

CARACTERISTICAS DEL AGUA SUPERFICIAL DE LOS AGUAJES EN EL CAÑON DE SAN LORENZO, SALTILLO, COAHUILA*

Julián Gutiérrez Castillo¹

Susana Gómez Martínez²

José Dueñez Alanís³

Jesús Antonio Salazar Vara⁴

RESUMEN

La ciudad de Saltillo se ha caracterizado por contar con pocas áreas de esparcimiento para sus habitantes, siendo Los Aguajes el área más cercana y natural preferida por los excursionistas. Por ello, en este estudio se planteó como objetivo determinar algunas características físico-químicas y biológicas del agua superficial del sitio antes mencionado, para lo cual se analizaron muestras de agua en 10 sitios durante los meses de marzo y julio de 1986. Los resultados señalan que, física y químicamente, el agua superficial del Cañón de San Lorenzo no presenta ningún problema para cualquier uso que se le pretenda dar; pero, biológicamente no es recomendable que se consuma por los humanos como se ha estado haciendo en la actualidad; los resultados señalan también que existe una relación positiva entre el contenido de elementos químicos y bacterias coliformes, con la afluencia de visitantes y la presencia de precipitaciones y escurrimientos superficiales.

* Proyecto conjunto de investigación del Departamento de Protección y Restauración Ecológica, Delegación Coahuila, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, y del Depto. de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN, Saltillo, Coahuila.

1 Ing. Agr., M.S. y 3 Ing. Agr. Forestal, Maestros Investigadores del Depto. de Recursos Naturales Renovables. Div. Ciencia Animal, UAAAN.

2 y 4 Ing. Agr. Técnicos del proyecto de creación del Parque Nacional Cañón de San Lorenzo, Depto. Protección y Restauración Ecológica, SEDUE.

ANTECEDENTES

Es sabido que la ciudad de Saltillo cuenta con pocas áreas de esparcimiento para sus habitantes, sobre todo áreas naturales accesibles para el público en general, además de que las pocas que existen no cuentan con facilidades para la recreación. El área natural más cercana y preferida por los excursionistas saltilenses durante muchos años, es la conocida como Los Aguajes, en el Cañón de San Lorenzo, ya que presenta grandes atractivos escénicos. Sin embargo, además de no estar desarrollada mínimamente el área, es utilizada sin ningún control, lo cual representa un serio peligro debido a que posee recursos naturales únicos y en peligro de extinción.

En el año de 1976, con el fin de preservar y conservar los recursos naturales y estéticos que posee el Cañón de San Lorenzo, Reginaldo de Luna Villarreal, Víctor Blanco Izcabalceta y Jorge Galo Medina Torres, propusieron crear una reserva natural en dicha zona, para tener, además, un laboratorio en el que se pudieran llevar a cabo investigaciones científicas relacionadas con el manejo y uso del recurso natural, y para formar un área recreativa. La propuesta tuvo eco cuando el Programa de Desarrollo Regional de la Organización de Estados Americanos y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro llegaron a un acuerdo, encaminado a planear el uso, la conservación y el mejoramiento de la Sierra de Zapalinamé. Dicho convenio generó la publicación del Plan de Manejo del Cañón de San Lorenzo, en el cual Meganck y Carrera (1981), proponen desarrollar una zona de uso extensivo en Los Aguajes, con oportunidades de recreación, que permita a los visitantes disfrutar las bellezas escénicas del lugar.

Al crearse la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, la zona fue declarada área natural protegida e incluida en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, encontrándose en la actualidad en etapa avanzada el proyecto de decreto para la creación de un Parque Nacional en la Sierra de Zapalinamé, lo cual conlleva a desarrollar el área de Los Aguajes.

INTRODUCCION

El hombre, a través del tiempo, ha reconocido de una u otra forma la importancia que poseen los recursos naturales para su bienestar; los ecosistemas naturales aportan una gran variedad de recursos, bienes y servicios al humano, como son: la producción de madera, forraje, fibras, agua, minerales y fauna, además de servir para uso educativo, científico y recreativo.

