

## Artículo Original

### Microbiología del Agua

Kasmera 49(1):e49132183, Enero-Julio, 2021

ISSN 0075-5222 E-ISSN 2477-9628

doi <https://doi.org/10.5281/zenodo.4744617>



# Caracterización del recurso hídrico subterráneo en una población insular: un aporte al desarrollo de la comunidad de San Bernardo-Venezuela

*Groundwater resource characterization in an insular population: a contribution to the development of the community of San Bernardo-Venezuela*

Montiel Marynes <sup>1,2</sup>, Morales Félix <sup>1,2</sup>, Silva Ricardo <sup>2</sup>, Baez Anaverl <sup>2</sup>, Portillo Keibel <sup>2</sup>, Reales Carlos <sup>2</sup>, Montiel Maryelvira <sup>3</sup>

<sup>1</sup>Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ciencias de la Vida. Guayaquil-Guayas. Ecuador. <sup>2</sup>Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. <sup>3</sup>Universidad del Zulia. Facultad de Arquitectura y Diseño. Maracaibo-Zulia. Venezuela

## Resumen

En zonas insulares, la principal fuente de agua para el consumo proviene de pozos o acuíferos, por lo cual es importante conocer su distribución y calidad. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar el recurso hídrico subterráneo, a través de los pozos ubicados en la isla San Bernardo, como un aporte al desarrollo de la comunidad y la prevención de enfermedades de transmisión hídrica. Se determinó la ubicación y materiales de construcción de los pozos de agua y pozos sépticos, a fin de determinar el área de cobertura y distribución de estos. Se detectaron 15 pozos de agua construidos con diferentes materiales y diferentes profundidades. Se cuantificaron los coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli*, enterococos y *Pseudomonas*. Igualmente, se midió el pH, salinidad, turbidez, sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica. Todas las muestras de agua mostraron condiciones fisicoquímicas variables y contaminación microbiológica, lo cual la hace inapropiada para el consumo. Se determinó una distribución amplia del recurso y la necesidad de desinfección del agua. Se recomienda la organización de los pozos de agua a fin de lograr una distribución adecuada, el tratamiento del agua extraída de los mismos y la evaluación de la posible reubicación de los pozos sépticos.

**Palabras claves:** calidad del agua, agua subterránea, Venezuela

## Abstract

In insular areas, the main sources of water for consumption are wells or aquifers, so it is important to know its distribution and quality. The objective of this study was to characterize the water resources of the San Bernardo Island as a contribution to the community development and prevention of waterborne diseases. The area of coverage and location of wells and septic tanks, was determined, in order to establish their area of coverage and distribution. Fifteen water wells constructed with different materials and different depths, were detected. Total coliforms, fecal coliforms, *E. coli*, enterococci and *Pseudomonas* were quantified. Also, pH, salinity, turbidity, total dissolved solids, and electrical conductivity, were measured. All water samples showed variable physicochemical conditions, and microbiological contamination, making it unsuitable for consumption. The results showed a wide distribution of the resource and the need for water disinfection when used for human consumption. Water well organization to achieve adequate distribution, the treatment of water extracted from the wells, and an evaluation for relocation of septic tanks is strongly recommended.

**Keywords:** water quality, groundwater, Venezuela

**Recibido:** 08-09-2020

**Aceptado:** 21-02-2021

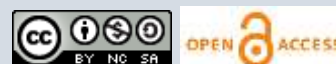
**Publicado:** 17-05-2021

**Como Citar:** Montiel M, Morales F, Silva R, Baez A, Portillo K, Reales C, Montiel M. Caracterización del recurso hídrico subterráneo en una población insular: un aporte al desarrollo de la comunidad de San Bernardo-Venezuela. Kasmera. 2021;49(1):e49132183. doi: 10.5281/zenodo.4744617

**Autor de Correspondencia:** Montiel Marynes. E-mail: [montielmarynes@gmail.com](mailto:montielmarynes@gmail.com)

Una lista completa con la información detallada de los autores está disponible al final del artículo.

©2021. Los Autores. **Kasmera**. Publicación del Departamento de Enfermedades Infecciosas y Tropicales de la Facultad de Medicina. Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons atribución no comercial (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) que permite el uso no comercial, distribución y reproducción sin restricciones en cualquier medio, siempre y cuando la obra original sea debidamente citada.



## Introducción

La disponibilidad y distribución de agua de calidad en una población, representa uno de los principales retos, a fin de garantizar la salud de sus habitantes. Dentro de los Objetivos del Desarrollo Sostenible se plantea, para el año 2030, garantizar la disponibilidad, gestión sostenible y el saneamiento del agua para todos, ODS-6 (1). La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce que el acceso al agua de calidad para el consumo humano resulta en beneficios tangibles para la salud. Igualmente, menciona que las enfermedades asociadas a la contaminación del agua constituyen uno de los principales problemas a nivel mundial, siendo en muchos países la segunda causa de muerte en niños menores de 5 años (2).

Los pozos artesanales son una buena alternativa para el suministro de agua, especialmente en zonas donde el acceso es limitado, tal como ocurre en las regiones insulares. Las fuentes de agua para el consumo en las islas pequeñas son particularmente vulnerables a los cambios introducidos, tanto por los humanos como por el ambiente, ya que los mismos poseen una extensión limitada y poca capacidad adaptativa (3). La disponibilidad de agua en estos ambientes se ve afectada principalmente por las actividades antropogénicas, tales como la tasa de crecimiento poblacional y el cambio climático (4).

Estudios realizados, en cuerpos de aguas subterráneas, han demostrado una alta variabilidad en cuanto a su calidad, como producto del impacto de los factores naturales y de las actividades antrópicas, las cuales pueden estar afectadas por un mal uso, tanto del suelo como del agua (5). Además, a pesar de la alta variedad de acuíferos existentes, en algunos casos, existe un escaso conocimiento sobre la calidad de las aguas subterráneas, especialmente desde el punto de vista microbiológico (6).

Diversos estudios han sido realizados para evaluar la calidad del agua subterránea en diferentes regiones de Venezuela. Para el año 2011, se lograron inventariar un total de 50.000 pozos, a nivel nacional, con fines doméstico, agrícola e industrial, estimándose un total de 100.000 pozos construidos, reportándose el monitoreo de 130 pozos mensuales (7). Debido a la gran problemática con la distribución del agua en el país, es de esperar que esta cifra haya aumentado significativamente, aunque no existen registros oficiales. Bracho y Fernández en el 2017 (8), evaluaron el agua de pozo de la comunidad de San Valentín ubicada en Maracaibo, demostrando, la necesidad de tratamiento previo al consumo. Así mismo, Gutiérrez (2018) (3), en el Municipio Miranda del Edo Zulia, estudió pozos profundos, señalando que requieren de métodos no convencionales para ser utilizados como agua de uso doméstico y/o riego. Prato-Moreno y col. (2020) (2) reporta, valores de coliformes totales por encima del límite permitido, así como la presencia de *Pseudomonas*, *Ascaris* spp., *Blastocystis* sp., *Giardia* sp. y *Eimeria* sp. en el agua subterránea de una zona rural de la ciudad de Mérida, a pesar de que los parámetros

fisicoquímicos estaban dentro de la norma. Es por ello que resulta fundamental conocer la situación del agua en las diferentes regiones a fin de plantear medidas adecuadas de gestión, lo cual permite reducir el peligro potencial de los recursos subterráneos como fuente de abastecimiento (3,4,10).

