

## Diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales en la región de Los Altos Norte de Jalisco, México

### Diagnosis of surface water quality in Los Altos Norte region of Jalisco, Mexico

**Recibido:** 15 de marzo del 2017  
**Aceptado:** 11 de septiembre del 2017  
**Publicado:** 7 de febrero del 2019

Aldo Antonio Castañeda Villanueva<sup>\*o</sup>, Hugo Ernesto Flores López<sup>\*\*</sup>,  
Ruth Alfaro Cuevas-Villanueva<sup>\*\*\*</sup>

#### Cómo citar:

Castañeda Villanueva, A. A., Flores López, H. E., & Cuevas-Villanueva, R. A. (2018). Diagnóstico de la calidad de las aguas superficiales en la región de Los Altos Norte de Jalisco, México. *Acta Universitaria*, 28(6), 1-13. doi: 10.15174/au.2018.1843

\* Centro Universitario de Los Altos, Universidad de Guadalajara. Carretera a Yahualica Km. 7.5 CP 47600. Tepatitlán de Morelos Jalisco. Teléfono: 3787828033. Correo electrónico: aldocasta@hotmail.com.

\*\* Campo experimental Centro Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

\*\*\* Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>o</sup> Autor de correspondencia.

#### Palabras Clave:

Región Altos Norte; Calidad del agua; Jalisco México.

#### Keywords:

Los Altos Norte region; water quality; Jalisco, Mexico.

## RESUMEN

La región de los Altos Norte se ubica en la parte noreste del estado de Jalisco dentro de la cuenca de Río Verde en la región Hidrológica Lerma - Santiago. En esta región, el principal producto del sector ganadero es el huevo para plato que representa el 49.8% de la producción total (2013). Gran parte de los residuos generados en la región por la actividad doméstica, pecuaria e industrial no son manejados adecuadamente ocasionando graves deterioros ambientales. En el presente trabajo se comparan los análisis de 20 puntos de muestreo de aguas superficiales distribuidos en los 8 municipios que conforman la región en dos ocasiones (2014 y 2016), detectándose cierto grado de contaminación en los cuerpos de agua estudiados en todos los municipios. Los que presentan mayor grado de contaminación son: Lagos de Moreno, San Juan de Los Lagos, Unión de San Antonio, Villa Hidalgo y en la última evaluación San Diego de Alejandría, los municipios con menor grado de contaminación son Encarnación de Díaz, Ojuelos y Teocaltiche.

## ABSTRACT

Los Altos Norte region is located in the northeastern part of the state of Jalisco, within the Río Verde basin in the Lerma - Santiago hydrological region. In this region, the main product of the livestock sector is the table egg that represents 49.8% of the total production (2013). Much of the waste generated in the region by domestic, livestock and industrial activity is not properly managed, causing serious environmental deterioration. In the present work, the analysis of 20 sampling points of surface water distributed throughout the 8 municipalities that make up the region were compared on two occasions (2014 and 2016), detecting some degree of contamination in the studied bodies of water in all municipalities. The most contaminated samples are: Lagos de Moreno, San Juan de Los Lagos, Union de San Antonio, Villa Hidalgo and, on its last evaluation, San Diego de Alejandria. On the other hand, the municipalities with the lowest pollution are Encarnacion de Diaz, Ojuelos and Teocaltiche.

## INTRODUCCIÓN

En el año de 1998 se instituyó la "Regionalización administrativa" del estado de Jalisco para promover el progreso de la entidad, congregándose los 125 municipios en 12 regiones (figura 1), cada una asumiendo a un municipio sede que hace la función de centro neurálgico de la región (Ramírez & Martínez, 2006).

Por su parte, la región de Los Altos Norte se ubica en la parte norte del estado de Jalisco muy próximo al estado de San Luis Potosí, cuenta con una superficie territorial de 8882.23 km<sup>2</sup>, que corresponde al 11% de la superficie estatal total. Limita al norte con los estados de Aguascalientes y Zacatecas, al este con Zacatecas y Guanajuato, al oeste con Zacatecas y al sur con la región Altos Sur de Jalisco. Los 8 municipios que conforman esta región y su extensión territorial aparecen en la tabla 1, asimismo su ubicación geográfica se puede apreciar en la figura 2.

Esta región se enclava dentro de la región hidrológica Lerma-Santiago y el Río el Salado con presencia en 3 cuencas hidrológicas: Río Verde Grande, Lerma-Salamanca y San Pablo, siendo la cuenca del Río Verde la dominante. El municipio sede es Lagos de Moreno, los municipios más poblados son: Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos y Encarnación de Díaz, los cuales tienen en conjunto 270 432 habitantes lo que equivale al 70.55% de la población total de la región, siendo este el criterio de ciudad-región que se ve beneficiado al proponer tres nodos (Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos y Encarnación de Díaz) con un perfil poblacional que permite un desarrollo más homogéneo entre los municipios.

La región tiene una ubicación geográfica favorable, ya que se encuentra dentro del corredor de Los Altos que forma parte de la ruta del Tratado de Libre Comercio (Tlcan) que parte desde el noroeste de Canadá hasta el puerto de Manzanillo, Colima; además guarda una excelente conectividad con los estados y principales ciudades del centro del país.

Esta región es una importante zona de producción textil, principalmente de prendas de vestir (Villa Hidalgo), colindando con otras áreas de desarrollo importantes como Aguascalientes, los polos de comercialización más relevantes son: Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos, el primero por la ubicación geográfica e importancia por ser cabecera de la región y el segundo por la cantidad de visitantes que registra en todo el año debido a que en este municipio se encuentra uno de los principales centros religiosos del país, la parroquia de nuestra Señora de San Juan de los Lagos que además colinda con otro centro religioso que es el de Santo Toribio junto con la región de Los Altos Sur forman parte de la denominada ruta cristera que abarca también los estados de Aguascalientes y Zacatecas.



Figura 1

Regionalización del estado de Jalisco.  
Fuente: Ramírez & Martínez, 2006.

Tabla 1 Superficie total por municipio de la región Altos Norte, respecto al total regional y el total estatal

Municipio	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje del total regional	Porcentaje del total estatal
1. Encarnación de Díaz	1296.97	14.60	1.62
2. Lagos de Moreno	2849.36	32.08	3.56
3. Ojuelos	1316.62	14.82	1.64
4. San Diego de Alejandria	432.32	4.87	0.54
5. San Juan de los Lagos	874.47	9.85	1.09
6. Teocaltiche	913.77	10.29	1.14
7. Unión de San Antonio	687.79	7.74	0.86
8. Villa Hidalgo	510.93	5.75	0.64
Total Regional	8882.23	100	11.08
Total del Estado	80 137	100	

Fuente: Prontuario Estadístico Regional Jalisco, 2003.