El área conocida como Cañón de San Lorenzo, presenta recursos naturales que, por ser representativos de las zonas semiáridas, no poseen una producción alta; sin embargo, no por ello dejan de ser importantes, por lo cual es imprescindible proteger las especies vegetales y animales que han logrado sobrevivir, a pesar del uso que se le ha dado a esta zona por el hombre. A través del tiempo, los humanos han estado extrayendo algunas especies vegetales de la zona, tales como el cortadillo, sotol y laurel; además, es importante mencionar que en la Cuenca del Cañón de San Lorenzo, existen mantos acuíferos en el subsuelo, que abastecen parcialmente a la ciudad de Saltillo. Por otro lado, el área de Los Aguajes ha sido de gran atractivo para los excursionistas, ya que su clima es muy agradable, el paisaje posee gran belleza, y existen algunos cauces permanentes, por lo cual, es común encontrar personas acampando en el lugar.

Sin embargo, las actividades recreativas no han tenido ningún control, y en las orillas de los cauces puede apreciarse el impacto severo que han producido los excursionistas, induciendo fuertemente la erosión e incrementando paulatinamente la contaminación del lugar, al no haber ningún control en los desechos de los visitantes. A pesar de la contaminación que presenta el lugar, sigue siendo muy concurrido por los recreacionistas, sobre todo en épocas de vacaciones, los cuales en algunas ocasiones llegan a utilizar el agua para su propio consumo.

El impacto de la recreación sobre la calidad del agua, no ha recibido la atención debida (Carlson, 1971), y en México sigue siendo una gran verdad en la actualidad, ya que no se ha puesto el suficiente interés sobre la contaminación que es causada por los excursionistas.

En base a lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo el determinar algunas características químicas, físicas y biológicas del agua que corre en los cauces del paraje Los Aguajes.

REVISION DE LITERATURA

Por calidad del agua, se entiende a los atributos físicos, químicos y biológicos que afectan la disponibilidad del agua para el consumo humano, la agricultura, la industria, la recreación y otros usos que se le puedan dar (Dunne y Leopold, 1978; Lee, 1980; Turk *et al.*, 1984). Dado que el criterio de aceptación de la calidad del agua depende del uso que se le vaya a dar dentro del bosque o en los sitios aguas abajo del cauce, determinar la calidad del agua es una parte necesaria en una planeación comprensiva del uso del suelo (Douglass, 1974).

La calidad del agua, sin referirse al uso que se le va a dar, incluye las propiedades físicas, químicas y biológicas asociadas con el material mineral y orgánico que se encuentra suspendido o disuelto en el agua (Hewlett y Nutter, 1969). Dentro de las propiedades físicas que se incluyen al estudiar el agua, se pueden mencionar, entre otras: los sedimentos orgánicos e inorgánicos en suspensión, la dureza, la alcalinidad, los gases disueltos, el total de sólidos disueltos, la temperatura, la turbiedad, el oxígeno disuelto y la demanda de oxígeno biológico. Las propiedades químicas incluyen el estudio de todos los elementos químicos presentes en el agua, así como las mezclas de los mismos; los más importantes son: Na, K, Ca, Mg, CO_3 , SO_4 , Cl, HCO_3 y NO_3 ; finalmente, el estudio de las propiedades biológicas incluye, en forma primordial, la determinación del contenido de bacterias coliformes y no coliformes (Brown *et al.*, 1974; Dasher *et al.*, 1981; Carlson, 1971, Dunne y Leopold, 1978; Davis y DeWiest, 1971; Leaf, 1974; Sharpe y Dewalle, 1980; Hewlett y Nutter, 1969; Nelson y Hansen, 1984).

La contaminación de los escurrimientos superficiales en una cuenca hidrológica es influenciada por factores tales como: la intensidad de la lluvia, las características físicas de la cuenca, la cobertura del suelo y las distribuciones y densidades del ganado y la fauna silvestre (Nelson y Hansen, 1984). El incremento en la turbiedad y en los sedimentos del agua, son los cambios más importantes que toman lugar después de utilizar un bosque (Douglass, 1974). En términos generales, todas las concentraciones de los componentes químicos en el agua son bajas en áreas frías, y los valores de pH por lo regular son neutrales, alcanzando temperaturas desde 0 a 7°C (Leaf, 1974).