Particularmente, en las islas es importante conocer y manejar, de manera adecuada, las fuentes de agua a fin de determinar los riesgos de la población al no contar con agua disponible y segura; lo cual permite elaborar un plan adecuado para la adaptación a cambios futuros (3,10). Regularmente en estos ambientes, la principal fuente de agua dulce es subterránea, producto de la precipitación, por lo cual su recarga depende del clima, geografía, topografía y vegetación, presentando una mayor vulnerabilidad, al verse afectada por el mal uso, tanto del suelo como del agua (5,11).

Originalmente, la isla San Bernardo formaba parte de un conjunto de islas ubicadas en la boca del Lago de Maracaibo. Debido a su inestabilidad por causas naturales, en el periodo de 1962-1974, fue unida a la Península de San Carlos, a través de deposición de sedimentos dragados. Al mismo tiempo, se realizó la construcción de un muro con el fin de obtener un dique paralelo al malecón de Zapara y así disminuir la sección del canal, con miras a reducir la sedimentación en la boca de San Carlos-Zapara y hacer más segura la navegación en esta área (12). La Isla ha presentado en los últimos años un aumento poblacional producto de la llegada de nuevos pobladores y del asentamiento de turistas que han construido una serie de viviendas vacacionales en la misma, sin ningún tipo de ordenamiento. Así mismo, existe un desconocimiento en relación con la distribución y calidad del agua de los pozos que se han construido, es por lo que el objetivo de la presente investigación fue caracterizar el recurso hídrico subterráneo, a través del análisis de los pozos ubicados en la isla San Bernardo, como un aporte al desarrollo de la comunidad y una alerta para la prevención de enfermedades de transmisión hídrica.

## Métodos

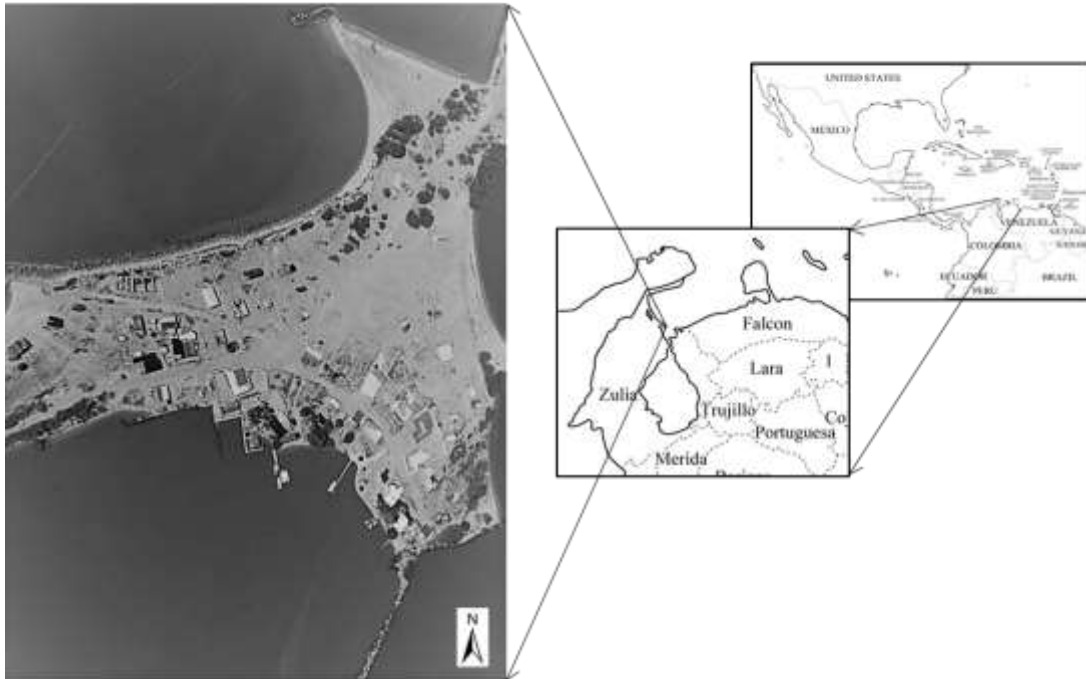
**Tipo y diseño de la investigación:** el estudio es de tipo exploratorio, cuantitativo, observacional de tipo transversal con un diseño de investigación de campo.

**Área de estudio:** la isla San Bernardo está ubicada en la zona norte del estado Zulia, Venezuela, forma parte de la isla San Carlos situada geográficamente entre el Golfo de Venezuela y el Lago de Maracaibo, entre las coordenadas 11°00'15.2"N 71°36'09.7"W y 10°59'51.0"N 71°36'16.5"W; presenta una forma casi triangular con un área aproximada de 11,92 ha (Figura 1). El transporte es principalmente lacustre y con poca disponibilidad y frecuencia, lo cual deriva en escasez de alimentos, medicamentos y agua. Por su proximidad a la península de Paraguaná, a la isla Zapara y a la Guajira, es un sitio con abundante arena de médanos, dunas y piedras producto del dragado y la conformación de muros

escolleras. Los suelos son arenosos, muy permeables y pobres en nutrientes (13).

Durante los últimos años la Isla ha tenido un proceso de desarrollo turístico, lo cual ha beneficiado a la zona, sin embargo, ha incrementado su población con la subsecuente necesidad de mayor suministro de agua y el desarrollo desorganizado de las fuentes de agua,

encontrándose pozos principalmente, en la parte más baja, al sur de la Isla, con la problemática del desconocimiento de su distribución. Igualmente, se conoce que las aguas servidas son depositadas en pozos sépticos ubicados en los alrededores de las viviendas y en muchos casos sin respetar las distancias de separación reglamentarias con los pozos que suministran el agua.



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la isla San Bernardo. Se presenta la zona del sistema del lago de Maracaibo ubicado en el estado Zulia, Venezuela.

**Reconocimiento de los pozos:** para conocer la distribución y características de los pozos que sirven como fuente de agua a la población de la isla San Bernardo, se realizó un recorrido en las áreas ocupadas por los pobladores y en la zona turística. Se determinaron los materiales de construcción, la profundidad, el sistema de extracción y el radio de servicio por cada fuente de agua. Para la ubicación de los pozos, se utilizó el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés), marca GARMIN 72H. Esta información sirvió de base para la elaboración de un mapa de ubicación y distribución de los pozos de agua sobre la base de mapas de Google Earth utilizando las coordenadas obtenidas del levantamiento del GPS.

El reconocimiento del recurso hídrico subterráneo en la isla San Bernardo permitió determinar la presencia de 15 pozos de agua activos y 14 pozos sépticos declarados (Figura 2).

