	1.99	5.99	3.99	3.99	4.99	5.99	6.99	3.99	4.99	3.99	6.99	3.99	3.99	5.99	5.99	3.99	5.99	5.99	5.99	3.99	250					
Color aparente	112	89	25	76.5	24	0	26	17	19	74	32	11	12	0	11	12	56	53	42	28	20					
Temperatura	33	24.2	20.7	23	27.2	28.2	20.3	20	20.5	19.1	18.5	15.5	20.6	19.5	16.8	16	19.8	18.4	15	16						
pH	7.71	8.11	8.25	8.87	7.01	6.06	7.8	7.56	7	7.6	7.57	6.51	6.98	8.03	7.64	6.44	6.93	7.95	7.53	6.53	6.5-8.5					

*Secretaría de Salud, 1994

Cuadro 2. Resultados del análisis fisicoquímico de los sitios 6, 7, 8, 9 y 10.
Table 2. Results of the physicochemical analysis of sites 6, 7, 8, 9 y 10.

Parámetros (mg L ⁻¹) salvo si se señala lo contrario	Estaciones de monitoreo																Limite permisible			
	Manantial La Ciénega				Depósito de entrada				Depósito de salida				Casco 2				Represa La Campana	NOM-127- SSAI-1994*		
	6	6'	6"	6'''	7	7'	7"	7'''	8	8'	8"	8'''	9	9'	9"	9'''	10'	10"	10'''	
Nitratos	06	06	04	13	05	2	06	15	06	13	08	13	14	23	06	13	1	06	15	10
Nitritos	0.008	0.005	0.005	0.005	0.011	0.01	0.006	0.012	0.009	0.014	0.007	0.005	0.011	0.104	0.01	0.004	0.008	0.008	0.006	0.05
Turbiedad (UTN)	0.285	0.24	0.165	0.275	0.525	5.125	0.51	0.605	0.59	5.62	1.15	0.99	43	5.165	1.525	2.525	3.17	0.425	0.27	5
Sólidos disueltos totales	223	191	180	188	21.45	116	155	156	223	138	165	970000	50.9	198	279	248	134	149	148	1000
Sulfatos	0	0	0	0	1	0	0	0	127	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	400
Alcalinidad a la fenolftaleína	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	
Alcalinidad total	72	112	84	52	64	48	56	64	64	52	70	76	100	84	108	100	52	56	56	
Dureza total	46	25	20	20	30	14	16	14	40	16	18	120	122	26	34	34	14	14	18	500
Dureza calcio	10	8	24	7	12	9	24	8	28	12	22	12	13	10	30	14	8	20	12	
Dureza magnesio	36	17	0	13	18	5	0	6	12	4	0	6	109	16	6	20	6	0	6	
Cloruros	399	599	8.99	599	399	7.99	4.99	399	11.99	599	799	999	399	599	599	1.99	799	599	399	250
Color aparente (Pt-Co)	1	0	11	1	28	56	22	19.5	5	77	24	4	51	65	26	26	41	11	15	20
Temperatura	18.8	19.7	18	19	25	22.9	20.7	18	26.3	25.2	23.2	23	24	24.7	21	22	27.4	18.5	17	
pH	6.35	6.71	6.52	6.54	7.43	7.78	7.63	6.85	6.89	7.77	7.15	6.85	7	7.92	7.92	8.13	7.68	7.72	6.62	6.5-8.5

*Secretaría de Salud, 1994

Cuadro 3. Resultados del análisis bacteriológico.