Brown *et al.* (1974) reporta análisis de la calidad del agua que se han estado realizando desde 1969 en los bosques de pino ponderosa en Arizona; estos autores reportan valores promedio de las siguientes características químicas en cuencas hidrológicas sin tratamiento: sólidos totales disueltos 14 mg/lit; Ca 5.1 mg/lit, Na 1.9 mg/lit, PO_4 0.16 mg/lit, NO_3 0.16 mg/lit, Fe 0.29 mg/lit, conductividad hidráulica variable de 38 a 65 mmho/cm, radio de absorción de sodio por abajo de 0.2. Concluyen que no se presentan variaciones consistentes entre las muestras tomadas y que el agua reúne la calidad necesaria para consumo humano, vida acuática y riego.

Una fuente poco común de nutrientes encontradas en el agua son los estacionamientos localizados cerca de los cauces o de los lagos, debido a que los desechos domésticos provenientes de los visitantes, raras veces entran a los cauces, y llegan a los lagos durante las fuertes lluvias (Fisher y Ziebell, 1980).

Los lagos construidos por el hombre tienen 2 fuentes iniciales de nutrientes en los cuales descansa su enriquecimiento: (1) la materia orgánica presente en el área antes de su construcción, y (2) los nutrientes que provienen de las cuencas hidrológicas producidos a partir de procesos culturales y naturales (Fisher y Ziebell, 1980). En el segundo de los casos, los nutrientes provienen principalmente de las actividades recreativas, y de los excrementos del ganado y de la fauna silvestre en los cauces intermitentes que se encuentran cercanos a los lagos, y los cuales producen grandes cantidades de nutrientes.

La mejor forma de expresar y evaluar la calidad biológica del agua, consiste en determinar la cantidad de organismos indicadores (McJunkin, 1986; Nelson y Hansen, 1984), dentro de los cuales, los más comunmente utilizados, son los del grupo coliforme, que incluyen a las bacterias de los géneros *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus* y *Aerobacter* (DESENY 1979; AWWA, 1968), los cuales provienen de descargas fecales del hombre y de todos los animales de sangre caliente. Esta prueba está dirigida a evaluar el grado de contaminación del agua, y brinda una estimación de la posibilidad de que existan patógenos en el agua en el momento del muestreo, o quizás en algún momento posterior (AWWA, 1968; Dasher et al., 1981; McJunkin, 1986; Turk et al., 1984).

Las altas concentraciones de bacterias dependientes del impacto del uso recreativo de una cuenca, parece depender de los grandes flujos de escurrimiento que se presentan durante la época de lluvias intensas (Leaf, 1974), y de los períodos de uso intensivo por los visitantes (Nelson y Hansen, 1984). Las cantidades de bacterias pueden variar de varios millones de colonias por mililitro, a menos de 10 000 colonias por 100 mililitros y, en términos generales, puede expresarse una relación positiva entre la cantidad de bacterias y el flujo de agua (Leaf, 1974). Sin embargo, el agua que se pretende utilizar para consumo humano, debe estar libre de organismos patógenos (Price, 1985).

La mayoría de los estudios llevados a cabo hasta ahora, en relación con el uso recreativo y sus efectos sobre la calidad del agua, concluyen que los impactos son mínimos. Nelson y Hansen (1984), en un estudio llevado a cabo en el parque nacional Tonto de Arizona, para determinar si las bacterias coliformes fecales se incrementan con el número de usuarios, encontraron que las poblaciones de bacterias han permanecido, dentro de los rangos permitidos para la calidad del agua, a través de 12 años de uso del parque con fines recreativos; sin embargo, las poblaciones bajas de bacterias se observan durante el período de poca recreación.

Dasher *et al.*, (1981) al estudiar los efectos de la recreación sobre la calidad del agua, en el parque nacional de las Montañas Guadalupe en Texas, encontraron que el uso recreativo no afecta significativamente la calidad del agua en los manantiales del parque, dado que el total de bacterias coliformes, total de sólidos suspendidos y la demanda de oxígeno químico, indicaron buena calidad.