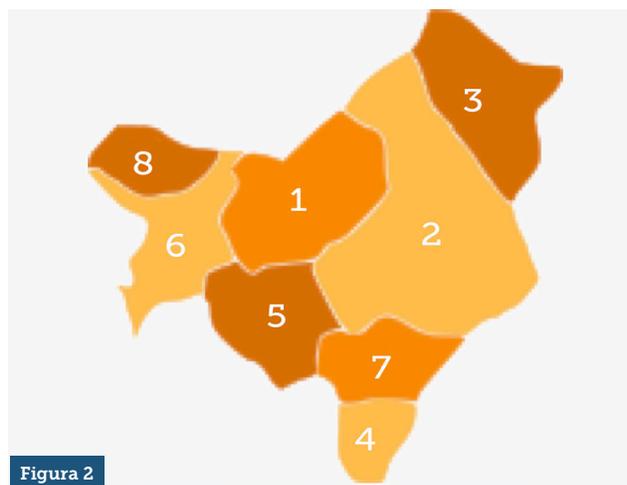


Figura 2

Ubicación de los municipios de la región Altos Norte.  
Fuente: Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jal) (2012).

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, en 2012 la región Altos Norte ocupó el primer lugar a nivel estatal en la producción de leche (32%), bovino para carne (14.85%) y aves para carne (36%), y segundo en la producción de miel (24%), huevo (39%) y ganado porcino (25%). Por otro lado, el sector secundario que abarca el porcentaje más alto de población ocupada es el relacionado con la minería, extracción de petróleo y gas, industria manufacturera, electricidad, agua y construcción con el 31.25%. En segundo sitio se encuentra el sector servicios (transporte, gobierno y otros servicios) con el 25.91% de la población ocupada de la región. Cabe destacar que esta región ha mantenido un buen crecimiento poblacional, aunado al nivel socioeconómico de la población y a que existen agendas y proyectos estratégicos que comparten acciones bajo esquemas regionales con otras regiones como la de Los Altos Sur.

Topográficamente la región se caracteriza por presentar tres formas de relieve, las zonas accidentadas, las zonas semiplanas y las zonas planas. Las primeras presentan las elevaciones más importantes de cerros, montañas y derivaciones de la Sierra Madre Occidental, en las semiplanas se encuentran lamerías y terrenos ondulados, las zonas planas presentan mesas, mesetas y varios valles. Todos los municipios de la región se encuentran dentro de las coordenadas geográficas extremas: 21° 0', 21° 52' de latitud norte; 101° 36', 102° 41' longitud oeste y una altitud que va de 1740 m s.n.m. a 2220 m s.n.m. Se destaca la presencia de dos importantes accidentes fisiográficos: la cañada abierta de la cuenca del Río Verde Grande, con casi 5000 km<sup>2</sup> de superficie, la cual discurre sobre una plataforma semiplana, ligeramente inclinada al suroeste y un macizo de pie de monte, localizado al noreste entroncando en una planicie para dar paso al altiplano guanajuatense. Una parte de la región la más septentrional, se encuentra en la provincia fisiográfica VIII Mesa Central, mientras que la mayor parte está comprendida en la zona nororiente del eje Neovolcánico. Únicamente una pequeña parte al oeste de Villa Hidalgo y Teocaltiche, se ubica en la zona transicional entre la Sierra Madre Occidental y el eje Neovolcánico, por lo que tiene una vegetación variada. La provincia Mesa Central está representada por una subprovincia y dos discontinuidades fisiográficas. La subprovincia fisiográfica Altos de Jalisco es la única representada en la provincia llamada eje Neovolcánico pero es la más extensa y diversa en cuanto a su fisonomía, presentándose principalmente las topoformas Meseta Lábrica, asociada con lomeríos en casi la totalidad de los municipios de Unión de San Antonio y San Diego de Alejandría, mientras que en el resto se alternan las topoformas piso de valle y lomerío suave en arenisca conglomerado, extendiéndose al sur de Encarnación de Díaz, al centro y suroeste de Lagos de Moreno, al norte de San Juan de los Lagos y en casi

la totalidad de Teocaltiche. Solo en una pequeña parte, al sur de San Juan de los Lagos, se encuentra conformada por valles con terrazas y corresponde a la cuenca inmediata del Río Verde, afluente del Río Grande de Santiago. Estas características fisiográficas explican el desarrollo de la región, así como de la actividad ganadera, perteneciendo una buena parte de la región a la cuenca lechera de Los Altos. Sin embargo, aunque la región presenta algunas de las condiciones naturales idóneas para dicha actividad, los recursos no deben ser sobre-explotados ya que, en un breve plazo, podrían verse agotados y consiguientemente presentarse un decrecimiento en esta importante actividad para la región.

Como ya se ha mencionado, la mayor parte de la región se sitúa dentro de la cuenca de Río Verde, la cual presenta evidencias de graves impactos ecológicos en sus sistemas naturales de dren. La cuenca del Río Verde pertenece a la Región Hidrológica No. 12 Lerma - Santiago, localizada entre las coordenadas geográficas 20°42' y 22° 43' de latitud Norte, 101° 15' y 103° 17' de longitud Oeste, se extiende en un área de captación de aproximadamente 20 502 km<sup>2</sup>, distribuyéndose en los estados de Guanajuato, Zacatecas, Aguascalientes y Jalisco, correspondiendo, a este último 13 925 km<sup>2</sup>. La pendiente general del colector (Río Verde) es de 0.37%, sus afluentes principales son los ríos Encarnación, Teocaltiche, Lagos, Jalostotitlán y del Valle.

Las características demográficas generales de las subcuencas contenidas en la región de Los Altos Norte, son las siguientes: Subcuenca del Río Lagos: Incluye a las cabeceras municipales de Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos, San Julián y Unión de San Antonio con 75 220, 39 331, 11 030 y 5589 habitantes respectivamente, además a la localidad de Tlacuitapán en el municipio de Unión de San Antonio, con 1586 habitantes. La subcuenca del Río Encarnación, la cual incorpora la cabecera municipal del mismo nombre, con 19 646 habitantes y las localidades de Bajío de San José y los Sauces, en el mismo municipio con 3154 y 2422 habitantes, respectivamente. La subcuenca del Río Aguascalientes, en esta subcuenca se considera la cabecera municipal de Villa Hidalgo, con 10 043 habitantes, la subcuenca del Río Teocaltiche, considerando a la cabecera municipal del mismo nombre con 20 648 habitantes y a la población de Mechoacanejo en el mismo municipio, con 2092 habitantes.

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, la región de Los Altos Norte contaba con 383 317 habitantes, de los cuales, 185 360 son hombres (48.4%) y 197 957 son mujeres (51.6%), es decir el número de mujeres supera al de hombres en 12 597 personas, este volumen de población regional representa el 5.2% del total estatal (tabla 2).