UFC												
Puntos	Mesófilos aerobios				Coliforme							
	(1 mL)				(100 mL)							
	Totales				Fecales							
	M 1	M 2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
1 Casco 1	10 540	28 900	4 760	1 940	6	131	20	3	0	13	2	272
2 Salto seco-La Campana-Betania	6 860	21 500	2 800	1 220	295	50	23	159	49	98	11	0
3 Cruz de Betania	7 680	46 000	730	8 400	48	52	3	298	4	77	0	2
4 La Campana (el pozo)	11 360	2 275	3 740	17 440	140	19	54	121	76	42	55	0
5 Cascada La Ciénega	21 120	6 500	800	8 060	1 292	153	19	68	18	18	87	4
6 El manantial La Ciénega	15 140	8 000	12 000	5 140	122	4	0	0	0	0	0	0
7 Depósito entrada	3 420	12 950	13 820	5 680	218	130	10	169	81	17	3	10
8 Depósito de salida.	21 240	1 200	640	240	0	12	1	10	0	0	38	0
9 Casco 2	11 093.33	46 000	560	740	30	33	12	48	44	13	2	0
10 Represa La Campana	23 366	50 000	18 800	1 300	44	24	29	79	11	15	7	10
Límite permisible	<100 UFC mL ⁻¹				2				0			

Table 3. Results of the bacteriological analysis.

UFC												
Points	Aerobic Mesophiles (1 mL)	Coliforms (100 mL)										
	Totales				Fecales							
	M 1	M 2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
1 Section 1	10 540	28 900	4 760	1 940	6	131	20	3	0	13	2	272
2 Salto Seco-La campana-Betania	6 860	21 500	2 800	1 220	295	50	23	159	49	98	11	0
3 Betania Cross	7 680	46 000	730	8 400	48	52	3	298	4	77	0	2
4 La Campana (the well)	11 360	2 275	3 740	17 440	140	19	54	121	76	42	55	0
5 Ciénega Waterfall	21 120	6 500	800	8 060	1 292	153	19	68	18	18	87	4
6 La Ciénega spring	15 140	8 000	12 000	5 140	122	4	0	0	0	0	0	0
7 Inflow reservoir	3 420	12 950	13 820	5 680	218	130	10	169	81	17	3	10
8 Outflow reservoir	21 240	1 200	640	240	0	12	1	10	0	0	38	0
9 Section 2	11 093.33	46 000	560	740	30	33	12	48	44	13	2	0
10 La Campana reservoir	23 366	50 000	18 800	1 300	44	24	29	79	11	15	7	10
Allowable limit	<100 UFC mL ⁻¹				2				0			

Índice de calidad del agua

En el índice de calidad del agua se integran las variables de diferentes magnitudes de un análisis físico-químico y biológico del agua. Cada parámetro se correlaciona con una escala variable de 0 a 100 y se le asigna cierto peso de importancia. De esta manera es posible realizar una apreciación global de la calidad del agua.

Los parámetros utilizados para el cálculo del índice de calidad del agua fueron: temperatura, pH, nitritos, nitratos, turbiedad, sólidos disueltos totales, sulfatos, color aparente, dureza total, cloruros y coliformes totales (Rodier, 2011).

Los parámetros sombreados en gris, son aquellos donde se rebasan los límites máximos permisibles, según la NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1994), salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a los que debe someterse el agua para su potabilización (Secretaría de Salud, 2002).

Water quality index

The water quality index incorporates the variables of different magnitudes of the physic-chemical and biological analysis of water. Each parameter is correlated with a variable scale of 0 to 100 and is assigned certain weight of importance. Thus, it is possible to carry out a global assessment of the water quality.

The parameters used for estimating the water quality index were: temperature, pH, nitrites, nitrates, turbidity, total dissolved solids, sulphates, apparent color, total hardness, chlorides and total coliforms (Rodier, 2011).

The parameters shaded in gray are those in which the maximum allowable limits were exceeded, according to the norm NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1994), environmental health, water for human use and consumption, allowable quality limits and treatments to which the water must be subjected in order to become drinkable (Secretaría de Salud, 2002).

Cuadro 4. Índice de calidad del agua.

Muestra	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4
	30 de mayo 2012	30 de agosto 2012	31 de octubre 2012	28 de febrero 2013
	ICA	ICA	ICA	ICA
1	52.5	53.86	84.5	60
2	83.63	91.81	85.9	85.9
3	87.72	74.09	85	87.7
4	90	94.54	88.18	86.3
5	62.38	80.9	83.63	82.2
6	90	94.09	90.45	95
7	85.45	78.63	85.90	84.09
8	89.54	77.27	84.54	80.83
9	81.36	73.63	82.72	85
10	80	80	90	88.18
Promedio	80.28	79.86	86.08	83.52

Fuente: Semarnat, 2002.