La recreación orientada hacia los recursos hidráulicos, depende de la abundancia de agua de buena calidad; sin embargo, y al mismo tiempo, la recreación por sí misma puede causar detrimento a la calidad del agua (Carlson, 1971); generalmente en las playas, campamentos, lugares de pesca y áreas para día de campo, la multitud de paseantes se encuentra usando mal el ambiente. Las actividades recreativas en los bosques pueden tener impactos bastante serios en la calidad del agua, que van desde los impactos asociados con la erosión y la sedimentación al usar los vehículos fuera de los caminos, hasta la contaminación del agua a causa de las facilidades de la recreación como los sanitarios (Lee, 1980).

En un estudio realizado en la cuenca hidrológica del río Couche la Poudre, en el estado de Colorado, con el objetivo de determinar los efectos que el uso recreativo tiene sobre la calidad del agua, Aukerman y Springer (1976) encontraron que la mayoría de los casos en que se encontró contaminación del agua por bacterias, estuvieron asociadas con el uso de vehículos motorizados, mientras que los bajos contenidos de bacterias estuvieron asociadas con las áreas usadas sólo por alpinistas.

Walter y Bottman (1967), en estudios microbiológicos y químicos llevados a cabo en dos cuencas similares, una abierta y otra cerrada al uso recreativo en el estado de Montana, observaron que las concentraciones de bacterias coliformes fecales en la cuenca cerrada al público, fue mayor que en la cuenca hidrológica que tenía acceso al público; este incremento de bacterias en el agua, se debió posiblemente a las poblaciones de fauna silvestre presentes en el área, dado que después de abrir la cuenca al público, con uso limitado, se presentó una caída drástica en los niveles de las bacterias.

Lee *et al.* (1970), en un estudio llevado a cabo en Washington sobre los efectos del uso humano de las cuencas sobre la calidad del agua, utilizando 3 cuencas hidrológicas, sin uso, con uso controlado y sin control al público, concluyen que la influencia no pudo ser determinada a partir de poblaciones microbiológicas o características químicas del agua, debido al incremento de uso por la gente.

MATERIALES Y METODOS

El paraje Los Aguajes se encuentra localizado dentro de la cuenca hidro-
lógica San Lorenzo y del ejido Sierra Hermosa, a una longitud oeste de
100°55'39" y con una latitud norte de 25°19'55". El clima que presenta
de acuerdo a Meganck y Carrera (1981), es del tipo BSKw(e') con una preci-
pitación media anual por arriba de 500 mm; presenta una estación húmeda y
cálida de mayo a septiembre, y una seca y fría de octubre a abril. Descansan-
do sobre rocas calizas, los suelos son someros de color oscuro, su textura es
migajón arcilloso con moderado contenido de materia orgánica, estructura
en bloques y con alta erodabilidad. La vegetación es representativa de un
bosque deciduo templado, donde las especies dominantes son los encinos
(*Quercus mexicana* y *Q. rugosa*), el sauz (*Salix lasiolepis*), el fresno (*Fraxi-
nius cuspidata*), el alamillo (*Populus* sp); además, es posible encontrar indi-
viduos de pino piñonero (*Pinus cembroides*) y pino prieto (*P. gregii*). El área
es utilizada con fines recreativos y para la extracción de leña, madera y algu-
nos otros productos vegetales.

Al inicio del estudio se seleccionaron 10 sitios al azar, entre los cauces
del área, en los cuales se acumula agua, algunos de ellos cercanos a los luga-
res donde acampan los excursionistas y otros alejados de ellos. En cada si-
tio se tomaron muestras de 2 litros para los análisis químicos y físicos, en
recipientes previamente lavados, y muestras de 250 ml en frascos esteriliza-
dos para análisis biológicos; ambos, durante la segunda semana de marzo y la
última del mes de julio de 1986. Dichas muestras se trasladaron inmediata-
mente al laboratorio, donde los análisis biológicos se efectuaron antes de 24
horas, y antes de 96 horas los análisis químicos y físicos.