Las características de los pozos se presentan en la Tabla 1. Se encontraron valores entre 2 y 6 m de profundidad, lo cual demuestra un nivel freático del agua elevado. El valor de profundidad reportado por cada pozo se refiere a la profundidad relativa a la topografía de cada uno, de modo que para conocer el valor

absoluto a la cual se encuentra el agua subterránea, es preciso relacionar la elevación del suelo (en metros sobre el nivel del mar, m.s.n.m.) con la profundidad de cada pozo. Para el caso de los pozos 1 al 13, estos se encuentran a una altura de 5 m.s.n.m., mientras que los pozos 14 y 15 se encuentran a 7 m.s.n.m. Los materiales de construcción utilizados incluyen tubos metálicos, bloques trabados de cemento y tanques plásticos enterrados. Todos los pozos utilizan como fuente de extracción una bomba de succión eléctrica de ½ HP.

Una vez reconocidos los pozos existentes, se seleccionaron cinco pozos considerando la distribución de los mismos, de manera de abarcar toda la zona donde se encuentran distribuidos.

**Evaluación de la calidad del agua:** el pH, la salinidad y la turbidez fueron medidas a través de un pHmetro (Waterproof pH Test, Cole-Parmer, USA), un salinómetro refractómetro (SXT-3, Vee Gee, USA) y un turbidímetro (2100 Q, Hach, USA), respectivamente. Los sólidos disueltos totales (SDT) y la conductividad, se midieron con un conductímetro (CM 41, PCE Ibérica S.L. España). Cada uno de los pozos muestreados fue evaluado por triplicado.

Para la caracterización microbiológica, se recolectaron muestras en recipientes de vidrio estériles de un litro, transportadas en frío y procesadas en un lapso no mayor a 6 h, luego de su recolección (12).

**Selección de la muestra:** una vez reconocidos los pozos existentes, se seleccionaron cinco pozos considerando la distribución de estos, de manera de abarcar toda la zona donde se encuentran.



**Figura 2.** Ubicación de los pozos de agua y sépticos en la isla San Bernardo.

**Tabla 1.** Ubicación, tipo de abastecimiento, materiales y profundidad de los pozos ubicados en la isla San Bernardo-Venezuela

Pozo	Coordenadas	Abastecimiento	Materiales	Profundidad (m)
1	10°59'55.3"N 71°36'22.0"W	Privado	Tubo metálico 1,20 m	3
2	10°59'55.3"N 71°36'20.7"W	Comunidad	Bloques de cemento 1,20 x 1,20 m	2
3	10°59'55.3"N 71°36'20.7"W	Comunidad	Bloques de cemento 1,20 x 1,20 m	2
4	10°59'55.3"N 71°36'20.7"W	Comunidad	Bloques de cemento 1,20 x 1,20 m	2
5	10°59'55.2"N 71°36'20.4"W	Privado	Tubo metálico 1,20 m	2,5
6	10°59'55.2"N 71°36'20.4"W	Privado	Bloques de cemento 1,20 x 1,20 m	3
7	10°59'54.2"N 71°36'18.1"W	Comunidad	Bloques de cemento 1,20 m	3
8	10°59'54.2"N 71°36'18.1"W	Privado	Bloques de cemento 1,20 m	3
9	10°59'53.9"N 71°36'18.0"W	Privado	Bloques de cemento 1,20 x 1,20 m	3
10	10°59'53.6"N 71°36'17.2"W	Privado	Anillos de concreto macizo 1,20 m	3
11	10°59'52.9"N 71°36'17.0"W	Privado	Tanques plásticos 0,80 m diámetro	2
12	10°59'52.5"N 71°36'16.7"W	Privado	Tanques plásticos 0,80 m diámetro	2
13	10°59'52.0"N 71°36'16.8"W	Privado	Bloques de cemento 2,00 m	2,5
14	10°59'53.7"N 71°36'16.7"W	Privado	Bloques de cemento 2,00 m	6
15	10°59'54.5"N 71°36'17.2"W	Privado	Bloques de cemento 2,00 m	6

Los coliformes totales (CT), coliformes fecales (CF), *Escherichia coli* (EC), enterococos (EN) y *Pseudomonas* (PS) se cuantificaron utilizando la técnica de tubos múltiples (14-16). Se utilizaron series de 10 tubos conteniendo caldo lactosado, caldo azida dextrosa y caldo asparagina, para los coliformes, enterococos y *Pseudomonas*, respectivamente. Todos los medios utilizados fueron marca BBL, USA.

Para los coliformes totales, los tubos positivos de caldo lactosado se inocularon en caldo bilis verde brillante, a 37 °C durante 24 a 48 h. Los coliformes fecales se cuantificaron a partir del caldo EC a 44,5 °C durante 24 h. Posteriormente, se transfirieron a agar eosina azul de metileno y las colonias compatibles con *E. coli* fueron identificadas a través de pruebas bioquímicas tales como: prueba de indol, rojo de metilo, Voges Proskauer,



utilización del citrato, motilidad, hidrólisis de la urea, descarboxilación de aminoácidos y fermentación de glucosa, sacarosa y lactosa.

En el caso de los enterococos, los tubos positivos de caldo azida dextrosa se transfirieron a agar KF. Las colonias aisladas fueron identificadas morfológicamente, mediante la tinción de Gram y bioquímicamente, por la prueba de la catalasa, manitol, sorbitol, arginina, arabinosa, sorbosa, telurito al 0,04%, motilidad, pigmentación, sucrosa y piruvato.

Para la detección de *Pseudomonas aeruginosa*, los tubos positivos se inocularon en agar cetrimide, la presencia de color azulado indica positividad. La identificación se realizó, utilizando la tinción de Gram, prueba de la oxidasa, motilidad, producción de pigmento, arginina, producción de indol, H<sub>2</sub>S, lisina y ornitina descarboxilasa, ureasa y citrato.

**Recolección de la información y análisis estadístico:** los datos obtenidos fueron almacenados y organizados a través de Microsoft Excel 2.0. Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos fueron realizadas por triplicado y obtenido un promedio de los mismos, para verificar su reproducibilidad. Los datos se analizaron a través de una estadística descriptiva y se expresaron en porcentajes.

**Aspectos bioéticos:** se estableció relación con los miembros de la comunidad y dueños de los pozos a analizar quienes dieron su consentimiento para la toma de muestra y realización del estudio.

## Resultados

En relación a la distribución de los pozos se encontró que el 26,7% (4/15) eran de uso común y el 73,3% de uso privado o al menos se encontraban en viviendas privadas. Cuatro de los pozos (2, 3, 4 y 9) suplen el mayor número de casas.

