

Evaluación de la contaminación por arsénico y plaguicidas en las aguas subterráneas de las comunidades de Tecuaname y El Papalonal ubicadas en el municipio de La Paz Centro departamento de León-2016.

Evaluation of the contamination by arsenic and pesticide in the groundwater of the communities of Tecuaname and El Papalonal located in the municipality of La Paz Centro, department of León-2016.

Stynze Ramírez, Jennifer Charlyne

 Jennifer Charlyne Stynze Ramírez
 jennifer.stynze@cira.unan.edu.ni
 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua,
 Managua, Nicaragua

Revista Torreón Universitario
 Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua,
 Nicaragua
 ISSN: 2410-5708
 ISSN-e: 2313-7215
 Periodicidad: Cuatrimestral
 vol. 10, núm. 28, 2021
revis.torreon.faremc@unan.edu.ni

Recepción: 25 Junio 2020
 Aprobación: 15 Enero 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/387/3872112010/index.html>

DOI: <https://doi.org/10.5377/rtu.v10i28.11532>

El autor o los autores de los artículos, ensayos o investigaciones conceden a la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN-Managua) los derechos de edición (copyright) del trabajo enviado, por consiguiente la Universidad cuenta con el derecho exclusivo para publicar el artículo durante el periodo completo de los derechos de autor.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Resumen: El arsénico es un elemento habitual en la atmósfera, suelo, rocas, aguas naturales y organismos vivos. Su movilidad en el ambiente es debida tanto a procesos naturales como a actividades humanas. Este elemento es extremadamente tóxico y cancerígeno para el ser humano. Las comunidades de Tecuaname y El Papalonal se ubican al este del complejo volcánico Momotombo y El Hoyo; aquí se realizó la determinación de arsénico total a veinte pozos (excavados y perforados). El 100 % de las muestras analizadas ninguno supera el valor guía para agua de consumo humano de 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

La comunidad del Papalonal se ha caracterizado por su alta concentración de zonas cultivadas en la modalidad de monocultivo para producción de maíz, maní, sorgo y ajonjolí. La mayoría de los productores utilizan agroquímicos para fertilizar y controlar las plagas por lo que, el uso de piretroides (cipermetrina) se ha relacionado de manera no constante con una serie de efectos a la salud a largo plazo, entre ellos se destacan alteraciones en el sistema nervioso, sistema inmunológico, alergias en la piel y dermatitis. El pozo perforado de El Papalonal presentó concentración de cipermetrina de 785,27 $\text{ng}\cdot\text{l}^{-1}$.

Palabras clave: arsénico, cipermetrina, contaminación, agua subterránea.

Abstract: Arsenic is a habitual element in the atmosphere, soil, rocks, natural waters and living organisms. Its mobility in the environment is due to both natural processes and human activities. This element is extremely toxic and carcinogenic to humans. The communities of Tecuaname and El Papalonal are located to the east of the Momotombo and El Hoyo volcanic complex, the determination of total arsenic was made to twenty wells (dug and drilled). 100% of the samples analyzed none exceed the guide value for water for human consumption of 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$.

The Papalonal community has been characterized, by its high concentration of cultivated zone in the monoculture modality

for the production of corn, peanuts, sorghum and sesame. Most producers use agrochemicals to fertilize and control pests. The use of pyrethroids (cypermethrin) has been inconsistently associated with a series of long-term health effects, including alterations in the nervous system, immune system, skin allergies and dermatitis. The El Papalonal drilled well had a cypermethrin concentration of 785.27 ng.l⁻¹.

Keywords: arsenic, cypermethrin, contamination, groundwater.

INTRODUCCIÓN

Las aguas subterráneas en distintas partes del mundo son utilizadas para consumo humano, ya sean de pozos o manantiales. La calidad de las aguas muchas veces depende de su medio geológicos y químicos para sus distintos usos. El arsénico es una especie encontrada naturalmente que puede afectar la calidad de las aguas (García, 2013). Las aguas de origen volcánico contienen altas concentraciones de arsénico inorgánico reportándose en los siguientes países: Argentina, Bolivia, Perú, Chile, México, Nicaragua, El Salvador, Canadá, Estados Unidos, Pakistán, Taiwán, Bangladesh, China e India entre otros (Montero, Quesada, Ledezma, & Sandoval, 2010).

Los efectos tóxicos y consecuencias del arsénico han sido estudiados desde el siglo XIX, concluyendo que el valor guía establecido por la Organización Mundial de la Salud se ha reducido de 50 a 10 µg. l⁻¹ de arsénico total (Bocanegra, Bocanegra, & Alvarez, 2002). Este valor es utilizado por la eficacia de su tratamiento y capacidad analítica.