En el laboratorio se analizó la conductividad eléctrica usando el conduc-
tímetro; la alcalinidad F y los carbonatos, a través de la titulación con áci-
do y fenolftaleína; la alcalinidad T y los bicarbonatos, utilizando la titula-
ción con ácido y colorante; la dureza y el calcio, con el método volumétrico
usando EDTA; los sulfatos con el turbidímetro; los cloruros con nitrato de
plata; el magnesio a través de la diferencia entre dureza total y dureza del
calcio; el potasio, y el manganeso, usando la absorción atómica; el pH, con
el potenciómetro; y sólidos totales disueltos con el determinador de sólidos.
La técnica utilizada para determinar el contenido de bacterias fue la membra-
na millipore.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de los análisis químicos, físicos y biológicos del agua superficial, llevados a cabo, se muestran en los Cuadros 1 y 2 para los meses de marzo y julio respectivamente. Como se observa en éstos, los contenidos de calcio y magnesio son relativamente altos, y presentan un rango de variación de 99 y 85 mg/lit, para los meses de marzo y julio respectivamente para el primer elemento; por su parte, el magnesio presentó fluctuaciones de 100 mg/lit en la época de invierno, y 73 mg/lit en el verano; en ninguno de los 2 casos se encontró relación entre el contenido de los elementos y la altitud de los sitios. Al comparar los valores medios de los 2 elementos, se observa que los contenidos son mayores en el mes de julio; esto es explicable por el disturbio mayor del agua en dicho período.

Los datos del contenido de calcio y magnesio señalan grandes cantidades de esos elementos, lo cual es de esperarse por la geología que presenta el área, dado que el material parental, o roca madre, está constituido, en términos generales, por rocas areniscas principalmente, calizas y dolomitas, con un fuerte contenido de calcio ambas, y de magnesio la segunda; además, en el lugar ha sido posible encontrar algunos feldespatos con alto contenido de calcio.

Al discutir la presencia de los elementos químicos en estudio, se hace necesario establecer un punto de comparación con los resultados, por ello, en este momento, los contenidos se cotejan con las normas establecidas para el agua que puede consumir el humano, pues son éstas las más estrictas, considerándose que los demás usos que puedan darse al agua requieren de menor rigidez. Aunque el calcio aparenta presentarse en grandes cantidades, el contenido de este elemento, en las muestras analizadas, no representa ningún inconveniente para el uso que se le pretendiera dar al agua, pues aun, si se pensara utilizar para consumo humano, sin considerar otras características, el calcio encontrado en el agua superficial es mucho menor a la demanda diaria del elemento en un individuo. El magnesio, por otro lado, se puede decir que se encuentra en grandes cantidades en algunos sitios, ya que rebasa la norma (125 mg/lit) que tienen establecidas las autoridades para que el agua pueda ser consumida por el hombre, ya que el magnesio en exceso tiene efectos laxantes; en relación con este componente, no debería permitirse que el agua superficial sea consumida por los visitantes al Cañón de San Lorenzo.

Cuadro 1. Características físico químicas y biológicas del agua superficial en 10 sitios del paraje Los Aguajes del Cañón de San Lorenzo. Marzo 1986.

Sitio	Ca	Mg	SO ₄ mg/lit	ClO ₃	S.T.D.	HCO ₃ mg de CaCO ₃ /lt	A.T.	DUE	C.E. μ ohm/cm	Temp. °C	BCT	pH
1	145	132	140	130	300	175	120	280	300	1.0	0	7.3
2	175	177	167	140	260	105	105	352	260	1.0	0	7.3
3	124	164	153	120	250	132	132	288	250	1.0	0	7.4
4	191	179	183	128	370	187	187	372	370	0.0	0	7.3
5	200	120	202	180	360	197	197	320	360	0.0	3	7.7
6	195	175	198	128	340	185	185	360	340	0.0	1	7.4
7	158	132	157	128	230	168	168	280	230	0.0	9	7.6
8	186	114	187	128	300	148	148	200	300	0.0	12	7.6
9	101	79	169	156	240	179	179	180	240	0.0	11	7.6
10	180	120	153	120	310	205	205	300	310	1.0	2	7.7
$\bar{x}$	166	139	171	136	296	168	163	293	296	0.4	3.8	7.5

STD = Sólidos totales disueltos

C.E. = Conductividad eléctrica

B.C.T. = Bacteria coliformes totales
(Colonias por cada 100 ml)

AT =

DUE =

Alcalinidad total

Dureza

Cuadro 2. Características físico químicas y biológicas del agua superficial en 10 sitios del paraje Los Aguajes del Cañón de San Lorenzo, Julio de 1986.