**Tabla 2** Población por sexo, porcentaje en el municipio.  
 Región Altos Norte, 2000-2010

Municipio	Poblacion Total (2000)	Poblacion total (2010)	Porcentaje en la región (2010)	Hombres (2010)	Mujeres (2010)
Encarnacion de Diaz	46 421	51 396	13.4	24 692	26 704
Lagos de moreno	128 118	153 817	40.1	74 472	79 345
Ojuelos	27 230	30 097	7.9	14 636	15 461
San Diego de Alejandria	6384	6647	1.7	3,172	3475
San Juan de los lagos	55 305	65 219	17	32 066	33 153
Teocaltiche	37 999	40 105	10.5	18 973	21 132
Unión de San Antonio	15 664	17 325	4.5	8306	9019
Villa Hidalgo	15 381	18 711	4.9	9,043	9668
Total Regional	332 502	383 317	100	185 360 (48.40%)	197 957 (51.6%)

Fuente: Instituto de Información Estadística y Geográfica (INEGI) (2010).

El patrón de distribución territorial de la población en la región está dominado por una notable dispersión de la población en cientos de localidades pequeñas, en el 2010 existían cinco localidades urbanas mayores a 15 000 habitantes que concentraban el 13% de los habitantes y en contraste existían 1432 centros de población menores a 250 habitantes que concentraban el 12.4% de la población, los municipios que concentran mayor población son Lagos de Moreno con 153 817 habitantes y San Juan de los Lagos con 65 219 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2010).

Por otro lado, el Río Verde es uno de los más importantes afluentes del Río Santiago, por su extensión y considerable volumen medio anual escurrido, aportando un gasto medio anual de 28 m<sup>3</sup>/s, se origina a 20 km al sur de Zacatecas, Zac., toma un rumbo inicial hacia el sur y es conocido en esta zona como Río San Pedro, pasa por la ciudad de Aguascalientes y a 17 km, aguas por debajo de esta sus escurrimientos son almacenados en la presa El Niágara. Siguiendo con la misma dirección, entra en el territorio del estado de Jalisco y cambia su nombre, ahora por el de Río Verde a partir de la confluencia con el arroyo El Rincón, a 3 km aproximadamente aguas arriba del poblado San José de Ajojuar. A la altura del poblado Belén del Refugio, cambia de dirección ahora, con el rumbo suroeste, el cual conserva hasta su confluencia con el río Santiago. Entre sus principales tributarios, dentro del estado de Jalisco, se tienen los siguientes ríos, enlistados de aguas arriba hacia aguas abajo, de acuerdo con su confluencia con el Río Verde: Encarnación, Teocaltiche, San Juan de los Lagos, Jalostotitlán, Ipalco, El Salto y Tepatitlán. Los tres primeros se desarrollan en territorio de la región de Los Altos

Norte y los otros tres corresponden, geográficamente, a la región Altos Sur. Todas las corrientes secundarias tributarias al Río Verde son intermitentes, es decir, solo llevan agua en temporada de lluvias a excepción de los arroyos que se les descargan aguas residuales.

Dentro de la cuenca del Río Verde, se encuentran diversas presas, entre las que destacan las siguientes: Plutarco Elías Calles, Abelardo L. Rodríguez, El Niágara, El Cuarenta, Mexxicacán, El Estribón, San Miguel, Pabellón y Ajojuar, las dos últimas son derivadoras y otras presas de almacenamiento, así como innumerables aprovechamientos secundarios y terciarios (represas y bordos).

En una gran franja localizada al sur de la región, la cual se desarrolla desde Villa Hidalgo hasta San Diego de Alejandria, incluyendo una restringida área de Ojuelos, las condiciones son más favorables y se presenta un clima templado con lluvias en verano, donde se favorece el desarrollo de tipos de vegetación más densa y propia de ambientes semicálidos.

Es importante señalar que existe una estrecha relación entre los índices de precipitación pluvial de la región y la generación de diversas cadenas climáticas cuya formación se ve favorecida por la hidromorfología de la cuenca del Río Verde. Por lo que a lo largo de este escurrimiento, es posible apreciar variaciones climáticas que han favorecido la operación de diferentes actividades económicas en Altos Norte, la precipitación total al año varía desde menos de 500 mm hasta 700 mm, lo que representa volúmenes precipitados importantes para ser una región semiárida, los meses de mayor precipitación son agosto y septiembre, con un rango de 160 mm a 170 mm y el más seco es febrero, con precipitaciones menores a 5 mm.

El valor de la producción ganadera en la región Altos Norte mantuvo una tendencia creciente durante el periodo 2009-2013, siendo este último año el que registró el mayor crecimiento en el valor de la producción ganadera, en ese mismo año la producción ganadera de la región contribuyó con el 32.3% del total estatal, siendo el más importante en comparación con años anteriores. Durante 2013 el principal producto del sector ganadero de la región fue el huevo para plato, con un valor de la producción de 10 588 millones de pesos y que representa el 49.8% del total de la producción, seguido por la carne de ave 18.4%; leche de bovino 15.8%; carne porcina 9.8%; carne bovina 5.9% y el restante 0.3% en otros productos (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]/ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [Sagarpa]/ Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable [Oeidruss], 2013). La producción de carne en canal de la región, comparada con la

producción estatal y nacional se puede apreciar en la tabla 3, donde se destaca la producción de carne de ave (representando el 4.22% de la producción nacional) y de porcino (5.01% de la producción nacional).

De los restantes productos pecuarios que se generan en la región, se destacan principalmente el huevo para plato ya que se produce más del 39.6% de la producción del estado, representa más del 20.7% de la producción nacional. Así mismo, la producción de leche bovino que contribuye con el 33.6% de la producción estatal, representando el 6.4% de la producción nacional (tabla 4).

La actividad pecuaria de la región genera altos volúmenes de residuos orgánicos, gran parte no son manejados adecuadamente ocasionando un grave deterioro ambiental. El principal residuo producido en los agroecosistemas es el estiércol de bovino. En 2012 la región de Los Altos Norte tuvo 398 804 cabezas de ganado bovino (291 880 bovinos para carne y 106 924 bovinos para leche), esto se tradujo en un volumen de deyecciones de 12 984 220 kg diarios de residuos orgánicos (tabla 5). En el mismo año la densidad de ganado en la región fue de 34 cabezas de bovino por km<sup>2</sup>, aplicándola a la superficie dedicada a la actividad agropecuaria (3507 km<sup>2</sup>) la densidad aumenta a 90 cabezas de ganado bovino por km<sup>2</sup>. La producción pecuaria particularmente la de ganado bovino es una fuerte generadora de gas metano, según la página web de [GloboMeter \(2016\)](#), esta actividad representó el 15% de la generación mundial de dicho gas que, por sus características contribuye un efecto invernadero 20 veces más poderoso que el CO<sub>2</sub> y queda cautivo en la atmósfera por 14 años. De acuerdo con el inventario ganadero de 2012, tomando en cuenta la producción de bovinos y porcinos, la región de Los Altos Norte incide al año con 92 608 601 kg de gas metano.