La vía de incorporación más habitual del arsénico es a través de los alimentos y el agua de consumo. Cuando el agua de consumo tiene una concentración de 10 µg. l⁻¹ o más y se preparan alimentos básicos de la dieta con esta agua la concentración será aún mayor (OMS, 2006).

La ingesta prolongada de aguas con alto contenido de arsénico puede causar problemas de salud. El arsénico después de ser absorbido pasa directamente a todos los aparatos y sistemas del cuerpo, ya que interfieren con reacciones enzimáticas de amplia distribución (García, 2013). Entre los efectos fisiológicos de exposición del arsénico tenemos:

Efectos gastrointestinales, hepáticos, renales, cardiovasculares, neurológicos, respiratorio, hematológicos y reproductivos. cáncer de pulmón, vejiga y piel, también provoca una hiperpigmentación cutánea en parches, queratosis focal pequeña y otras lesiones pequeñas que aparecen después de una exposición alta y crónica (García, 2013).

Otra sustancia estudiada en esta investigación son los plaguicidas (piretroides), estas, cuando son bien empleados, pueden ser importantes para la producción de muchos cultivos, así como para la protección de la salud humana. El Papalonal se ha caracterizado por su alta concentración de zonas cultivadas en la modalidad de monocultivo para producción de maíz, maní, sorgo y ajonjolí (Datos Generales del Municipio de la Paz Centro, s.f.). La mayoría de los productores utilizan agroquímicos (cipermetrina) para fertilizar y controlar las plagas con el objetivo de incrementar la productividad y los rendimientos conservando su capacidad productiva. (Plan Ambiental Municipal, 2008-2018).

La cipermetrina se ha convertido en uno de los insecticidas más importantes por su uso a gran escala. Se definen como ésteres de ácidos derivados del ciclopropano. Son pocos tóxicos para los mamíferos, quienes los metabolizan y excretan con rapidez, dejan residuos muy bajos o nulos: en el suelo, se descomponen en agua, son solubles en la atmósfera por ser poco volátiles. Pueden tener isómeros (Rosario, 2002).

La cipermetrina está clasificada por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1994-1995) como "moderadamente dañina" (clase II). Esta interactúa con los canales de sodio en las células nerviosas mediante los cuales el sodio entra a la célula para transmitir una señal nerviosa. El efecto resultante es una larga secuencia de impulsos repetitivos en los órganos sensitivos.

Los síntomas del envenenamiento incluyen sensaciones faciales anormales, mareo, dolor de cabeza, náusea, anorexia y fatiga, vómito y secreción estomacal incrementada. La cipermetrina es también un irritante para la piel y los ojos. Por lo regular, los síntomas deberán aparecer después de algunos días, pero los pacientes severamente expuestos pueden sufrir además estirones musculares y ataques convulsivos, en tales casos, los síntomas pueden persistir por varias semanas. Se han reportado síntomas crónicos después de estar en contacto con los piretroides que incluyen: trastornos cerebrales y locomotores, polineuropatía y supresiones inmunológicas, y que además se asemejan al síndrome de sensibilidad química múltiple (MCS).

En los países en desarrollo como es en el caso de Nicaragua la solución de contaminación por arsénico no son sencillos debido a sus problemas de infraestructura y socioeconómicos. Es necesario plantear medidas preventivas para evitar el daño a la salud de la población. La investigación aquí planteada pretende comprobar la presencia de arsénico y plaguicidas en las comunidades de Tecuaname y El Papalonal.

METODOLOGÍA

Área de estudio

Las comunidades de Tecuaname y El Papalonal se ubican al este del complejo volcánico Momotombo (Fig. 1), a unos 300 km² sureste del municipio Paz Centro departamento de León (Treminio, 2019). El pozo perforado ubicado en la comunidad de Tecuaname abastece aproximadamente a 115 familias, alrededor de 600 habitantes. Mientras el Pozo perforado de El Papalonal abastece a una población de 350 familias divididas de la siguiente manera: El Papalonal nuevo con 300 familias alrededor de 1 200 habitantes y El Papalonal viejo (Papaloncito) con un aproximado de 50 familias y 200 habitantes. El 30 % de la población utilizan como fuente de abastecimiento de agua sus pozos excavados. Las comunidades estudias aun no cuentan con sistema de alcantarillado.