Se detectaron valores de pH en las muestras de agua subterránea entre 7,4 y 7,7 encontrándose dentro de los límites recomendados (6,5-8,5) por la normativa venezolana (17). La salinidad osciló entre 0,1 y 3,0 UPS, lo cual clasifica algunas de estos pozos como ligeramente salobres. La turbidez del agua se encontró entre 0,3 y 24,9 UNT. La normativa venezolana propone un valor deseable <1 UNT y un máximo aceptable de 5 UNT, solo uno de los pozos estudiados no cumplió con la norma (17). Se evidenció una alta dispersión en la cantidad de sólidos totales disueltos (STD), 559,7 a 1.794,3 mg/L, encontrándose un 60% de los pozos por encima de la normativa venezolana para agua de consumo (<600 mg/L con un máximo de 1.000 mg/L) (17). La conductividad eléctrica (CE) se encontró en un rango entre 2,09 y 1225,33 mS/cm (Tabla 2). Estos valores fueron transformados a valores de dureza total, de acuerdo con Solís-Castro y col. (18), con la finalidad de comparar con la normativa venezolana.

**Tabla 2.** Media y desviación estándar (DE) de los parámetros fisicoquímicos medidos en muestras de agua subterránea en la isla San Bernardo-Venezuela

Nº de Pozo		pH	S	T	STD	C	DT
1	Media	7,91	0,10	0,38	559,67	651,33	350,16
	DS	0,01	0,00	0,07	0,58	0,58	0,47
5	Media	7,69	0,30	0,79	949,67	1104,67	743,94
	DS	0,02	0,00	0,04	0,58	0,58	21,10
8	Media	7,50	0,90	0,34	1794,33	2,09	0,99
	DS	0,03	0,90	0,05	0,58	2,09	1,26
11	Media	7,35	3,00	24,87	1598,33	5,66	2,22
	DS	0,01	0,00	0,32	0,58	0,01	0,27
12	Media	7,51	0,40	1,42	1054,00	1225,33	869,52
	DS	0,03	0,00	0,34	0,00	1,15	0,66

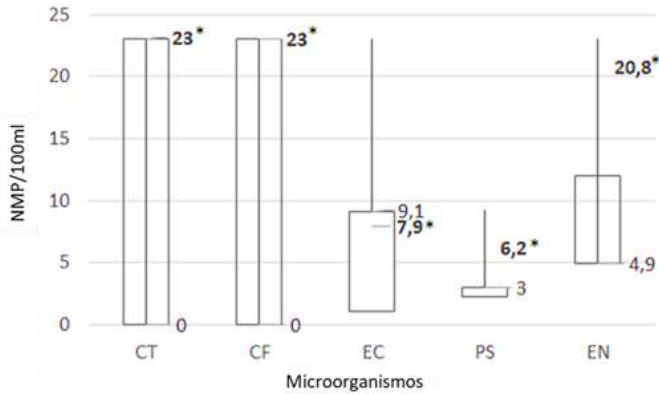
Salinidad (UPS), Turbidez (UNT), Sólidos totales disueltos (mg/L), Conductividad (mS/cm), Dureza Total (mg/L) P1=Pozo 1; P2= Pozo 2; P3= Pozo 3; P4= Pozo 4; P5= Pozo 5; CT= coliformes totales, CF= Coliformes Fecales; EC= *Escherichia coli*; Ps= *Pseudomonas*; EN= Enterococos NMP= Número Más Probable; mL= Mililitros

Los análisis microbiológicos de las aguas provenientes de los pozos mostraron la presencia de coliformes totales, fecales y *E. coli* en el 100% de las muestras analizadas con valores de hasta 23 NMP/100 mL, lo cual demuestra contaminación de origen fecal en estas aguas, con límites superiores a los permitidos por la normativa venezolana (12), la cual señala "Ninguna muestra de 100 mL, deberá indicar la presencia de organismos coliformes termorresistentes (coliformes fecales)". Los enterococos y *Pseudomonas* también se encontraron presentes en todas las muestras analizadas en promedio de 20,8 NMP/100 mL

y 6,2 NMP/100 mL, respectivamente (Figura 3). La normativa venezolana, señala al respecto: "El agua potable no debe contener agentes patógenos: Virus, Bacterias, Hongos, Protozoarios, ni Helmintos" (12).

La especie de *Pseudomonas* que prevaleció en mayor porcentaje fue *P. cepacia* (*Burkholderia cepacia*) (57,14%), seguido por *P. fluorescens* (28,57%) y *P. aeruginosa* (14,29%). Se identificaron 32 cepas de bacterias pertenecientes al género *Enterococcus*, siendo *E. faecalis* la que mostró una mayor prevalencia (76%), seguido por *E. sanguinicola* (9%), *E. avium* (6%) y *E.*

*raffinosis*, *E. divreisei* y *Aerococcus sanguinicola* con un 3% en cada uno de ellos. La identificación de los microorganismos se realizó mediante pruebas fenotípicas, utilizando un gran número de pruebas bioquímicas, debido al menor costo, número reducido de muestras y tiempo requerido, por lo que es utilizada aún en numerosos trabajos en lugar de técnicas moleculares (19).



**Figura 3.** Valores máximos, mínimos, promedios y desviación estándar de los microorganismos en las muestras de agua recolectadas en los pozos ubicados en la isla San Bernardo. \*Valores promedios obtenidos.

## Discusión

La distribución y calidad del agua para el consumo humano es de importancia en el desarrollo de las poblaciones y en el control de la transmisión de microorganismos causantes de enfermedades. Particularmente, este estudio es de gran importancia al permitir conocer la calidad y distribución del agua en la Isla San Bernardo, ya que se reconoce que las regiones insulares son una de las más afectadas al no tener fácil acceso al agua potable, lo cual conlleva al uso de pozos artesianos, como la principal fuente hídrica. En la isla San Bernardo, la fuente de agua para consumo depende casi en su totalidad de 15 pozos activos, a los cuales se les estimó la profundidad, resultando entre 2 y 6 m (Tabla 1) con un nivel freático elevado, lo cual permite el fácil acceso al agua, pero se traduce en alta posibilidad de contaminación por aguas de lluvia, así como por la infiltración del agua (20).

Entre los parámetros fisicoquímicos, el pH resultó homogéneo (7,35 y 7,91) comparado con datos reportados en otras regiones del país, tales como la isla de Margarita (6,4-8,0) (21), la zona de San Valentín en Maracaibo (5,57-8,05) (8) y la zona baja de los Andes Venezolanos (6,47-7,39) (2), donde se reportó una mayor variabilidad. Los valores de pH en San Bernardo pudiesen estar influenciados por el efecto de las aguas provenientes del Lago de Maracaibo y del Río Limón, que confluyen al sur de la Isla, y por el origen calizo de las rocas que conforman su suelo, producto de afloramientos geológicos del Cuaternario, con suelos salinos, arenosos, muy permeables, pobres en nutrientes, textura liviana, con baja retención de humedad y excesivamente drenados (13).