Uno de los fenómenos derivados del cambio climático es la sequía, en el estado de Jalisco las zonas semiáridas o con peligro alto de sequía representan el 26.4% del territorio estatal (21 194 km<sup>2</sup>). Es en la región de Los Altos Norte donde se presenta el mayor riesgo, ya que 8238.16 km<sup>2</sup> están clasificados como semiáridos, lo que equivale al 99.17% de su superficie. La mayor parte de la región (38.3%) tiene clima semiseco templado. La temperatura media anual es de 16 °C, mientras que sus máximas y mínimas promedio oscilan entre 29 °C y 5 °C respectivamente. La precipitación media anual es de 672 mm.

Según la Comisión Nacional del Agua ([Conagua, 2015](#)) en el estado de Jalisco existen 59 acuíferos, de los cuales 41 se encuentran sobre explotados, en la región Altos Norte de los cuatro acuíferos existentes dos muestran un déficit

de 70 347 431 m<sup>3</sup> anuales, provocando que la región presente una sobre explotación de los mantos subterráneos (tabla 6).

**Tabla 3** Producción en toneladas de carne en canal en Altos Norte, en comparación a la producción estatal y nacional (ciclo 2013)

Especie pecuaria	Volumen regional	Volumen estatal	Volumen nacional	Porcentaje de volumen estatal	Porcentaje de volumen nacional
Bovino	30 358	209 113	1 806 758	14.52	1.68
Porcino	64 360	247 019	1 283 672	26.05	5.01
Ovino	505	3280	57 980	15.39	0.87
Caprino	299	1516	39 656	19.72	0.75
Ave	118 441	322 239	2 808 032	36.76	4.22

Fuente: Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas. Gobierno de Jalisco (2017).

**Tabla 4** Principales productos pecuarios en la región, según volúmenes de la producción en comparación con la producción estatal y nacional, en el ciclo 2013

Producto	Unidades	Volumen regional	Volumen estatal	Porcentaje estatal	Volumen nacional	Porcentaje nacional
Leche bovino	Miles de litros	697 685	2 078 203	33.65	10 965 632	6.4
Leche caprino	Miles de litros	301	6667	4.52	152 332	0.2
Huevo para plato	Toneladas	519 629	1 311.54	39.6	2 516.09	20.7
Miel	Toneladas	691	6635	10.43	56 907	1.2
Cera en greña	Toneladas	55	541	10.22	2010	2.8

Fuente: Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas. Gobierno de Jalisco (2017).

**Tabla 5** Deyecciones de ganado bovino en la región Altos Norte (2012), Fuente: Subsecretaría de Planeación y Evaluación. Gobierno de Jalisco. 2012

Especie pecuaria	Número de cabezas	Deyecciones diarias por animal (Orina + Heces en Kg)	Total de deyecciones (Kg)
Bovino para carne	291 880	28	8 172 640
Bovino para leche	106 924	45	4 811 580

Fuente: Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas. Gobierno de Jalisco (2012).

**Tabla 6** Acuíferos subterráneos en Altos Norte (millones de metros cúbicos anuales)

Acuífero	Recarga media anual	Descarga natural comprometida	Volumen concesionado	Déficit	Disponibilidad media anual
Ojuelos	9.4	0	4.247071	0	5.152929
Lagos de Moreno	196	0	219.3734	-23.373399	0
Encarnación de Díaz	63.3	0	110.274	-46.974032	0
San Diego de Alejandría	36.5	0	36.07092	0	0.429083
Total regional	305.2	0	369.9654	-70.347431	5.582012

Fuente: Conagua (2015).

**Tabla 7** Acuíferos subterráneos en Altos Norte (millones de metros cúbicos anuales)

Municipio	Presa	Volumen de almacenamiento (Mm <sup>3</sup> )
Lagos de Moreno	El cuarenta	30.63
Villa Hidalgo	Juiquinaque	7
Lagos de Moreno	La cantera	1.43
Lagos de Moreno	La duquesa	4
Lagos de Moreno	La saucedá	16
San Juan de Los Lagos	Peñas	3

Fuente: Conagua (2015).

**Tabla 8** Porcentaje de aguas residuales tratadas por municipio

Municipio	Porcentaje
Encarnación de Díaz	0
Lagos de Moreno	64
Ojuelos	5
San Diego de Alejandría	80
San Juan de Los lagos	74
Teocaltiche	70
Unión de San Antonio	0
Villa Hidalgo	88

Fuente: CEA Jal (2012).

**Tabla 9** Plantas de tratamiento de aguas residuales en Altos Norte

Municipio	Total de plantas	Plantas fuera de operación	Plantas en operación	Plantas dentro de norma
Encarnación de Díaz	1	1	0	0
Lagos de Moreno	14	10	4	1
Ojuelos	3	2	1	0
San Diego de Alejandría	1	0	1	0
San Juan de los lagos	3	3	0	0
Teocaltiche	3	3	0	0
Unión de San Antonio	0	0	0	0
Villa Hidalgo	2	0	2	1
Total	27	19	8	2

Fuente: CEA Jal (2014).

La región contiene 6 de las 53 presas del estado, estimando que en conjunto almacenan 62 002 000 m<sup>3</sup> de agua al año, la presa que más aporta es la de El Cuarenta, ubicada en Lagos de Moreno, con 30 630 000 m<sup>3</sup>; en contra parte, la presa que menos aporta es La Cantera, ubicada también el municipio de Lagos de Moreno, con 1 430 000 m<sup>3</sup> (tabla 7).

Así mismo uno de los principales factores para la contaminación de los cuerpos de agua en la región, está relacionado directamente con las descargas de aguas residuales de carácter doméstico sin tratamiento en ríos y arroyos, dos de los ocho municipios no realizan tratamiento de aguas (Encarnación de Díaz y Unión de San Antonio), de los seis municipios restantes que presentan algún sistema para el tratamiento de las aguas residuales, el de menor cobertura es Ojuelos de Jalisco con apenas el 5% (tabla 8).

Situación que se complica aún más con la falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de las aguas residuales pues de las 27 plantas de tratamiento de la región, sólo ocho funcionan y nada más dos cumplen con la norma oficial vigente (tabla 9).

De los 125 municipios del estado de Jalisco, 98 presentan problemas en la calidad del agua en sus fuentes de abastecimiento subterráneas, situación que va desde casos simples de turbiedad y color que toman importancia en periodo de lluvias, hasta la presencia de metales como el hierro y manganeso, metaloides como el arsénico y/o elementos tóxicos como el flúor y el nitrógeno amoniacal, lo que condiciona su uso como agua potable a procesos efectivos de potabilización, esta situación se agrava en los acuíferos sobreexplotados (Agua.org.mx, 2016), ya que el 44% de los acuíferos jaliscienses se encuentran en condición de déficit, los más afectados se localizan en las regiones Altos Norte, Altos Sur y centro de Jalisco, las causas se deben a que se extrae más agua de la que se recarga en los acuíferos (Amaya, 2016).