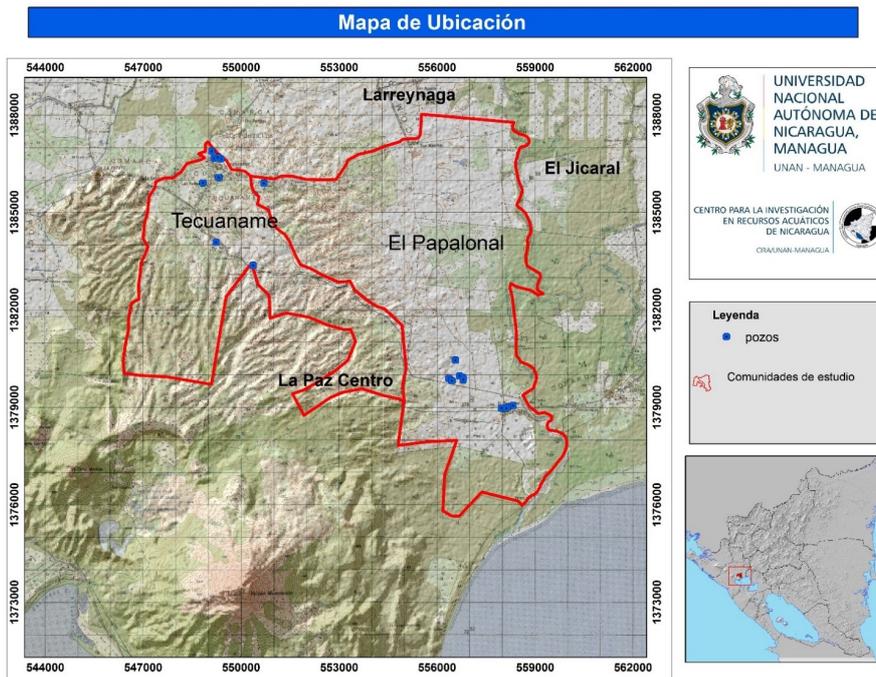


FIGURA 1.

Macro y micro localización de las comunidades de Tecuaname y El Papalonal

Muestreo

El muestreo se llevó acabo el 24 de julio y 18 de septiembre de año 2017. Debido al presupuesto, únicamente se realizó la recolección de 22 muestras de agua y una muestra de plaguicida (cipermetrina) en la comunidad del El Papalonal (Fig. 2). Estas representan las características físicas y químicas del sitio de muestreo tomadas bajo criterios de control y aseguramiento de calidad establecidos por los laboratorios del (CIRA/UNAN, 2016), permitiendo obtener resultados representativos, reproducibles y confiables que sirvan como base para la toma de decisiones de acuerdo a los objetivos definidos por el proyecto.



FIGURA 2

Colecta de muestras de agua de las comunidades del P.P. Tecuaname y El Papalonal

Para la colecta de muestras de **agua natural** se realizó conforme al procedimiento para la toma de agua natural (PROC-CM-02) del laboratorio de Contaminantes Metálicos. Se utilizaron recipientes de plástico con capacidad de 1 litro; posteriormente a la toma de la muestra esta es preservada con 2 ml de ácido nítrico concentrado y depositada en un termo con hielo para ser transportada al laboratorio.

Para la colecta de muestras de **plaguicidas** (PROC-CO-03) se utilizaron recipientes de vidrio con capacidad de 5 litros, la toma de la muestra se realiza por duplicado, esta es preservada con 50 ml hexano y depositada en un termo con hielo para ser transportada al laboratorio.

En cada sitio se tomaron parámetros de campos (coordenada, elevación, Nea, pH, temperatura, conductividad y potencial redox) (Tabla 1 y 2). Simultáneamente al momento de la toma de muestra.

TABLA 1
Parámetros de campos comunidad El Papalonal

N°	Identificación de la Muestra	Coordenadas		Elevación (msnm)	NEA (m)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Potencial Redox (mV)
		N	E						
	Instituto Augusto Cesar								
1	Sandino	1339644	579805	82	46,44	6,80	30,4	557,6	82,3
2	María Teresa Jaen	1384090	549233	97	64,71	6,59	29,6	942,9	58,5
3	María del Socorro Chevez	1383375	550371	131	25,91	6,74	29,8	270,5	219,2
4	Victor Largaespada	1385919	548834	96	37,32	7,26	31,0	676,6	201,6
5	Iglesia La Hermosa	1386082	549316	107	25,89	6,97	31,3	576,7	-4,7
6	William Ordoñez	1386677	549176	100		7,46	31,2	451,9	309,6
7	PP Comunal Tecuaname	1386653	549390	100		6,72	32,1	1028,0	261,1
8	Mario Ordoñez	1386705	549286	97	25,95	7,04	31,4	459,4	268,1
9	Inocenta del Carmen Maradiaga	1385907	550704	123	54	6,20	30,5	229,3	214
10	Celina Reyes	1386894	549104	94	22,9	7,19	30,9	439,6	265,8