Un hallazgo interesante fue la presencia de agua ligeramente salobre, lo cual concuerda con estudios realizados por el Ministerio de Obras Públicas sobre la calidad de las aguas subterráneas a nivel regional en la cuenca del Lago de Maracaibo y Golfo de Venezuela, donde se demostró una gran cantidad de acuíferos de aguas salobres (salinidad superior a 0,5 UPS) como resultado de las características geológicas de la zona y la conexión hidráulica entre las aguas del Lago y las del Golfo (6,8). Por otra parte, en 18 pozos estudiados en la isla Margarita-Venezuela, el 85% presentó una salinidad superior a 1,1 UPS con un promedio de 0,05 y una máxima de 8 UPS (21). Aun cuando el consumo de altas concentraciones de sal ha sido relacionado con el incremento en problemas de hipertensión y enfermedades cardiovasculares (22), en la normativa venezolana no existe un valor máximo de salinidad, en su defecto, se infiere la palatabilidad o tolerancia de esta cuando menciona "olor y sabor aceptable para la mayoría de los consumidores" (17). Tampoco existe información cuantitativa en la Organización Mundial de la Salud (OMS), en la EPA-USA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU), ni en la normativa europea. Sin embargo, la agencia de Protección Ambiental Australiana clasifica las aguas con salinidades de 0 a 0,6 UPS como buena; de 0,6 a 0,9 UPS aceptable; 0,9 a 1,2 UPS pobre y sobre 1,2 UPS inaceptable. Por lo tanto, según esta normativa, solo uno de los pozos estudiados presentó salinidades inaceptables para el consumo humano (23).

La presencia de una gran variabilidad en relación con los sólidos totales disueltos asocia el 60% de los pozos a riesgos en reacciones fisiológicas desfavorables, al presentar valores por encima de 1000 mg/l, esto es importante ya que muchos de los pozos estudiados son de uso comunitario. Este alto porcentaje de pozos que no cumplen con la normativa también ha sido reportado en la isla de Margarita-Venezuela (21), pero se diferencia de los valores encontrados en la zona baja de los Andes Venezolanos, donde los pozos presentaron valores menores a 100 mg/L (9). La presencia de STD también está asociado a la turbidez del agua lo cual se relaciona con enfermedades gastrointestinales (24).

De igual manera, en la mayoría de las aguas naturales, la conductividad guarda una estrecha relación con los STD de aproximadamente 0,65:1 (25). En el presente estudio, se encontró una relación entre 1:1 a 3:1, lo cual concuerda con lo reportado por otros autores (26,27). Esta variación podría asociarse a la mezcla con agua de mar, a la posibilidad de contaminación con una descarga, o a alguna otra fuente de perturbación que altera la calidad del cuerpo de agua. La ubicación de los pozos a poca altura sobre el nivel del mar, en la zona más baja de la Isla, y a un nivel más bajo que la mayoría de las viviendas, aumenta la posibilidad de la contaminación por aguas residuales, provenientes de los pozos sépticos, lluvias y aguas de escorrentía. De esta manera, se incrementa la concentración de iones en la solución, alterando su actividad e incrementando su capacidad de transmitir electricidad (25).

La CE, también se considera un buen indicador indirecto de las concentraciones de dureza total y dureza de calcio, por lo tanto, se recomienda su medición en pozos y nacientes (18). La relación entre la CE y la dureza total, arrojó valores diversos, indicando que el 60% de los pozos no cumplían con la normativa venezolana, de 250 a 500 mg/L, a diferencia de los valores encontrados en Maracaibo y en la zona baja de los Andes (8,9), los cuales se encuentran en el rango permitido. El tipo de construcción del pozo no marcó diferencia entre los valores fisicoquímicos encontrados, ya que se reflejó una diversidad de valores independientemente del material utilizado.

Desde el punto de vista microbiológico, ninguna muestra cumple con la normativa venezolana para ser utilizada como agua potable (12), sin embargo, el 100% de las muestras cumplieron con los límites exigidos por la normativa venezolana para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes, como agua tipo 1, subtipo 1A, las cuales pueden ser utilizadas como agua potable con la adición de desinfectante. Igualmente, estas aguas pueden ser utilizadas para el riego al cumplir con los requisitos para agua tipo 2 (28). Estos resultados coinciden con los reportados por otros autores en muestras de agua subterránea de diferentes sectores de Venezuela (6,8,28). Otros estudios, han reportado la baja calidad microbiológica de las aguas de pozo en diferentes regiones de Venezuela (8,9). Acacio y col. (29) reportan en muestras de pozos del Municipio Buchivacoa, Venezuela ausencia de coliformes, *E. coli* y *Salmonella* en pozos salobres, lo cual demuestra la variabilidad en los diferentes pozos y la necesidad de evaluar las diferentes zonas del país.

La presencia de *E. coli* en valores de hasta 9.1 NMP/100 ml (Figura 3) está asociada con contaminación fecal reciente y es uno de los indicadores de contaminación fecal más específicos en el agua (10,19,30). La Organización Mundial de la Salud recomienda el uso de esta especie como indicador, señalando que debe estar ausente (0 UFC/100 ml) en aguas destinadas al consumo humanos (2).

Igualmente fue posible la detección de diversas especies de los géneros *Enterococcus* y *Pseudomonas*, las cuales podrían confirmarse de una manera más certera al utilizar técnicas moleculares, sin embargo, el uso de técnicas fenotípicas continúa siendo una alternativa de bajos costo y aplicable a un mayor número de laboratorios (12). La especie de *Pseudomonas* que prevaleció en mayor porcentaje fue *P. cepacia*. La presencia de *P. aeruginosa* en los cuerpos de agua subterránea ha sido asociada a regiones con alta vulnerabilidad relacionando su ingreso predominantemente por vía subsuperficial (10,30,31). Se identificaron 32 cepas de bacterias pertenecientes al género *Enterococcus*, siendo *E. faecalis* la que mostró una mayor prevalencia (76%), seguido por *E. sanguinicola* (9%), *E. avium* (6%) y *E. raffinosus*, *E. divreisei* y *Aerococcus sanguinicola* con un 3% en cada uno de ellos. La presencia de *Enterococcus* en aguas subterráneas, es

reportadas en diferentes regiones, caracterizadas por actividad antropogénica inadecuada en la superficie (3,8-10, 30-32).

La contaminación de las aguas subterráneas ha sido asociada a diferentes fuentes tales como, la infiltración, tanques sépticos con mal funcionamiento o mal ubicados, tanques de almacenamiento subterráneos, y escorrentía de zonas urbanas o rurales, entre otros (18,20,27). La presencia de microorganismos indicadores de contaminación puede estar relacionada con las actividades antropogénicas, siendo asociadas, en muchos casos, a la contaminación de una gran cantidad de cuerpos de aguas subterráneas, incluyendo el área de la Cuenca Hidrográfica del Lago de Valencia, subcuenca de la Laguna de Taiguaguay (6). Igualmente, la movilización de animales y la disposición inadecuada de aguas residuales influyen de manera importante en la calidad microbiológica de las fuentes de agua (32,33). El material de construcción de los pozos no incidió en la calidad microbiológica de los mismos, tanto microorganismos indicadores como patógenos fueron encontrados presentes en todos los pozos, independientemente de su recubrimiento.