Por otra parte, el titular de la Comisión Estatal del Agua (CEA) de Jalisco, Felipe Tito Lugo Arias, asegura que se

tiene debidamente monitoreado por el estado para evitar que la población consuma agua contaminada, en más de 800 sistemas de abastecimiento que van desde el enorme Sistema Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA) de la zona conurbada de Guadalajara, con más de 4 millones de habitantes hasta la pequeña junta de agua potable del poblado de la Cuesta en Talpa de Allende, con apenas unas decenas de habitantes, la clave es identificar adecuadamente los problemas mediante monitoreos que involucran tomar muestras y realizar exámenes de laboratorios, el SIAPA realiza 650 000 al año, la CEA apoya a los organismos medianos y pequeños, realizando casi 10 000 determinaciones, existe además una gran experiencia que permite determinar y clasificar los problemas acuífero por acuífero y municipio por municipio.

Particularmente en la región de Los Altos de Jalisco, que presenta acuíferos sobreexplotados, debido a la alta actividad agropecuaria, así como el más bajo de los índices de precipitación de la entidad, después de la región Norte, el agua para consumo se debe potabilizar para eliminar el fierro, manganeso y flúor que contienen (tabla 10).

Lugo afirma que en Jalisco de los 59 acuíferos, 21 se encuentran sobreexplotados y que no es casual que estos se encuentran en las zonas económicas más pujantes y pobladas (CEA, 2016). Así mismo el registro público de derechos de agua, señala que existen aproximadamente 25 000 pozos autorizados, de los cuales aproximadamente 19 000 son para uso agrícola, 3000 para uso urbano, 800 para el uso pecuario y 700 para el uso industrial, lo que refleja la gran presión sobre el recurso hídrico en la región.

La situación medio ambiental en la región de estudio es frágil, tomando en consideración que el riesgo se sequía es alto ya que el 99.17% de su territorio es seco, asimismo prevalece un déficit en los acuíferos mayor a los 70 000 000 m<sup>3</sup> de agua al año y se generan más de 92 000 t de metano al año derivado de la intensa actividad pecuaria. En contraste en la región se produce el 39.6% de huevo para plato de la entidad, que representa el 20.7% de la producción nacional, es el primer productor estatal de carne de ave y de leche de bovino con el 36.76% y el 33.65% de la producción respectivamente. Su sector más dinámico es la industria alimenticia ya que representa el 40.36% de la generación del valor censal bruto regional, así mismo cuenta con significativos atractivos turísticos, domina el turismo religioso ya que el municipio de San Juan de los Lagos ocupa el segundo lugar nacional como punto de atracción para las procesiones religiosas.

La región de Los Altos Norte tiene un 94.6% de la Población Económicamente Activa (PEA) ocupada y un 54.06% de la misma recibió por su trabajo más de dos salarios mínimos

mensuales, el crecimiento del personal asegurado en el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), entre diciembre del 2012 y diciembre de 2014 fue de un 10.33% y el sector productivo que presenta mayor dinamismo fue la producción de alimentos ya que representa el 14.5% de las personas aseguradas. La región cuenta con una elevada cobertura de los servicios básicos en las viviendas; el 92% de las viviendas cuentan con servicios de agua entubada, drenaje y servicio sanitario y el 98% con electricidad. Por otra, parte en 2010 más de 37 374 personas vivían en condiciones de pobreza extrema, 178 748 en pobreza y 127 085 sufrían de carencias alimentarias.

En la Región de Los Altos Norte es evidente el deterioro ambiental, debido principalmente a la tala clandestina de bosques, el sobre pastoreo y el manejo inadecuado de residuos sólidos, lo cual ha conducido a que en muchas zonas de la región existan altos niveles de degradación y erosión de suelos, deforestación y deterioro de la cubierta vegetal.

Por otro lado, la generación y descarga de aguas residuales a cuerpos de agua como ríos y arroyos está provocando altos índices de contaminación en la subcuenca del Río Verde, proveniente principalmente de las poblaciones de Encarnación de Díaz y Teocaltiche, este río tiene varios afluentes: el Río Lagos que presenta contaminación por descargas de lecherías, desechos de establos y aguas negras de las poblaciones de Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos. Todos los municipios de la región presentan contaminación de cuerpos de agua superficiales por descarga de aguas residuales (domesticas e industriales), por la inadecuada disposición de residuos sólidos municipales, así como por los desechos de granjas porcícolas y de bovinos principalmente.

**Tabla 10** Principales contaminantes por municipio en abastecimientos subterráneos de agua

Municipio	Principal contaminante
Encarnación de Díaz	Flúor
Lagos de Moreno	Flúor
San Juan de los Lagos	Fierro, Manganeso y Flúor
Teocaltiche	Turbiedad, color y arsénico
Unión de San Antonio	Flúor
Villa Hidalgo	Flúor

Fuente: [Agua.org.mx](http://Agua.org.mx) (2016).

Por tanto, el objetivo del presente estudio es evaluar paramétricamente la calidad del agua superficial en la región Altos-Norte de Jalisco mediante la determinación inicialmente en dos ocasiones (2014 y 2016), analizando su comportamiento y tendencia.

Así mismo, la especificación del concepto de calidad del agua es compleja, por la gran cantidad de elementos que en él intervienen, normalmente está íntimamente ligado al uso de la misma, ya que para el consumo humano se requieren mayores condicionantes que, por ejemplo, para el riego (Poch, 1999).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante información geográfica, como los rasgos hidrológicos de la región Altos Norte (figura 3) y recorridos de campo, se establecieron 20 puntos de análisis y muestreo cuya descripción y ubicación se detallan en la tabla 11.

Para la determinación de la calidad del agua se utilizó una sonda Hydrolab surveyor, modelo DS5X de la marca OTT Hydromet (figura 4), evaluando parámetros en campo,

según la precisión y resolución especificada por el fabricante del equipo (tabla 12) (DS5X Hydrolab Sonda Multi-paramétrica para la determinación de calidad del agua, 2007). Las mediciones se realizaron en dos ocasiones, la primera en noviembre del 2014 y la segunda en noviembre del 2016.

Las características que se cuantificaron en las muestras de agua fueron las siguientes (tabla 13):

- a) Conductividad específica (CE): es la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica y depende de la cantidad de materia sólida disuelta, es una medida indirecta de la cantidad de iones en solución (principalmente nitrato, sulfato, fosfato, sodio, magnesio y calcio), las descargas de aguas residuales sin tratamiento a cuerpos de aguas suelen aumentar su conductividad, la unidad básica para medir la conductividad específica es el milisiemens por centímetro (mS/cm), la conductividad específica es una medida importante de la calidad del agua ya que indica la cantidad de materia disuelta en la misma, los cambios significativos pueden ser indicadores de eventos puntuales de contaminación.