TABLA 2
Parámetros de campos comunidad Tecuaname

N°	Identificación de la Muestra	Coordenadas		Elevación (msnm)	NEA (m)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	Potencial Redox (mV)
		N	E						
1	pp Comunal El Papalonal Mario Antonio Alvarez	1380457	556566	66	7,36	32,2	575,1	183,6	
2	Molina Adolfo Guadalupe	1379062	558328	50	4,15	30,6	879,8	289,8	
3	Gómez Roque	1379007	558153	42	5,93	28,8	2359,0	200,1	
4	Carmen Chavarria Modesto Vanegas	1378984	557976		5,37	31,2	664,9	269,7	
5	Salmerón	1379919	556801	59	7,27	30,7	403,1	302,8	
6	Yolanda Flores Leonsio Villalta Pozo	1379978	556693	66	14,553	30,6	347,8	311,1	
7	Comunal Gilma Ramona	1379898	556369	63	19,94	31,2	239,5	269,8	
8	Mendoza Rojas Osman Nemesio Torrez	1379850	556804	65	16	30,3	264,3	305,9	
9	Casco Pozo Comunal el	1379828	556458	69	18,7	30,5	354,8	224,2	
10	Papalonal	1378976	558126	43	6,67	31,0	1 227,0	270,2	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de arsénico

En los meses de julio y septiembre del año 2017, se realizaron muestreos de 3 pozos perforados (Instituto Augusto Cesar Sandino, PP Comunal Tecuaname y PP Comunal El Papalonal) y 17 pozos excavados. Reportaron las siguientes concentraciones (Gráfico 1):

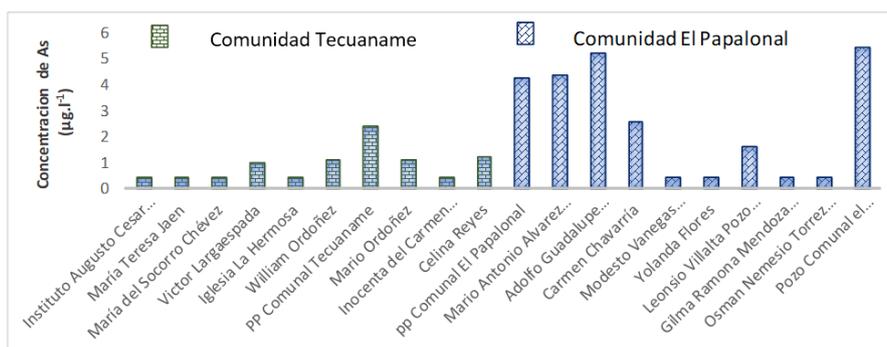


GRÁFICO 1

Concentraciones de Arsénico total en agua, comunidades de Tecuaname y El Papalonal

El análisis de arsénico se determinó a través de la técnica de generación de hidruro acoplada a la Espectrometría de Absorción Atómica. La contaminación por arsénico de las aguas subterráneas de la comunidad de Tecuaname registraron niveles de toxicidad oscilantes entre valores no detectados hasta concentraciones de 2,41 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (PP Comunal de Tecuaname) y una media de 0,69 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$, en cambio en El Papalonal se registraron niveles de toxicidad oscilantes entre valores no detectados hasta concentraciones de 5,46 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (Pozo Comunal el Papalonal) y una media de 3,91 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. Ambas comunidades presentan concentraciones de arsénico inferiores a los límites máximos admisibles en aguas para la ingesta humana establecidos como Normas de calidad para aguas de consumo humano según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

También se realizó el muestreo de dos pozos más para ver el alcance de contaminación del arsénico (PP Los portillos y Pozo Comunal Papaloncito) con concentraciones de 4,60 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ y 13,64 respectivamente. Cabe mencionar que el PP Los Portillos (Fig. 3) abastece a una población aproximada de 45 familias, este presenta concentraciones inferiores a los límites máximos admisibles de 10 $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ (OMS, 2006), este sitio es una fuente de abastecimiento segura para la población de esta comunidad. Sin embargo, siguiendo la identificación de sitios contaminado, el pozo comunal Papaloncito se encuentra ubicado después del Río-Santa (Fig. 3) en la comunidad de cuatro palos, esta comunidad se encuentra cercana al lago Xolotlán y este presenta conductividades altas (Tabla 3) posiblemente podríamos tener intrusiones salinas de parte del lago. Este sitio no es recomendado para consumo humano.