En el caso de la isla San Bernardo, los habitantes tienen criaderos de animales tales como ganado porcino, vacuno y caprino, así como aves de corral, los cuales se encuentran en sitios cercanos a los pozos. No existe una red de disposición de aguas residuales, por tanto, esta se realiza a través de pozos sépticos, lo cual pudiera incidir en la contaminación microbiológica presente en los pozos estudiados (13). La cercanía de los pozos de agua de consumo a las viviendas y a los botaderos de basura ocasionan un incremento en los coliformes (29). Según información suministrada por los habitantes de la zona, otra de las posibles fuentes de contaminación de los pozos pudiera estar asociada a una laguna intermedia que se encuentra contaminada, la cual denominan Pozón, ubicada al oeste de la Isla. Entre las limitaciones encontradas fue la posibilidad de movilización hacia la isla, lo que limitó el número de muestras posibles a tomar, sin embargo, la distribución de las muestras recolectadas permitió establecer la calidad del agua en los diferentes sectores.

Los pozos estudiados son relativamente superficiales lo cual aumenta su riesgo de contaminación en comparación con los pozos más profundos (18,20,33). La presencia de géneros como *Pseudomonas*, microorganismo saprófito, y *Enterococcus* se ha relacionado con la calidad inadecuada del agua para el consumo (2,34). Estudios previos han reportado un alto porcentaje de pozos contaminados en distintos países, incluyendo Venezuela (8,9,34-37), lo cual demuestra la susceptibilidad de los pozos a la contaminación microbiológica asociada a la falta de acueductos, disponibilidad limitada del agua, inadecuada limpieza y desinfección de recipientes, roturas o aparición de grietas en las tuberías, periodos prolongados en el almacenamiento del agua, y la falta de tratamiento físico químico o procesos inadecuados (30,37,39).

Adicionalmente, la migración de microorganismos bajo el nivel freático, principalmente provenientes de pozos sépticos, así como las inundaciones, pueden inducir a una grave contaminación microbiológica del agua subterránea, especialmente en suelos de roca caliza (33,38), similares a los de la Isla San Bernardo.

Los riesgos microbiológicos más elevados, asociados al agua, están relacionados con la ingesta de agua contaminada con heces de origen humano y animal, que son fuente de bacterias, virus, parásitos y hongos (10,18,28), por lo cual es indispensable la aplicación de procesos de desinfección. La eliminación de los patógenos microbianos debe ser considerada, particularmente a través del uso de agentes químicos y aplicación de tratamientos físicos, tal como el cloro y la ebullición, que pueden ser utilizados en aguas sujetas a contaminación fecal. Por otra parte, es importante educar a las poblaciones sobre la calidad y buenas condiciones higiénico-sanitarias en la cual se deben conservar las fuentes agua y sus alrededores, insistiendo en la importancia de mantenerlas limpias y saludables para prevenir y controlar la contaminación de estas. Es importante difundir la información, para que llegue a quienes compete tomar decisión para lograr un mejor uso de los mismos.

El estudio del recurso hídrico subterráneo de la Isla San Bernardo permitió ubicar 15 pozos activos, con variabilidad tanto en el aspecto microbiológico como fisicoquímico independientemente del material de construcción.

Los valores encontrados permiten clasificar las aguas, de acuerdo con la normativa venezolana, como aguas tipo 1A, por lo cual pueden ser utilizadas para el consumo humano con la adición de desinfectante o agua tipo 2A para el riego, lo cual permitiría a la población obtener agua segura con estos dos propósitos.

Se alerta a la población que para poder utilizar el agua para el consumo humano y evitar la transmisión de enfermedades de origen hídrico es necesario implementar procesos de adecuación y desinfección, tales como filtros de sedimentos y/o tratamientos de luz UV o cloración.

### Conflictos de relaciones y actividades

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses y actividades. Todos han realizado diversas actividades en el desarrollo de este artículo.

### Financiamiento

Financiado por el Consejo de Desarrollo Científico, Tecnológico y Humanístico de la Universidad del Zulia (CC-0614-15) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (FCV 13-06).

### Agradecimientos

A la comunidad de la Isla de San Bernardo por su apoyo en el desarrollo del proyecto

### Referencias Bibliográficas

1. Organización de las Naciones Unidas. Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible [Internet]. 2016. [citado 5 de enero de 2020]. Disponible en: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKFwjW\\_Mqm7ufvAhV\\_oElkFHUsOAEAQFjAAeqQIBBAD&url=https%3A%2F%2Funstats.un.org%2Fsdas%2Freport%2F2016%2Fthe%2520sustainable%2520development%2520goals%2520report%25202016\\_spanish.pdf&usq=AOvVaw2syZVDRcY8Jk8dVm4TntGb](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKFwjW_Mqm7ufvAhV_oElkFHUsOAEAQFjAAeqQIBBAD&url=https%3A%2F%2Funstats.un.org%2Fsdas%2Freport%2F2016%2Fthe%2520sustainable%2520development%2520goals%2520report%25202016_spanish.pdf&usq=AOvVaw2syZVDRcY8Jk8dVm4TntGb).
2. Organización Mundial de la Salud. Reconocimiento del acceso al agua segura y limpia y a servicios de saneamiento como un derecho humano [Internet]. 2018. [citado 5 de enero de 2020]. Disponible en: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/recognition\\_safe\\_clean\\_water/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/recognition_safe_clean_water/es/)
3. Paris M, Gutiérrez J, Marín J. Calidad de agua subterránea en el sector centro occidental del municipio Miranda (estado Zulia, Venezuela). Aqua-LAC [Internet]. 30 de septiembre de 2018 [citado 19 de enero de 2021];10(2):38-45. Disponible en: <http://aqua-lac.org/index.php/Aqua-LAC/article/view/205> DOI: [10.29104/phi-aqualac/2018-v10-2-04](https://doi.org/10.29104/phi-aqualac/2018-v10-2-04) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
4. Martínez Z. Asociación Venezolana para el Agua (AveAgua) Situación de los Recursos Hídricos en Venezuela 2 ed. Caracas: AveAgua; 2011. p. 10-53.
5. Coello X, Galarraga H. Metodologías para el Análisis de la Vulnerabilidad de Acuíferos en Medios Urbanos; el Caso de Quito, Ecuador. En: Bocanegra E, Martínez D, Massone H. editores. Groundwater human development. New York: A.A. Balquema Publishers; 2002. p. 33-45.
6. Gonzalez E, Buroz E, Lairet R, Najul M, Blanco H, Sánchez R, et al. Calidad de las Aguas en Venezuela. En: Roldán G, Tundisi J, Jimenez B, Vammen K, Vaux, H, Gonzalez E, et al, editores. La Calidad de las aguas en las Américas. Mexico: The Inter-American Network of Academies of Sciences; 2019. p. 632-659.
7. Dautant R, Guevara E. Recursos Hídricos-Venezuela 2011. Centro del Agua para América Latina y el Caribe. Monterrey: Instituto Tecnológico Monterrey, México; 2011. p. 26-31.
8. Bracho-Fernández IA, Fernández-Rodríguez M. Evaluación de la calidad de las aguas para consumo humano en la comunidad venezolana de San Valentín, Maracaibo. Minería y Geol [Internet]. 2017;33(3):341-52. Disponible en: [http://200.14.55.89/index.php/revistamg/article/view/art7\\_No\\_3\\_2017\\_SciELO\\_Redaly Google Académico Microsoft Académico](http://200.14.55.89/index.php/revistamg/article/view/art7_No_3_2017_SciELO_Redaly Google Académico Microsoft Académico)
9. Prato-Moreno JG, Millán-Marrero FC, Prada-Andrade CM, Tánaselia C, Prado LC, Lucena ME, et al. Caracterización fisicoquímica y microbiológica de aguas subterráneas de un sector rural a baja altitud en Los Andes venezolanos. Kasmera [Internet]. 8 de junio de 2020 [Citado el 19 de diciembre de 2020];48(1):e48131414. Disponible en: <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/kasmera/article/view/31414> DOI: [10.5281/zenodo.3861081](https://doi.org/10.5281/zenodo.3861081) [Redaly](#) [Lilacs](#) [Google Académico](#)