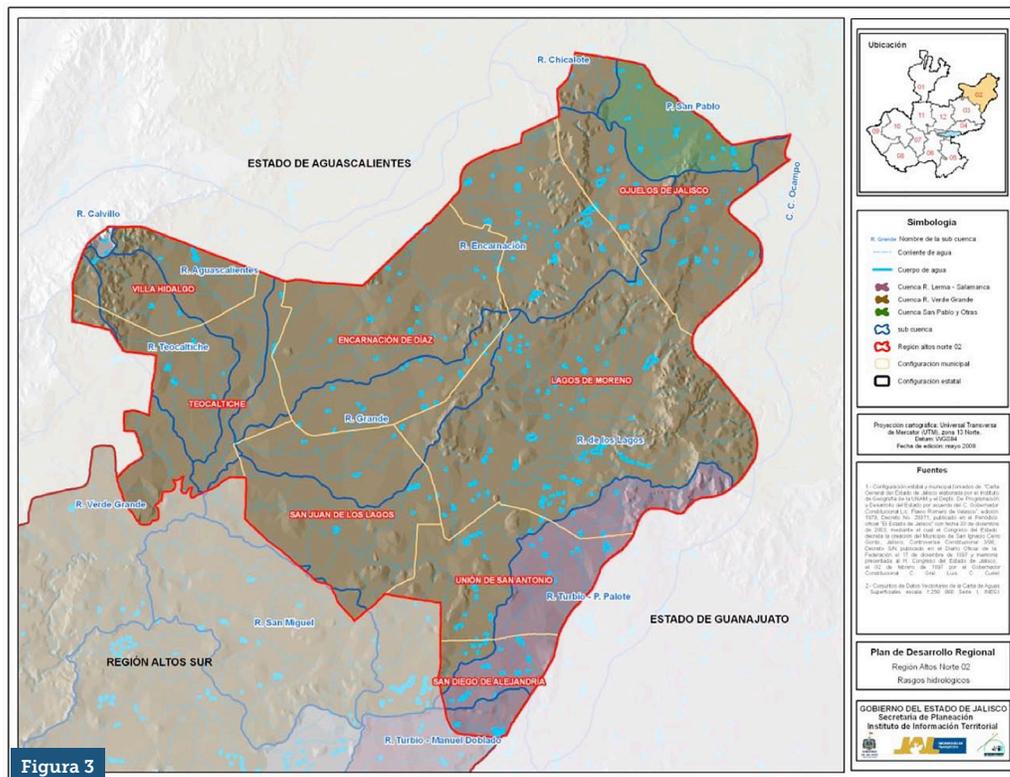


Figura 3  
Rasgos hidrológicos de la región Altos Norte.  
Fuente: Instituto de Información Territorial.

**Tabla 11** Localización de los lugares de muestreo para la calidad de agua en los Altos Norte de Jalisco

NUM	Clave identificación	Municipio	Ubicación muestreo			Tipo	Referencia	
				N	O			Alt.
1	L	Lagos de moreno	1)	21°21.484	101°55.546	1869	Rio lagos antes lagos	La ribera del
			2)	21°21.071	101°55.741	1870	Rio Lagos centro Lagos	
			3)	21°20.660	101°56.288	1867	Rio lagos después lagos	
			4)	21°17.089	102°00.025	1851	Rio Lagos por autopista a león.	A 10 km de U. de Sn Antonio
2	SJ	San Juan de los lagos	1)	20°13.891	102°18.698	1712	Rio lagos antes Sn Juan	Av. Lázaro Cárdenas
			2)	21°14.851	102°20.329	1713	Rio Lagos centro Sn Juan	47079 Sn Martin
			3)	21°15.397	102°20.748	1713	Rio lagos después Sn Juan	Libramiento
			4)	21°15.931	102°20.927	1713	Rio lagos después salida a Sn. Juan	Autopista
3	E	Encarnación de Díaz	1)	21°31.454	102°14.461	1806	Rio Encarnación en el centro de Encarnación	C. Morelos #176 47270
			2)	21°31.389	102°13.559	1845	Presa	Av. Chapultepec 47270
4	U	Unión de San Antonio	1)	21°08.467	102°00.690	1896	Presa El ranchito	
			2)	21°07.556	102°00.501	1929	Presa del parque	
5	VH	Villa Hidalgo	1)	21°40.440	102°35.610	1918	Rio arroyo seco en el centro de VH	Silvestre Barajas Niños héroes
			2)	21°41.888	102°36.507	1970	Presa rio seco	
6	T	Teocaltiche	1)	21°25.581	102°34.449	1717	Rio Teocaltiche en el centro de Teocaltiche	C. la rosa 47204
			2)	21°30.176	102°35.676	1797	Presa la Calera	
7	O	Ojuelos	1)	21°31.203	101°43.349	1963	Presa del 40	Carr. A Lagos
			2)	21°52.038	101°35.325	2216	Presa ojuelos	C. Mariano Azuela
8	SD	San Diego de Alejandria	1)	20°59.981	102°01.586	1963	Presa Amapola	Carr. A Sn Miguel Purísima de Bustos
			2)	20°59.306	101°59.975	1947	Presa del parque	Camino al Pochote

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 4**

Sonda Hydrolab surveyor modelo DS 5X (2007).  
Fuente: DS5X Hydrolab Sonda Multiparamétrica para la determinación de calidad del agua (2007).

**Tabla 12** Parámetros y especificaciones del equipo utilizado.

Parámetro	Precisión	Resolución	Rango
Temperatura (°C)	± 0.10	0.01	-5 a 50
CE (mS/cm)	±1% del valor leído	0.0001 unidades	0 a 100
pH	±0.2	0.01	0-14
ORP (mV)	± 20	1	-999 a 999
COD (mg/l)	± 0.01 de 0-8	0.01	0-30
	± 0.2 > 8		
N amon. (mg/l-N)	± 2	0.001	0-100
Cl- (mg/l)	± 2	0.0001	0.5 a 18,000

Fuente: DS5X Hydrolab Sonda Multiparamétrica para la determinación de calidad del agua (2007).

**Tabla 13** Referencia paramétrica para calidad del agua

Parámetro	Unidades	Aceptable	Contaminada	Muy contaminada
COD	mg/l	Más de 4.7	De 4.69 a 2.4	Menos de 2.49
CE	mS/cm	Menos de 80	De 81-200	Más de 201
Cl-	mg/l	Menos de 25	De 26 a 249	Más de 250
N amon.	mg/l	0.5	may-19	Más de 20
ORP	mV	±100	±150	±200

Fuente: Construcción propia en base a normatividad oficial vigente.