TABLA 3
Parámetros de campos de PP Los Portillos y PP Comunal Papaloncito

Identificación de la Muestra	Coordenadas		Elevación (msnm)	Fuente	pH	Temperatura (°C)	Conductividad(μ S.cm-1)	Potencial Redox (mV)
	N	E						
PP Los Portillos	1387885	549837	86	PP ¹	6,95	30,5	892,9	148,9
Pozo Comunal Papaloncito	1379324	560627	70	PE ²	7,35	32,1	2 561	3,7

1 PP: Pozo Perforado
2 PE: Pozo Excavado



FIGURA 3
Pozo Perforado Los Portillos y Río Santa Ana

Parámetros de Campo

pH

En función de los valores de pH reportados puede ser ácido, neutro o alcalino, cuando el pH aumenta las condiciones de suelos son alcalinas, esto influye directamente en la liberación del arsénico (Saenz, 2015). Los valores de pH típicos de las aguas subterráneas (pH 6,5-8,5) como aproximación, y sin tener en cuenta otros factores como contenido en materia orgánica, en condiciones oxidantes (Galindo, Fernández Turiel, Parada, & Torrente, 2005). Los valores de pH en la comunidad de Tecuaname oscilan entre 6,20 (Sra. Inocenta del Carmen Maradiaga) y 7,46 (Sr. William Ordoñez). La mayoría de los puntos muestreados se encuentran dentro de los valores recomendados 6.5 a 8.5 (CAPRE, 1994), a excepción de valor 6,20 (Sra. Inocenta del Carmen Maradiaga). Sin embargo, en la comunidad El Papalonal los valores oscilaron entre 6,69 (Sra. Carmen Chavarría) y 7,85 (Sr. Adolfo Guadalupe Gómez). Todos los sitios muestreados se encuentran dentro de los valores recomendados 6.5 a 8.5 (CAPRE, 1994).

Conductividad

La conductividad eléctrica varió en un amplio rango en la comunidad de Tecuaname desde 229,3 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ hasta 1 028,0 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ y una media igual a 563,3 $\mu\text{s.cm}^{-1}$. Todos los resultados obtenidos para los diez puntos de muestreo en el mes monitoreado (julio 2017) sobrepasan la directriz de calidad recomendada para agua de consumo humano recomendada de 400 $\mu\text{s.cm}^{-1}$ (CAPRE, 1994) a excepción de los pozos de María del Socorro Chevez (270,5 $\mu\text{s.cm}^{-1}$) e Inocenta Maradiaga del Carmen (229,3 $\mu\text{s.cm}^{-1}$). En la comunidad El

Papalonal la conductividad eléctrica varió desde $264,3 \mu\text{s.cm}^{-1}$ hasta $2\ 359,0 \mu\text{s.cm}^{-1}$ y una media igual a $731,53 \mu\text{s.cm}^{-1}$. Todos los resultados obtenidos para los diez puntos de muestreo en el mes monitoreado (julio 2017) sobrepasan la directriz de calidad recomendada para agua de consumo humano recomendada de $400 \mu\text{s.cm}^{-1}$ (CAPRE, 1994). A excepción de los pozos de Yolanda Flores ($347,8 \mu\text{s.cm}^{-1}$), Leoncio Villalta ($239,5 \mu\text{s.cm}^{-1}$), Gilma Ramona Mendoza ($264,3 \mu\text{s.cm}^{-1}$) y Osma Torrez ($354,8 \mu\text{s.cm}^{-1}$). Estos valores indican que existe una elevada salinidad. La conductividad es proporcional a los sólidos disueltos esto podría deberse a que muchos de los pozos excavados que se muestrearon no se encontraban bajo techo y tampoco cumplían con las medidas de higiene necesarias y se encontró cerca animales, basura y agua estancada y dentro de los pozos serpientes y murciélagos. También otro factor importante es la temperatura que influye en este movimiento. Las temperaturas altas son proporcionales a la conductividad (SmartFertilizerManagement, 2020).