10. Holding S, Allen DM. Risk to water security for small islands: an assessment framework and application. *Reg Environ Chang* [Internet]. 2016 [Citado el 19 de abril de 2020];16(3):827-39. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0794-1> DOI: [10.1007/s10113-015-0794-1](https://doi.org/10.1007/s10113-015-0794-1) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
11. Lesmes Fabian C, Ibañez JW, Prieto FS, Caro Camargo C. Groundwater Sustainability Assessment in Small Islands: The Case Study of San Andres in the Caribbean Sea. *Preprints 2018* [Pre-print], 2018070449. Disponible en: <https://www.preprints.org/manuscript/201807.0449/v1> DOI: [10.20944/preprints201807.0449.v1](https://doi.org/10.20944/preprints201807.0449.v1) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
12. Rodríguez G. *El Sistema de Maracaibo*. 2da ed. Caracas: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas; 2000. p 246.
13. Instituto Nacional de Estadística. Informe Geoambiental Zulia [Internet]. 2007 [citado 1 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/129133167/Informe-Geoambiental-Zulia>
14. Baird R, Bridgewater L. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22<sup>th</sup> Ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2012. p 1360.
15. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana 2986-93. Agua Potable: Determinación de *Pseudomonas aeruginosa* por el Método del Número más Probable. Caracas: COVENIN. 1993. p. 1-7.
16. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana 1104. Alimentos: Determinación del Número más Probable de Coliformes, Coliformes Fecales y de *E. coli*, 2da revisión. Caracas: COVENIN. 2016. p 1-13.
17. República de Venezuela. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*. Normas Sanitarias de Calidad de Agua Potable. Caracas. 1998.
18. Solís-Castro Y, Zúñiga-Zúñiga LA, Mora-Alvarado DA. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Rev Tecnol en Marcha* [Internet]. 22 de marzo de 2018 [Citado el 12 de marzo de 2020];31(1):35-46. Disponible en: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/3495](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3495) DOI: [10.18845/tm.v31i1.3495](https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495) [SciELO](#) [Dialnet](#) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
19. Dayanti MP, Fachrul MF, Wijayanti A. *Escherichia coli* as bioindicator of the groundwater quality in Palmerah District, West Jakarta, Indonesia. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci* [Internet]. 2018 [Citado el 12 de marzo de 2020];106:12081. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012081> DOI: [10.1088/1755-1315/106/1/012081](https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012081) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
20. Environmental Protection Agency US. Acerca de los pozos de agua privados [Internet]. 2019 [citado 9 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/espanol/acerca-de-los-pozos-de-agua-privados>
21. Iriarte MM, Marín M. Aspectos microbiológicos y físico-químicos de los pozos de agua de la isla de Margarita. *Mem la Fund La Salle Ciencias Nat* [Internet]. 2005 [Citado el 12 de marzo de 2020];163:119-31. Disponible en: [http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/13-Memoria163\\_119-131.pdf](http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/13-Memoria163_119-131.pdf) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
22. Shammi M, Rahman MM, Bondad SE, Bodrud-Doza M. Impacts of Salinity Intrusion in Community Health: A Review of Experiences on Drinking Water Sodium from Coastal Areas of Bangladesh. *Healthcare*. 2019 [Citado el 12 de marzo de 2020];7(1):50-69. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9032/7/1/50> DOI: [10.3390/healthcare7010050](https://doi.org/10.3390/healthcare7010050) PMID [30909429](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30909429/) PMID [30909429](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30909429/) [PMCID PMC6473225](#) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
23. Environmental Protection Agency South Australia. Salinity. [Internet]. EPA; 2018 [Citado el 09 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.epa.sa.gov.au/environmental\\_info/water\\_quality/threats](https://www.epa.sa.gov.au/environmental_info/water_quality/threats)
24. De Roos AJ, Gurian PL, Robinson LF, Rai A, Zakeri I, Kondo MC. Review of Epidemiological Studies of Drinking-Water Turbidity in Relation to Acute Gastrointestinal Illness. *Environ Health Perspect* [Internet]. 2017 [Citado el 12 de marzo de 2020];125(8): 086003-086019. Disponible en: <https://doi.org/10.1289/EHP1090> DOI: [10.1289/EHP1090](https://doi.org/10.1289/EHP1090) PMID [28886603](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28886603/) PMID [28886603](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28886603/) [PMCID PMC5882241](#) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
25. Walton NRG. Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids—What is Their Precise Relationship? *Desalination* [Internet]. 1989;72(3):275-92. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0011916489800128> DOI: [10.1016/0011-9164\(89\)80012-8](https://doi.org/10.1016/0011-9164(89)80012-8) [Google Académico](#)
26. Obiefuna GI, Sheriff A. Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for Irrigation and Domestic Purposes. *Res J Environ Earth Sci* [Internet]. 2011 [Citado el 12 de marzo de 2020]; 3(2):132-142. Disponible en: <https://maxwellsci.com/jp/abstract.php?jid=RJEES&no=89&bs=09> [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
27. Thirumalini S, Joseph K. Correlation between Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids in Natural Waters. *Malaysian J Sci* [Internet]. 2009 [Citado el 12 de marzo de 2020];28(1):55-61. Disponible en: <https://mjs.um.edu.my/article/view/7692> DOI: [10.22452/mjs.vol28no1.7](https://doi.org/10.22452/mjs.vol28no1.7) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
28. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883. [Internet]. *Gaceta Oficial de la República de Venezuela*, Gaceta oficial N° 5.021 Caracas, Venezuela; 1995 [Citado el 05 de enero de 2020]. Disponible en: <https://higueroteonline.com/normas-para-la-clasificacion-y-el-control-de-la-calidad-de-los-cuerpos-de-agua-y-vertidos-o-efluentes-liquidos-decreto-883/>.
29. Acacio Chirino N, Cancino Camperos J, Molina Céspedes M. Caracterización de aguas subterráneas en el municipio Buchivacoa (Venezuela) con fines de tratamiento. *Rev Invest (Guadalajara)* [Internet]. 20 de junio de 2018 [Citado el 12 de marzo de 2020];11(1):27-38. Disponible en: <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rinv/article/view/177> DOI: [10.29097/2011-639X.177](https://doi.org/10.29097/2011-639X.177) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
30. Takal JK, Quay-Ballard JA. Bacteriological contamination of groundwater in relation to septic tanks location in Ashanti Region, Ghana. *Cogent Environ Sci* [Internet]. 1 de enero de 2018 [Citado el 12 de marzo de 2020];4(1):1556197. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1556197> DOI: [10.1080/23311843.2018.1556197](https://doi.org/10.1080/23311843.2018.1556197) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)