Table 4. Water quality index.

Sample	Sampling 1	Sampling 2	Sampling 3	Sampling 4
	May 30, 2012	August 30, 2012	October 31, 2012	February 28, 2013
	WQI	WQI	WQI	WQI
1	52.5	53.86	84.5	60
2	83.63	91.81	85.9	85.9
3	87.72	74.09	85	87.7
4	90	94.54	88.18	86.3
5	62.38	80.9	83.63	82.2
6	90	94.09	90.45	95
7	85.45	78.63	85.90	84.09
8	89.54	77.27	84.54	80.83
9	81.36	73.63	82.72	85
10	80	80	90	88.18
Average	80.28	79.86	86.08	83.52

Source: Semarnat, 2002

El análisis fisicoquímico demostró que el agua de las microcuencas del Río Santa Rosa está dentro de la NMX-AA-14-1980 para riego (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980), en cambio los parámetros de la NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1994), para que el agua se considere para consumo humano fueron excedidos en los diez sitios, los mesófilos aerobios y coliformes totales en todas las muestras y los coliformes fecales en cuando menos una de cada sitio.

El manantial La Ciénega y el depósito de salida (agua ya clorada) son los puntos donde se observa menor presencia de bacterias coliformes a lo largo del año.

En todos los puntos se sobrepasa el límite máximo establecido de 100 UFC mL⁻¹ para mesófilos aerobios en agua potable.

De acuerdo a los criterios de las normas correspondientes, el agua del Río Santa Rosa del Área Natural Protegida de Sierra de Quila es aceptable para uso agrícola y no es apta para consumo humano. Los puntos en donde se encontró menor número de coliformes fecales y totales corresponden a la toma después de la cloración y el manantial alimentador principal de las microcuencas.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda que trabajen de forma coordinada, la administración del Área Natural Protegida, la autoridad municipal y los ejidatarios poseedores de bosques dentro del área, para implementar acciones tanto en períodos vacacionales como en el resto del

The physic-chemical analysis showed that the water of the micro-basins of the *Santa Rosa* river meets the norm NMX-AA-14-1980 (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 1980), for irrigation; on the other hand, the parameters of the norm NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 1994), to consider water as fit for human consumption were exceeded in all ten sites; the values for aerobic mesophile and total coliforms, in all the samples, and the values for fecal coliforms, at least in one sample from each site.

The *La Ciénega* spring and the outflow reservoir (containing chlorinated water) are the points where the smallest number of coliform bacteria are found throughout the year.

The maximum established limit of 100 CFU mL⁻¹ for anaerobic mesophiles in drinking water is exceeded at every single point.

According to the criteria of the corresponding standards, the water of the *Santa Rosa* river in the *Sierra de Quila* Natural Protected Area is acceptable for agricultural use but not for human consumption. The points with the lowest number of fecal and total coliforms correspond to the samplings after chlorination and from the main spring that supplies the micro-basins.

Based on the results, we recommend that the management of the Natural Protected Area, the municipal authority and the communal owners or *ejidatarios* who are in possession of forests within the area work in coordination to implement actions during the vacation periods as well as throughout the

año para orientar a los visitantes a evitar la contaminación de los cuerpos de agua de la zona de estudio.

Se puede aplicar el "No deje rastro", que se conoce con las siglas (NDR) y que es un programa internacional que promueve el uso recreativo responsable de las áreas naturales mediante la educación, la investigación y la colaboración entre instituciones relacionadas con actividades al aire libre. No se trata de un reglamento o normas, sino de principios que presentan alternativas para conservar las áreas naturales que se visitan.