**Tabla 14** Cobertura de los servicios de agua entubada, drenaje y saneamiento por municipio

Municipio	Cobertura de Agua entubada (%)	Cobertura de drenaje conectado a la red pública (%)	Cobertura de saneamiento (%)
Encarnación de Díaz	86.78	81.09	0
Lagos de Moreno	88.49	77.39	66.23
Ojuelos de Jalisco	86.21	55.15	6.63
San Diego de Alejandria	89.72	75.83	77.48
San Juan de Los Lagos	79.64	79.29	75.31
Teocaltiche	90.73	70.49	71.41
Unión de San Antonio	86.15	64.74	0
Villa Hidalgo	89.93	81.71	0
Total Regional	86.89	75.35	48.43

Fuente: CEA Jal (2014).

- b) Cloruros (Cl<sup>-</sup>): son aniones que con frecuencia están presentes en el agua dulce, sus concentraciones máximas permisibles para agua potable son de 250 mg/l (NOM-127SSA1-1994, Diario Oficial de la Federación [DOF], 1995).
- c) Potencial de reducción de oxígeno o potencial Redox (ORP, por sus siglas en inglés): es una medida del estado de oxidación de un sistema, mide las tendencias de los electrones al fluir hacia/desde un electrodo de metal noble, se cuantifica en milivoltios (mV) y es un indicador de la contaminación del agua.
- d) Cantidad de oxígeno disuelta (COD): es una medida de la cantidad de oxígeno presente en el agua y disponible para la respiración, esta concentración está

controlada por varios factores entre otros el consumo de los organismos aerobios como bacterias y peces, el consumo de plantas como las algas, la temperatura y profundidad, es un parámetro fundamental para clasificar el nivel de contaminación en aguas superficiales al comparar sus valores a las mismas condiciones de temperatura con el agua saturada de oxígeno disuelto, por ejemplo a 20 °C y una atmosfera de presión, la saturación de oxígeno en agua es de 9.1 mg/l (*American Public Health Association [APHA], 1998*)

- e) El nitrógeno amoniacal (N amon.) o amoniaco: es uno de los componentes transitorios en el agua puesto que es parte del ciclo del nitrógeno y se ve influido por la actividad biológica, así mismo es el producto natural de descomposición de compuestos orgánicos nitrogenados, las aguas superficiales no deben contener de forma natural amoniaco, en general la presencia de amoniaco libre o ion amonio es considerado como una prueba química de contaminación reciente y peligrosa, su principal origen son; a aguas residuales industriales y pecuarias (excretas de animales, fertilizantes) y la putrefacción de plantas, su valor máximo permisible en agua potable es de 0.50 mg/l (NOM-127SSA1-1994, [DOF, 1995])

## RESULTADOS

En varios estudios sobre la calidad del agua superficial, se emplea el Índice de Calidad General (ICG) que es independiente al posible uso del agua, en este se involucran parámetros básicos y complementarios (*Beamonte, Casino & Veres, 2012*).

En la región Altos Norte la cobertura regional de agua potable es del 86.89%, la cobertura de drenaje conectado a la red pública de alcantarillado es del 75.35% y la cobertura de saneamiento es del 48.43% (tabla 14). Los municipios que muestran los mayores rezagos en la cobertura de los servicios mencionados anteriormente son: Unión de San Antonio, Ojuelos de Jalisco, Teocaltiche y Lagos de Moreno, así mismo el número de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica supera el 16%.

Para un análisis práctico de los datos obtenidos en las mediciones (parámetros básicos), se establece como referencia tres grados para la calidad del agua superficial; aceptable (A), contaminada (C) y altamente contaminada (AC), en base a los siguientes valores de los parámetros evaluados, considerando principalmente normas oficiales vigentes y en la cantidad de oxígeno disuelto (COD) en referencia al contenido de oxígeno disuelto a saturación a la misma temperatura.

En la tabla 15 se concentran los resultados de las determinaciones realizadas en el mes de noviembre del 2014.

Las evaluaciones de los puntos de muestreo realizadas en septiembre del 2016, se muestran en la tabla 16.

## CONCLUSIONES

Comparando los resultados de las determinaciones realizadas en el 2016 con las del 2014 es posible observar en términos generales una disminución sensible de la calidad de las aguas superficiales muestreadas en la región de estudio.

Cabe destacar que todos los municipios de la región presentan cierto grado de contaminación en sus cuerpos de agua superficiales, sin embargo, los que mostraron mayor grado de contaminación fueron: Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos, Unión de San Antonio, Villa Hidalgo y en la última evaluación San Diego de Alejandría. De igual forma los municipios con mejor calidad de agua superficial son Encarnación de Díaz Ojuelos y Teocaltiche.

Resulta evidente el incremento en la contaminación los cuerpos de agua de la región, lo que puede ser ocasionado principalmente por las descargas puntuales y difusas de desechos provenientes de explotaciones pecuarias e industrias, así como de basura urbana en general. La falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de todo el volumen de aguas negras generadas, sobre todo en los núcleos de mayor concentración poblacional también impacta directamente a la calidad del agua en la región Altos Norte de Jalisco.

## AGRADECIMIENTOS

Manifestamos nuestros más sinceros reconocimientos al laboratorio para análisis de aguas del Centro Universitario de Los Altos (Universidad de Guadalajara), por su valioso apoyo tanto material como humano en el desarrollo y continuación de este proyecto, asimismo al Programa de Ordenamiento Regional (Poer) del Gobierno del estado de Jalisco y a la empresa Premezclas y Vitaminas Tepa S.A. de C.V.

**Tabla 15** Resultados los análisis de aguas superficiales en Altos Norte. Nov/2014

Clave	Temp. (°C)	pH	COD (mg/l)	N Amon. (mg/l-N)	Cl- (mg/l)	ORP (mV)	CE (mS/cm)	Calidad
L.1.1	17.33	8.39	3.21	0.62	80102	-198	86.3	C
L.1.2	18.56	8.12	2.96	1.13	45236	-201	96.3	C
L.1.3	19.76	7.78	2.8	1.04	52186	-211	753.3	C
L.1.4	19.23	8.63	2.36	2.36	56362	-301	723.8	AC
SJ.1.1	17.73	7.89	8.12	0.62	82552	-200	652.6	A
SJ.1.2	18.01	8.05	3.85	1.23	96525	-265	845.5	C
SJ.1.3	18.33	8.23	2.15	1.56	99326	-315	925.2	AC
SJ.1.4	18.77	7.71	4.05	2.17	31172	-198	218.6	C
E.1.1	20.89	7.9	3.88	0.77	58608	-223	657.8	C
E.1.2	19.99	7.15	6.66	0.45	33600	-212	268.9	A
U.1.1	20.56	8.21	1.66	2.36	90236	-325	852.6	AC
U.1.2	20.96	7.56	4.69	0.36	36253	-188	254.7	C
VH.1.1	16.83	7.73	4.66	0.4	31310	-221	133.5	C
VH.1.2	19.72	7.45	4.04	0.38	28543	-224	92.7	C
T.1.1	16.92	8.25	6.42	0.48	47728	-217	258.2	A
T.1.2	19.72	8.04	6.67	0.38	30310	-226	96.3	A
O.1.1	18.15	7.56	8.13	10.85	28886	-198	86.7	A
O.1.2	16.77	8.35	4.03	3.06	48562	-235	340.1	C
SD.1.1	20.35	7.76	3.43	0.54	11877	-229	98.6	C
SD.1.2	17.55	7.56	3.68	0.46	9222	-219	93.8	C