31. Méndez Novelo RI, Pacheco Ávila JG, Castillo Borges ER, Cabrera Sansores SA, Vázquez Borges E del R, Cabañas Vargas DM. Calidad microbiológica de pozos de abastecimiento de agua potable en Yucatán, México. Ingeniería [Internet]. 30 de abril de 2015 [citado 12 de marzo de 2020];19(1):51-61. Disponible en: <http://redi.uady.mx:8080/handle/123456789/2272> [Redalyc](#) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
32. Ríos-Tobón S, Agudelo-Cadavid RM, Gutiérrez-Builes LA. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. Rev Fac Nac Salud Pública [Internet]. 16 de febrero de 2017 [Citado el 12 de marzo de 2020];35(2):236-47. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/26353> DOI: [10.17533/udea.fnsp.v35n2a08](https://doi.org/10.17533/udea.fnsp.v35n2a08) [SciELO](#) [Lilacs](#) [Redalyc](#) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
33. Mattioli MC, Benedict KM, Murphy J, Kahler A, Kline KE, Longenberger A, et al. Identifying septic pollution exposure routes during a waterborne norovirus outbreak - A new application for human-associated microbial source tracking qPCR. J Microbiol Methods [Internet]. 2021 [Citado el 12 de diciembre de 2020];180:106091. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167701220308071> DOI: [10.1016/j.mimet.2020.106091](https://doi.org/10.1016/j.mimet.2020.106091) PMID [33137355](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33137355/) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
34. Mukhopadhyay C, Vishwanath S, Eshwara VK, Shankaranarayana SA, Sagir A. Microbial quality of well water from rural and urban households in Karnataka, India: A cross-sectional study. J Infect Public Health [Internet]. 2012 [Citado el 12 de marzo de 2020];5(3):257-62. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876034112000330> DOI: [10.1016/j.jiph.2012.03.004](https://doi.org/10.1016/j.jiph.2012.03.004) PMID [22632600](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22632600/) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
35. Coleman BL, Louie M, Salvadori MI, McEwen SA, Neumann N, Sibley K, et al. Contamination of Canadian private drinking water sources with antimicrobial resistant *Escherichia coli*. Water Res [Internet]. 2013;47(9):3026-36. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313541300167X> DOI: [10.1016/j.watres.2013.03.008](https://doi.org/10.1016/j.watres.2013.03.008) PMID [23548566](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23548566/) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
36. Won G, Gill A, LeJeune JT. Microbial quality and bacteria pathogens in private wells used for drinking water in northeastern Ohio. J Water Health [Internet]. 12 de junio de 2013 [Citado el 12 de marzo de 2020];11(3):555-62. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wh.2013.247> DOI: [10.2166/wh.2013.247](https://doi.org/10.2166/wh.2013.247) PMID [23981882](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23981882/) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
37. Franco-Anaya P, López-Gutiérrez L, Orosco-Ugarriza M. Calidad microbiológica del agua destinada para consumo humano en siete municipios de la región Caribe Colombiana. 2011 [Citado el: 12 de marzo de 2020]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/af2c/18a7d3502c3e332ce1747d98e4bda4490275.pdf>
38. Masciopinto C, De Giglio O, Scrascia M, Fortunato F, La Rosa G, Suffredini E, et al. Human health risk assessment for the occurrence of enteric viruses in drinking water from wells: Role of flood runoff injections. Sci Total Environ [Internet]. 2019;666:559-71. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971930590X> DOI: [10.1016/j.scitotenv.2019.02.107](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.107) PMID [30807946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30807946/) [Google Académico](#) [Microsoft Académico](#)
39. Sandle T. Pharmaceutical Microbiology. Woodhead Publishing. 2016. p. 316. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/C2014-0-00532-1>

**Autores:**

**Correspondencia:** Montiel Marynes. <https://orcid.org/0000-0002-6249-0362>. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ciencias de la Vida. Guayaquil-Guayas. Ecuador. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. Dirección Postal: Campus Gustavo Galindo Km 30,5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil-Guayas. Ecuador. Tlf. +593-978751181. E-mail [montielmarynes@gmail.com](mailto:montielmarynes@gmail.com)  
<https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=IN133GsAAAAJ>  
 Morales Félix. <https://orcid.org/0000-0002-1961-063X>. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ciencias de la Vida. Guayaquil-Guayas. Ecuador. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E-mail [felixmorales777@msn.com](mailto:felixmorales777@msn.com)  
<https://scholar.google.com/citations?hl=es&user=YT5Jk38AAAAJ>  
 Silva Ricardo. <https://orcid.org/0000-0003-0178-6490>. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E-mail [ricar757@gmail.com](mailto:ricar757@gmail.com)  
 Baez Anaverl. <https://orcid.org/0000-0002-5112-4447>. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E mail [baezanaverl@gmail.com](mailto:baezanaverl@gmail.com)  
 Portillo Keibel. <https://orcid.org/0000-0003-1634-1363>. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E mail [keibelportillo3@gmail.com](mailto:keibelportillo3@gmail.com)  
 Reales Carlos. <https://orcid.org/0000-0002-9052-1795>. Universidad del Zulia. Facultad Experimental de Ciencias. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E mail [carlosreales07@gmail.com](mailto:carlosreales07@gmail.com)  
 Montiel Maryelvira. <https://orcid.org/0000-0002-4051-2102>. Universidad del Zulia. Facultad de Arquitectura y Diseño. Maracaibo-Zulia. Venezuela. E mail [maryelvira@gmail.com](mailto:maryelvira@gmail.com)

**Contribución de los Autores:**

**MM:** conceptualización, metodología, validación, análisis formal, investigación, recursos, curación de datos, redacción-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición, visualización, supervisión, planificación y ejecución, administración de proyectos, adquisición de fondos. **MF:** conceptualización, metodología, validación, investigación, redacción-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición, visualización, supervisión, planificación y ejecución. **SR:** conceptualización, metodología, validación, investigación, redacción-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición, visualización, supervisión, planificación y ejecución, adquisición de fondos. **BA, PK y RC:** metodología, análisis formal, investigación, redacción-preparación del borrador original. **MM:** conceptualización, metodología, validación, investigación, recursos, redacción-preparación del borrador original, redacción-revisión y edición, visualización, supervisión, planificación y ejecución, administración de proyectos, adquisición de fondos.