Sitio	Ca	Mg	SO ₄ mg/lt	ClO ₃	S.T.D.	HCO ₃	A.T. mg de CaCO ₃ /lt	DUE	C.E. μ ohm/cm	Temp. °C	BCT	pH
1	145	138	158	122	320	165	150	320	320	3	0	7.5
2	185	170	169	148	276	134	108	372	272	3	1	7.4
3	138	160	150	126	265	150	125	280	270	4	0	7.5
4	208	175	197	147	380	190	172	338	380	3	9	7.4
5	203	142	205	188	350	196	180	310	340	4	0	7.7
6	205	178	197	138	350	185	192	360	350	4	28	7.7
7	170	138	162	142	270	178	175	290	275	3	55	7.6
8	180	124	193	135	312	152	150	236	310	3	69	7.7
9	120	105	175	150	242	187	173	190	240	3	40	7.7
10	176	126	165	132	308	192	192	196	308	3	30	7.6
$\bar{x}$	173	146	177	143	307	173	162	299	307	4	23	7.6

STD = Sólidos totales disueltos
 C.E. = Conductividad eléctrica
 B.C.T. = Bacterias coliformes totales
 (Colonias por cada 100 ml)

AT = Alcalinidad total
 DUE = Dureza

Además de los elementos anteriores, se analizó la presencia de manganeso y fierro; los resultados muestran que no existen trazas de manganeso en el agua que corre en los cauces de Los Aguajes, en ninguno de los 2 tiempos de muestreo. Por otro lado, el fierro se presentó en mínima cantidad (0.1 mg/lit) nada más en un sitio de estudio, y sólo durante el mes de julio, lo cual no representaría ningún peligro para cualquier uso del agua, ya que las normas señalan para el consumo humano cantidades no mayores de 0.3 mg/lit de concentraciones totales de fierro y manganeso en forma conjunta; la presencia de fierro en esta muestra, está otra vez en función del disturbio del agua presente en el verano a causa de la presencia humana y de las fuertes lluvias que provocan desprendimiento y arrastre del suelo. El elemento cobre no se encontró en ninguna de las muestras tomadas en ambas ocasiones.

Se determinó también el contenido de sulfatos en el agua de Los Aguajes, y se encontró que las cantidades fluctúan hasta por 55 mg/lit durante la temporada de no presencia humana y de mínima erosión natural, y hasta de 62 mg/lit durante la época de lluvias y de uso del área por los visitantes, manteniéndose los contenidos de sulfatos más o menos similares para las 2 fechas en cada sitio, al compararlos entre ellos. Este radical es importante al estudiar la calidad del agua, sobre todo cuando se tiene en mente utilizarse para consumo humano, ya que produce efectos laxantes a las personas; sin embargo, el contenido de sulfatos, en el área de estudio, no representa gran problema, ya que la cantidad máxima permitida por las autoridades en un litro de agua es de 250 mg.

La cantidad de cloruros, al igual que lo discutido y presentado hasta el momento, presentó comportamiento similar con cantidades mayores en las muestras tomadas en el mes de julio, que en lo analizado en marzo; su rango de variación es de 60 mg/lit en el verano y 66 mg/lit en el mes de marzo. En este caso, la cantidad de cloruros presenta en cada una de las muestras, puede decirse que es mínima, ya que es permisible que el agua contenga 250 mg/lit, pues las reacciones fisiológicas ocasionadas por los cloruros en el hombre, no se presentan hasta alcanzar valores que sobrepasan el doble de la norma.

En el contenido de sólidos totales disueltos en el agua, se observa que las cantidades varían mucho entre los sitios de estudio en ambas ocasiones; así se tiene que en el mes de marzo hay un rango de hasta 140 mg/lit, y de 138 mg/lit en el mes de julio. En todos los lugares de muestreo la cantidad de material sólido total está muy por abajo de la norma establecida (500 mg/lit

para el hombre) para todos los usos, presentándose por lo regular valores un poco más elevados en el verano, debido a las causas que se han estado mencionando.

Los bicarbonatos, la alcalinidad total del agua y la dureza de la misma, están determinadas en función del contenido de carbonatos de calcio. El contenido de bicarbonatos varía desde 105 hasta 205 mg/lit en marzo, y de 134 a 196 mg/lit en julio, encontrándose una media mayor en el verano, pero menor fluctuación entre sitios en esta misma época; al igual que el contenido de calcio en el agua, el contenido de bicarbonatos no tiene una norma establecida, por lo cual en este estudio debe considerarse que el agua superficial del Cañón de San Lorenzo no presenta ningún problema en relación con dicho radical.