Potencial Redox

La medición del Potencial Redox en la comunidad de Tecuame se realizó en los diez puntos muestreados oscilando entre $-4,7$ hasta $309,6$ mV. Sin embargo, en la comunidad El Papalonal oscilaron entre $183,6$ hasta $305,9$ mV. En una solución de agua, el ORP se relaciona entre las sustancias oxidadas y las sustancias reducidas (Cano, 2018). Al relacionar el Potencial Redox con los valores de arsénico total no existe una correlación significativa con los puntos analizados, lo que evidencia que este sitio está siendo controlado por los procesos de oxidación-reducción.

En 1971, la Organización Mundial de la Salud adoptó la medición de ORP como la medida más confiable para determinar la calidad sanitaria del agua, siendo estos 650 mV a 700 mV. Los valores de ORP encontrados en este estudio se encuentran inferiores a los niveles de 650 mV, esto puede indicar la presencia de concentraciones altas de microorganismo patógenos en el agua (Cano, 2018).

Temperatura

La temperatura es un parámetro físico, esta afecta otras mediciones como el pH y conductividad. Los valores de temperatura en los diez sitios muestreados en la comunidad de Tecuame varió en un amplio rango desde $29,6$ °C hasta $32,1$ °C y una media igual a $30,8$ °C. El 80 % de los pozos sobrepasan la directriz de calidad recomendada para agua de consumo humano recomendada de 18 a 30 °C (CAPRE, 1994). A excepción de dos pozos con temperaturas de $29,6$ y $29,8$ °C (Sra. María Jaen y Sr. María del Socorro Chevez respectivamente). Sin embargo, la temperatura en El Papalonal varía desde $28,8$ °C hasta $32,2$ °C y una media igual a $30,7$ °C. De los diez puntos de muestreo en el mes julio 2017, el 90 % de pozos sobrepasan la directriz de calidad recomendada para agua de consumo humano recomendada de 18 a 30 °C (CAPRE, 1994) con excepción del pozo del Sr. Adolfo Roque de $29,8$ °C. Las temperaturas altas podrían deberse a que estas comunidades se encuentran ubicadas entre los complejos volcánicos Momotombo y El Hoyo donde hay anomalías térmicas y geofísica (Treminio, 2019).

Análisis de Plaguicida (Cipermetrina)

La determinación de piretroides es por GC-ECD (PNUMA, 2011). El extracto se inyecta en un cromatógrafo de gases con detector de captura de electrones (GC-ECD).

Una vez aplicada, la cipermetrina es absorbida por los componentes del suelo y por lo tanto no es probable que alcance el agua del subsuelo. La cipermetrina no persiste en el suelo y es rápidamente degradada a productos menos tóxicos (con un período de vida media de 2 a 4 semanas) (Rosario, 2002). Actualmente se utilizan compuestos menos persistentes como los piretroides, pero al ser mezclados con compuestos organofosforado se potencia su acción y permanecen en el ambiente (Moreno, y otros, 2012).

Generalidades de los Piretroides

- Se definen como ésteres de ácidos derivados del ciclopropano. Esta definición excluye al fenil-valerato.
- Son poco tóxicos para los mamíferos, quienes los metabolizan y excretan con rapidez.

- Dejan residuos muy bajos o nulo en el suelo y en el agua.
- Posibilidad de tener isómeros.
- Son poco volátiles.

El análisis de cipermetrina únicamente se realizó al pozo perforado El Papalonal. Este pozo se encuentra ubicado dentro de una zona de cultivo (sorgo y maní) y ganadería (Fig. 4). Y presentó valor de cipermetrina de $785,27 \text{ ng.l}^{-1}$, no existe valor guía para el agua de consumo humano. Este piretroide (cipermetrina) está clasificado por la EPA de Estados Unidos como una débil categoría C, pero la Organización mundial de la Salud lo clasifica como moderada en categoría II (WHO, 1994-1995) y la OMS.

El líder comunal Ariel Blanco nos informó que el dueño del terreno donde se construyó el pozo perforado únicamente vendió el sitio donde está ubicado el pozo. También nos informó que en ese año no se había sembrado.



FIGURA 4
Pozo Perforado El Papalonal

Fuentes de abastecimiento seguras

El presente estudio se realizó con la finalidad de conocer las concentraciones y fuentes seguras de As y plaguicidas en las comunidades de Tecuaname y El Papalonal, ya que estas pertenecen al municipio de La Paz Centro, este presenta una topografía volcánica entre ellos: Pilas – El Hoyo, Momotombo, Los Cerros, Asososca, Motoso, Chistata, Teostecasinte, Colorado, Las Palomas y El Piscacho (Municipio de la Paz Centro, Agosto 2008).