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16** Resultados los análisis de aguas superficiales en Altos Norte. Nov/2016

Clave	Temp. (°C)	pH	COD (mg/l)	N Amon. (mg/l-N)	Cl- (mg/l)	ORP (mV)	CE (mS/cm)	Calidad
L.1.1	16.33	7.67	4.11	0.55	91345	-210	92.7	C
L.1.2	17.52	7.83	2.13	1.03	32673	-212	100.3	C
L.1.3	19.02	8.03	2.05	1.89	48734	-221	657.6	AC
L.1.4	19.78	8.15	1.98	1.78	59890	-323	689.7	AC
SJ.1.1	18.67	7.15	8.01	0.77	72894	-187	543.4	A
SJ.1.2	19.23	7.54	3.33	1.56	99458	-289	923.1	C
SJ.1.3	19.34	8.11	1.83	2.12	97232	-376	911.4	AC
SJ.1.4	20.34	7.88	2.21	3.23	46894	-214	367.4	AC
E.1.1	19.34	8.21	3.12	1.23	47894	-271	734.3	C
E.1.2	20.34	8.56	5.23	1.78	23856	-182	177.8	A
U.1.1	17.78	8.43	1.27	1.98	88045	-256	734	AC
U.1.2	16.89	8.45	1.98	1.45	46903	-221	345.4	AC
VH.1.1	17.45	7.45	3.45	1.34	44903	-256	254.8	C
VH.1.2	18.23	7.89	2.41	1.76	33894	-265	123.5	AC
T.1.1	17.67	7.56	4.54	1.73	50893	-275	332.6	C
T.1.2	18.5	7.45	5.3	0.45	22456	-154	88.1	A
O.1.1	19.34	8.03	7.78	6.78	32123	-115	79.4	A
O.1.2	18.34	7.87	3.89	4.09	53456	-267	445.3	C
SD.1.1	19.34	8.34	1.56	2.12	23845	-323	176.2	AC
SD.1.2	18.67	8.11	2.94	1.23	12564	-183	145.3	C

Fuente: Elaboración propia.

## REFERENCIAS

- Agua.org.mx (2016). Noticias nacionales. Recuperado el 8 de diciembre del 2016 de <http://www.agua.org.mx/noticias/not-nacionales/28447-98-municipios-de-jalisco-padecen-por-la-calidad-de-agua>
- Amaya F. (marzo, 2016). *Disponibilidad del Agua y Redistribución de Riesgos Hidrometeorológicos en Jalisco*. II Coloquio de Invierno de la Red de Políticas Públicas Jalisco: problemas y capacidades de respuesta. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal., México.
- American Public Health Association (APHA). (1998). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, DC: American Public Health Association.
- Beamonte E., Casino A., & Veres E. (2012). Análisis de la calidad general del agua superficial en la cuenca hidrográfica del Júcar: periodo 2000-2009. *Revista Electrónica de Medio Ambiente*, 12, 18-32. doi: 10.5209/rev\_MARE.2012.n12.39688
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA). (2016) *Estadísticas por región*. Recuperado el 16 de enero de 2017 de <http://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/municipios/regiones>
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jal) (2014). *Plantas de tratamiento de aguas residuales en Altos Norte*. Recuperado el 16 de enero de 2017 de <http://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/municipios/regiones/reg02.php>
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jal). (2014). *Sistema Integral de Información de Cobertura de los servicios de agua entubada, drenaje y saneamiento por municipio*. Recuperado el 14 de enero de 2017 de <http://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/municipios/regiones/reg02.php>
- Comisión Estatal del Agua de Jalisco (CEA Jal). (2012). *Porcentaje de aguas residuales tratadas por municipio*. Recuperado el 1e de enero de 2017 de <http://www.ceajalisco.gob.mx/contenido/municipios/regiones/reg02.php>
- Comisión Nacional del Agua (Conagua). (2015). Estadísticas del agua en México, edición 2015. Recuperado el 7 de diciembre del 2016 de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2015.pdf>
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (30 de noviembre de 1995). Norma Oficial Mexicana 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*. Recuperado el 7 de diciembre de 2016 de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/127ssa14.html>
- DS5X Hydrolab Sonda Multiparamétrica para determinación de calidad del agua. (2007). *Manual del usuario*. N° documento 55.495.000.B.S.02-0511. OTT Hydronet GmbH. Kempton Alemania.

- GloboMeter (2016). *Las cifras en el mundo*. Recuperado el 13 de febrero de 2017 de: <http://es.globometer.com/TMP8kui218tdf.htm>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010) *Perfil socio-demográfico Estados Unidos Mexicanos. Censo de Población y Vivienda 2010*. México: Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG). Instituto Nacional de Estadística y Geografía Aguascalientes, Ags.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica (IIEG). (2010). *Con base en INEGI, censos y conteos nacionales, 2000-2010*. Recuperado el 14 de enero de 2017 de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/cpvsh/>
- Poch, M. (1999). *Las calidades del agua*. Barcelona, España: Rubes Editorial S.L.
- Prontuario Estadístico Regional Jalisco (2003). Recuperado el 14 de enero de 2017 de <https://iieg.gob.mx/mgeneral.php?id=7>
- Ramírez, M. & Martínez, G. (2006). *La regionalización en Jalisco. Hacia un modelo de integración territorial en busca de la competitividad*. Acuerdo que establece la nueva regionalización administrativa del estado de Jalisco, publicado el 15 de octubre de 1998. Guadalajara, Jalisco, México
- Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas. Gobierno de Jalisco. (2017). Recuperado el 5 de febrero de 2017 de <https://sepaf.jalisco.gob.mx/>
- Secretaría de Planeación, Administración y Finanzas. Gobierno de Jalisco. (2012). Recuperado el 6 de marzo de 2017 de <https://www.jalisco.gob.mx/es/dependencias/subsecretaria-de-planeacion-y-evaluacion>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP)/Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa)/Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable [Oeidrus] (2013). *Valor de la producción ganadera. Región Altos Norte 2009-2013. Instituto de Información Estadística y Geográfica (IIEG)*. Gobierno del Estado de Jalisco. México.