La alcalinidad, por otro lado, varía en 100 mg de CaCO_3 /lit entre sitios para el mes frío, y en 84 mg de CaCO_3 /lit en el mes cálido; otra vez los contenidos son variables entre sitios y entre épocas, pudiéndose decir que no existe problema de alcalinidad, ya que esta variable, de acuerdo con la literatura, no debe exceder a la dureza para considerar el agua de buena calidad y, además, se menciona también que cuando el pH del agua está por arriba de 7.0, la alcalinidad puede alcanzar valores hasta de 350 mg de CaCO_3 /lit. Ahora bien, como la dureza es producida por el calcio y el magnesio, se puede decir que esta agua no es suave, y varía en 190 mg/lit en marzo, 180 mg/lit en julio, y tiene mayores valores durante el verano.

La conductividad eléctrica es regular, dado que se encuentra en función del contenido total de sólidos y, como ya se dijo anteriormente, el contenido de sólidos totales disueltos está dentro de las normas establecidas, la conductividad eléctrica tiene fluctuaciones de hasta 140 mg de CaCO_3 /lit entre sitios, para el invierno y el verano.

El contenido de bacterias coliformes totales fue menor en las muestras de agua tomadas en el mes de marzo que las del mes de julio; esto se debe a que, en el primero, las temperaturas del agua fueron menores, lo cual lógicamente disminuye la posibilidad de desarrollo de las bacterias; además, en el momento del muestreo no había mucha influencia humana, pues la afluencia de visitantes es casi nula en el período de octubre a marzo, lo cual no disturba mucho el agua. Durante el verano las colonias presentes fueron muy grandes en primer término, porque existe una mayor temperatura del agua que incrementa las posibilidades de desarrollo de las bacterias, debido tam-

bién a la gran afluencia de visitantes en los últimos tres meses, y a presencia de precipitaciones que provocan escurrimientos superficiales, los cuales arrastran los desechos cercanos a Los Aguajes.

Los mismos datos muestran un mayor contenido de bacterias coliformes en los sitios localizados aguas abajo de los cauces (los sitios se enumeraron a partir del de mayor altitud); por otro lado, las áreas preferidas para acampar se encuentran muy cercanas a los sitios 6, 7, 8 y 9, localizándose a un lado de los sitios 7 y 9 campamentos que ayudan a incrementar la contaminación del agua. Los primeros 4 sitios se encuentran relativamente retirados de las áreas de acampar y aguas arriba de las mismas, lo cual explica el poco contenido de bacterias coliformes. En términos generales, el contenido alto de bacterias coliformes, en el Cañón de San Lorenzo, está asociado con el período de mayor recreación, lo cual concuerda con lo reportado por Nelson y Hansen (1984).

De acuerdo con los resultados bacteriológicos, existen posibilidades de que, si los visitantes del área consumen el agua, pueden contraer enfermedades, ya que los niveles de bacterias coliformes están por arriba del nivel permitido (2 colonias por cada 100 ml). Por otro lado, la ausencia de organismos coliformes en algunos sitios, no indica necesariamente que no exista riesgo de adquirir enfermedades ya que, como menciona McJunkin (1986), la ausencia de organismos coliformes no brinda una medida de seguridad respecto a la presencia de virus y protozoarios patógenos; además de que en todos los sitios fueron encontradas bacterias no coliformes, sin haberse detectado el tipo y la cantidad.

CONCLUSIONES

1. Física y químicamente, el agua superficial de Los Aguajes en el Cañón de San Lorenzo, no presenta ningún problema para cualquier uso que se le pretenda dar.
2. Biológicamente el agua se encuentra contaminada con bacterias coliformes, por lo cual es recomendable que los visitantes no la utilicen para consumo humano.
3. El contenido de elementos químicos y bacterias es mayor durante la época en que se concentran los visitantes, y en que inciden las precipitaciones y escurrimientos superficiales.

4. Se recomienda emprender un programa de educación entre los visitantes, para evitar que se siga contaminando el agua y sea consumida por el hombre.