Se pueden realizar algunas acciones, tales como:

1. Disponer de los desperdicios de forma apropiada, como el hecho de que los paseantes, revisen el área donde estuvo, recolecten desperdicios de comida o basura generada, para que se la lleven a depositar a un lugar propio para ello.
2. Indicarles los lugares propios para hacer un hoyo a 20 cm de profundidad y cuando menos 60 m de las fuentes de agua, senderos o campamentos, para depositar las heces fecales, la cual se cubre para que no queden vestigios.
3. Se lleven en una bolsa el papel higiénico usado.
4. El agua que se use para el aseo personal, no se tire a menos de 60 m de los cuerpos de agua.
5. Aun cuando existen 2 letrinas en una de las áreas suelen acampar, en períodos vacacionales no son suficientes, por lo que se pueden construir otras en lugares diferentes, ya sean letrinas ecológicas, letrinas composteras o baños secos. 🌿

year, to orient the visitors so as to avoid pollution of the water bodies of the study area.

The "Leave No Trace" program (known as LNT) -an international program promoting the responsible recreational use of Natural Protected Areas through education, research and collaboration between institutions related to open-air activities- could be implemented here.

There are some actions that can be carried out, such as:

1. Appropriately disposing of the waste; strollers can check the areas that they visit, pick up food waste or any trash they may have generated and deposit these in an adequate container.
2. Pointing out to visitors appropriate places to dig a hole that is at least 8" deep and two feet away from water sources, paths or camps, where to deposit their feces, which must then be covered so as to leave no traces.
3. Putting the used toilet paper away in a bag and afterwards taking it away.
4. The water used for personal hygiene should be poured on the ground at a distance of no less than two feet from any water body.
5. Although there are two latrines in one of the camping areas, these are not enough during the vacation period; therefore, other ecological latrines, composting latrines or dry toilets could be built at different spots. 🌿

End of the English version

Referencias

- Arce V., A. L., C. G. Calderón M. y A. C. Tomasini O. 2007. Fundamentos técnicos para el muestreo y Análisis de aguas residuales. Conagua. México, D.F., México. pp. 33-48.
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). 2006. NMX-AA-102-SCFI-2006. Calidad del agua-detección y enumeración de organismos coliformes, organismos coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*. Presuntiva método de filtración en membrana. www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-102-SCFI-2006.pdf (12 de julio de 2014).
- Fundación Nacional de Salud. 2013. Manual Práctico de análisis de agua. 4ª Edición. Brasília, Brasil. pp. 13-19.
- Guerrero N, J y G. López C. 1997. La vegetación y la flora de la Sierra de Quila, Guadalajara, Jal. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. 91 p.
- Rodier, J., B. Legube y N. Merlet. 2011. Análisis de Agua. Editorial Omega. Barcelona, España. pp. 721-731.



- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1980. NMX-AA-14-1980. Análisis de agua en cuerpos receptores, muestreo. www.wagua.org.mx/index.php/biblioteca-tematica/marco-juridico-del-agua/1466-normas-mexicanas/15151-nmx-aa-014-1980-cuerpos-receptores-muestreo (12 de julio de 2014).
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial (SEMADET). 2013. Áreas naturales protegidas. <http://semadet.jalisco.gob.mx/medio-ambiente/biodiversidad/areas-naturales-protegidas> (13 de agosto de 2013).
- Secretaría de Medio Ambiente y Medio Ambiente (Semarnat). 2002. Comisión Nacional del Agua, Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua. www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_02_Agua/III.2.2/RecuadroIII.2.2.3.pdf (8 de marzo de 2012).
- Secretaría de Salud. 1994. NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html> (10 de junio de 2012).
- Secretaría de Salud. 2002. NOM-230-SSA1-2002. 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. www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/230ssa102.html (12 de julio de 2005).
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). 2009. Guía para la elaboración de planes de manejo de microcuencas. Proyecto Tacana. Departamento de San Marcos, Guatemala, Guatemala. 66 p.
- Vega R, D., R. Villavicencio G., A. L. Santiago P., J. M. Chávez A. y S. L. Toledo G. 2011. La capacidad de infiltración de agua de la microcuenca del río Santa Rosa de la Sierra de Quila y su valoración al pago como un servicio ambiental. In: Villavicencio G., R., A. L. Santiago P., V. C. Rosas E. y L. Hernández L. (coords.). Memorias I Foro de conocimiento, uso y gestión del Área Natural Protegida Sierra de Quila. Primera edición. Orgánica Editores. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México. pp. 22-26.