En el año 2017 se realizó un estudio sobre las concentraciones de As en la comunidad La Fuente que se encuentra localizada NE del complejo volcánico Momotombo-El Hoyo y al este de la comunidad de Tecuaname. El estudio demuestra que el 70% de las muestras analizadas excedieron el límite de $10 \mu\text{g.l}^{-1}$ para agua de consumo humano (Altamirano, 2020).

El 100 % de los sitios muestreados en las comunidades de Tecuaname y El Papalonal presentan concentraciones de arsénico inferiores a los límites máximos admisibles en aguas para la ingesta humana establecidos como Normas de calidad para aguas de consumo humano según la Organización Mundial de la Salud. Esto se debe a que a pesar de la cercanía volcánica existe dos direcciones de flujo ($\text{N}65^\circ\text{W}$ y $\text{N}^\circ60$). La

primera dirección de flujo comienza en la comunidad La Fuente dirigiéndose hacia el Río El Madroño y El Obraje. La segunda dirección de las aguas subterráneas de las comunidades de Tecuaname, El Papalonal, Los portillos y Cuatro Palo se dirige Rio-Santa Ana, descargando al lago Xolotlán (Fig. 5), (Treminio, 2019).

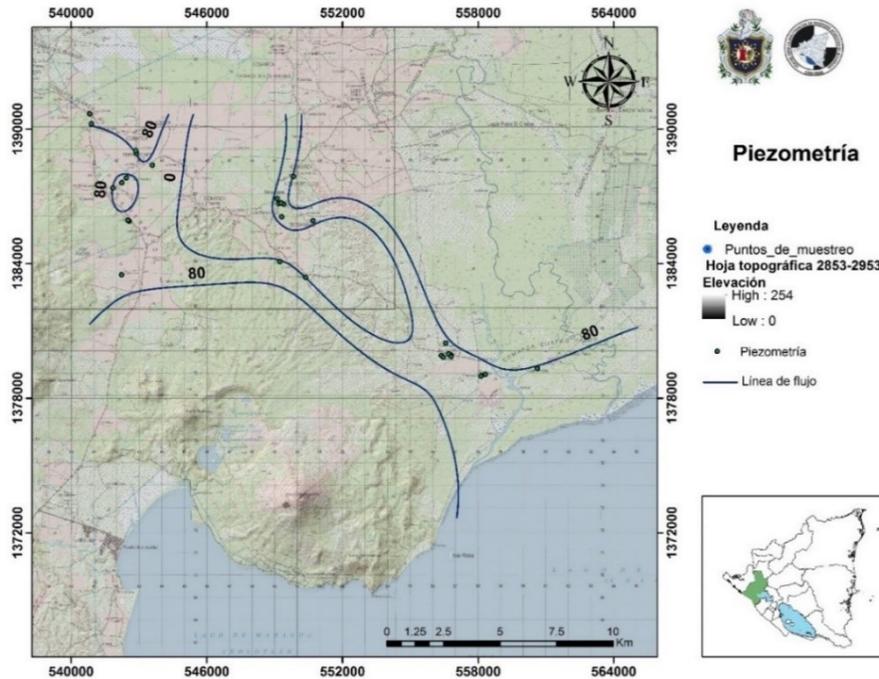


FIGURA 5
Líneas de flujo comunidades Tecuaname y El Papalonal

Presentación de resultados a la comunidad

El 25 de octubre del año 2018. se realizó la devolución de resultados a las comunidades de Tecuaname y El Papalonal. La convocatoria se realizó un mes antes a través de volantes, para realizar la presentación un local. No fue posible comunicarnos con el líder de la comunidad de El Papalonal, la entrega de resultados se realizó casa a casa. En la comunidad de Tecuaname y se realizó una pequeña presentación en el Instituto de Tecuaname (Fig. 6) con la coordinación del Sr. Víctor Largaespada Caps de Tecuaname. En la presentación realizada se les informo a los pobladores la concentración de arsénico encontradas en sus pozos y si esta cumplía con los límites máximos admisibles de agua, para la ingesta según la OMS y sus efectos a la salud. El análisis de cipermetrina se realizó únicamente en la comunidad El Papalonal, ya que el pozo perforado se encuentra dentro de una zona de cultivo. Este resultado se le entrego al Sr. Ariel Blanco líder comunal.