BIBLIOGRAFIA

- American Water Works Association (AWWA). 1968. Agua; su calidad y tratamiento. Manual preparado por la American Water Works Association. México, D.F. UTEHA. 564 p.
- Aukerman, R. and W.T. Springer. 1976. Effects of recreation on water quality in wildlands. Fort Collins, Colo. USA. Eisenhower Consortium Bulletin No. 2. U.S.D.A. For Serv. Rocky Mtn. For and Range Exp. Sta. 10 p.
- Brown, H.E., M.E. Baker, J.J. Rogers, W.P. Clary, J.L. Kouner, F.R. Larson, Ch. C. Avery and R.E. Campbell. 1974. Opportunities for increase water yields and other multiple use values on ponderosa pine forest lands. Fort Collins, Colo. USA. Res. Pap. RM-129. Rocky Mtn. For. and Range Exp. Sta. For Serv. 36 p.
- Carlson, R.E. 1971. The recreational uses of water. En: Monke, E.J. (ed) Biological effects in the hydrological cycle. Procc. of 3th International Seminar for hydrology professors. Dept. of Agricultural Engineering. West Lafayette, Indiana. USA. Purdue University. pp. 265-274.
- Dasher, D.H.; L.V. Urban, M.J. Dvoracek and E.B. Fish. 1981. Effects of recreation on water quality in Guadalupe Mountains National Park. Transactions of the ASAE USA. 24(5):1181-1187.
- Davis, S.N. and DeWist, R.J.M. 1971. Hidrogeología. Barcelona, España. Ediciones Ariel. pp. 138-178.
- Departamento de Sanidad del Estado de New York (DESENY). 1979. Manual de tratamiento de aguas. México, D.F. Editorial Limusa. pp. 57-78.
- Douglass, J.E. 1974. Watershed values: Important in land use planning on southern forests. Jour. of Forestry 72(10):617-621.

- Dunne, T. and L.B. Leopold. 1978. Water in environmental planning. San Francisco, Cal. USA. W.H. Freeman and Company. p. 713-766.
- Fisher, C.J., and Ch. D. Ziebell. 1980. Effects of watershed use on water quality and fisheries in an Arizona mountain lake. Fort Collins, Colo. USA. Eisenhower Consortium Bulletin No. 7. U.S.D.A. For. Serv. Rocky Mtn. For. and Range Exp. Sta. 8 p.
- Hewlett, J.D. and W.L. Nutter. 1969. An outline of Forest hydrology. Athens Georgia. University of Georgia Press. pp. 127-132.
- Leaf, Ch.F. 1974. Watershed management in the central and southern Rocky Mountains: A summary of the status of our knowledge by vegetation types. Fort Collins, Colo. USA. Res. Pap. RM-142 Rocky Mtn. For. Serv. 28 p.
- Lee, R. 1980. Forest hydrology. New York, N.Y. Columbia University Press. 349 p.
- Lee, R.D., J.M. Symmons and G.G. Robeck. 1970. Watershed human-use level and water quality. Jour. of the Am. Water Works Assoc. pp. 412-422.
- McJunkin, F.E. 1986. Agua y salud humana. Organización Panamericana de la Salud. México, D.F. Editorial Limusa. pp. 113-140.
- Meganck, R.A. y J. Carrera L. 1981. Plan de manejo para el uso múltiple del Cañón de San Lorenzo. Saltillo, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Organización de los Estados Americanos. 134 p.
- Nelson, D.E. and W.R. Hansen. 1984. Fecal coliform in the salt river recreation areas of Arizona. Jour. of Forestry. 82(9):554-555.
- Price, M. 1985. Introducing groundwater. London WCIA ILU U.K. George Allen & Unwin Publishers. pp. 153-168.
- Sharpe, W.E. and D.R. DeWalle. 1980. Water quality. En: Lee, R. (ed) Forest hydrology. New York, N.Y. Columbia University Press, pp. 217-265.

- Turk, A., J. Turk and J.T. Wittes. 1984. Ecología-Contaminación-Medio Ambiente. México, D.F. Nueva Editorial Interamericana. pp. 115-140.
- Walter, W.G. and R.P. Bottman. 1967. Microbiological and chemical studies of on open and closed watershed. J. of Envir. Healt. 30:157-163.