FIGURA 6
Presentación entrega de resultados de las comunidades de Tecuaname y El Papalonal

CONCLUSIÓN

El 100% de las fuentes de aguas analizadas cumplen con los límites máximos admisibles de aguas para la ingesta humana establecidos, como normas de calidad para aguas de consumo humano según la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El pozo Perforado de la comunidad El Papalonal presento concentraciones de 785,27 ng. l⁻¹ de cipermetrina.

Estos sitios son recomendados como uso de fuentes seguras para el abastecimiento de agua potable a los pobladores de Tecuaname, El Papalonal y Los Portillos de acuerdo a la presencia de arsénico.

La divulgación de resultados generó tranquilidad a los pobladores debido a la ausencia del arsénico en sus pozos pero sí preocupación debido a las concentraciones encontradas de cipermetrina

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece a los Fondos para Proyectos de Investigación (FPI) de la Universidad Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua), por el financiamiento a través del proyecto N° 01201702 y a la contraparte del Centro para la Investigación de los Recursos Acuáticos de Nicaragua (CIRA/UNAN-Managua), para la culminación con los objetivos del proyecto.

Agradeciendo a los líderes comunales de Tecuaname y El Papalonal, al Sr. Víctor Largaespada y Sr. Ariel Blanco, respectivamente, por toda su disposición, tiempo y compromiso con el estudio para el bien de las comunidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, M. T., Quezada, L. O., Martín, I. R., Miranda, S. V., & Venavides, A. (2014). *Ársenico en Agua*. Chihuahua: Centro de Investigación en materiales avanzados, S.C.
- Altamirano, M. (2020). *Contaminación Natural por Arsénico en las aguas Subterráneas de la comunidad rural, La Fuente, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura del municipio de la Paz Centro, León, Nicaragua*. Torreón Universitario.
- Bocanegra, O. C., Bocanegra, E. C., & Alvarez, A. A. (2002). *Arsénico en Aguas Subterráneas*.
- Cano, M. E. (2018). *Propuesta de una metodología para el monitoreo de la calidad de agua a través del potencial de Oxido Reducción, en una planta potabilizadora*.
- CAPRE. (Marzo de 1994). *Normas de Calidad para Consumo Humano*.
- CIRA/UNAN. (2016). *Manual de Aseguramiento y Control de Calidad de Laboratorio Analíticos*.
- Galindo, G., Fernández Turiel, J. L., Parada, M. A., & Torrente, D. (2005). *Ársenico en aguas: origen, movilidad y tratamiento*.
- García, N. J. (2013). *Investigación Hidrogeológica para determinar el origen del Arsénico en aguas para consumo humano en la Región Noroeste de Aguas Zarcas, San Carlos, Alajuela, Costa Rica*.
- Montero, V., Quesada, J., Ledezma, A., & Sandoval, J. A. (2010). *Determinación de Arsénico en abastecimiento para Aguas de consumo humano de la Provincia de Cartago, Costa Rica*.
- Moreno, E., Aldana, M., Silveira, M., Rodríguez, G., Valenzuela, A., & Meza, M. (2012). *Análisis de piretroides en suelo y agua de zonas agrícolas y urbanas de los valles de Yanqui y Mayo*. *Revista internacional de contaminación ambiental (SciELO)*.
- Municipio de la Paz Centro, P. (Agosto 2008). *Plan Ambiental 2008-2018*.
- OMS. (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Ginebra: Tercera volumen I (Organización Mundial de la Salud).
- (2008-2018). *Plan Ambiental Municipal*. La Paz Centro.
- Plenge, F., Sierra, J., & Castillo, Y. (2007). *Riesgos a la salud humana causados por plaguicidas*. Tecnociencia Chihuahua.
- PNUMA, P. A. (2011). *Guía para el muestreo y análisis de contaminantes orgánicos en muestras ambientales (Agua, Suelo/Sedimento y biota)*. Manual del programa de monitoreo costero del proyecto GEP-REPCar.
- Rosario. (2002). *La Química de los pesticidas y su metodología analítica*.
- Saenz, B. F. (2015). *Ecotoxicología del Arsénico: Movilización en Suelos y Aguas. Relevancia Clínica y Métodos de Eliminación*.
- SMWW. (2012). *Standard Methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation.
- Tremiño, B. C. (2019). *Mapeo-Geológico - estructural de cinco comunidades ubicada en los complejos volcánicos Momotombo y el Hoyo: La Fuente, Tecuaname El Papalonal, Cuatro Palos y Los Portillos*. Agua y Conocimiento.
- WHO (1994-1995). *Recommended Classification of Pesticides of Hazard*. Geneva.

NOTAS

[1] PP: Pozo Perforado

[2] PE: Pozo Excavado