Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce
Programa de Salud Pública
Programa Doctoral en Epidemiología

DISERTACIÓN DOCTORAL

PREVALENCIA DE ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES ASOCIADAS AL CUMPLIMIENTO MICROBIOLÓGICO EN COMUNIDADES QUE SE SUPLEN DE SISTEMAS DE AGUA NON PRASA EN YAUCO, PUERTO RICO

Por:

Glenda I. Torres Rivera

Mayo, 2016
Ponce, Puerto Rico

Ponce Health Science University

Doctor of Public Health
Public Health Program

PREVALENCIA DE ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES ASOCIADAS AL CUMPLIMIENTO MICROBIOLÓGICO EN COMUNIDADES QUE SE SUPLEN DE SISTEMAS DE AGUA NON PRASA EN YAUCO, PUERTO RICO

Por

Glenda I. Torres Rivera

Nosotros, los miembros del Comité de Disertación Doctoral y del Comité de Defensa del (de la) estudiante ***Glenda I. Torres Rivera***, certificamos que la investigación sometida por éste (a) cumple con los requisitos para las disertaciones doctorales establecidos por el Programa de Salud Pública de la Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce, para optar por el Grado de Doctor en Salud Pública con Especialidad en Epidemiología y para que así conste firmamos certificando la aprobación de la misma.

Dr. Adalberto Bosque — Fecha: 6/15/18
Presidente del Comité

Dra. Mayra L. Roubert — Fecha: 6/15/18
Miembro del Comité

Dr. Diego E. Zavala — Fecha: 6/27/18
Miembro del Comité

Dra. Mayra L. Roubert — Fecha: 6/15/18
Coordinador Programa Doctoral

Ponce Health Science University

Doctor of Public Health
Public Health Program

Certificación de Autoría

Yo, ***Glenda I. Torres Rivera***, certifico que la disertación doctoral titulada ***Prevalencia de Enfermedades Gastrointestinales Asociadas al Cumplimiento Microbiológico en Comunidades que se Suplen de Sistemas de Agua Non PRASA en Yauco, Puerto Rico***, la cual presenté como requisito para optar al Grado del Doctor en Salud Pública con especialidad en Epidemiología del Programa de Salud Pública de la Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce, el día 23 de mayo de 2016, a la 1:00pm en Ponce, Puerto Rico, es el producto de mi investigación. Así mismo, doy fe que este trabajo es uno original e inédito.

Dedicatoria

Todo en la vida se puede, siempre que uno tenga el deseo y las personas indicadas dándote el apoyo necesario. Por esto le doy gracias a Dios todopoderoso, por llenar mi vida de personas excepcionales que me hicieron más fácil el camino. Les dedico todo este esfuerzo a mis padres Francisco y Carmen, por estar siempre a mi lado y nunca tener un *no* por respuesta. A mis hijos, Gabriel, Gleniarys y Adrián Josué por ser como son, dedicados, responsables e independientes. A mi esposo Adrián Rivera, por creer en mí, por ser mi soporte y por tener palabras de apoyo y aliento para no desfallecer. A todos ustedes, ¡GRACIAS!... sin su apoyo y la ayuda de Dios esto no hubiera sido posible.

Agradecimientos

Esta investigación se llevó a cabo gracias a la ayuda y el apoyo de mi mentor el Dr. Adalberto Bosque y los miembros del comité la Dra. Mayra Roubert y el Dr. Diego Zavala. Gracias a ustedes por su seguimiento, ayuda, apoyo y recomendaciones para que esta investigación llegara a su final. Al Ing. Jorge Martínez por su tiempo, asesoría y consejos, por siempre estar presente.

Los estudiantes de la clase MPH 2016 de PHSU, gracias por su gran ayuda para realizar las entrevistas, fueron pieza clave en este trabajo. La Lcda. Irma López de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA) y al personal del Laboratorio de Microbiología de AAA de Ponce, mil gracias por brindarme todo lo necesario para realizar el muestreo bacteriológico en esta investigación. A Edwin Pacheco, por darme el apoyo, la confianza y sobre todo el tiempo necesario para poder realizar las tareas de esta investigación, sin tu ayuda esto no sería posible.

Por último, gracias a Dios por no dejarme desfallecer, por brindarme fortaleza en los tiempos de duda, por brindarme serenidad en los tiempos de desesperación. No puede faltar mi esposo, mis hijos y mis padres, por estar siempre presentes. A todos, que Dios los bendiga hoy y siempre.

Tabla de Contenido

DEDICATORIA ..... **IV**

AGRADECIMIENTOS ..... **V**

RESUMEN ..... **X**

CAPÍTULO I **1**

INTRODUCCIÓN **1**

1.1 PROBLEMA 2
1.2 JUSTIFICACIÓN 3
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN 5
1.4 OBJETIVOS 6
1.4.1 Objetivo General *6*
1.4.2 Objetivos específicos *7*

CAPÍTULO 2 ..... **8**

REVISIÓN DE LITERATURA **8**

2.1 EL AGUA COMO RECURSO 8
2.2 RECURSOS HÍDRICOS EN PUERTO RICO 9
2.3 EL AGUA COMO FUENTE DE ABASTO 10
2.4 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA 11
2.5 LEYES Y REGLAMENTOS PARA ASEGURAR AGUA POTABLE 15
2.5.1 Leyes estatales *17*
2.5.2 Leyes federales *18*
2.6 SISTEMAS INDEPENDIENTES COMUNITARIOS DE AGUA (SISTEMAS NON PRASA) 29
2.7 SANEAMIENTO Y ABASTOS DE AGUA 33
2.8 PROBLEMAS DE SALUD CAUSADOS POR EL AGUA CONTAMINADA 36
2.9 AGENTES ETIOLÓGICOS CAUSANTES DE ENFERMEDADES HÍDRICAS 39
2.10 BROTES CAUSADOS POR AGUA POTABLE 43
2.10.1 Brotes en Estados Unidos *43*
2.10.2 Brotes en Puerto Rico *45*

CAPÍTULO 3 ..... **49**

METODOLOGÍA **49**

3.1 OBJETIVOS 49
3.1.1 Objetivo General *49*
3.1.2 Objetivos específicos *49*
3.2 DISEÑO DE ESTUDIO 50
3.3 POBLACIÓN DE ESTUDIO 50
3.3.1 Población de los sistemas Non PRASA según el inventario del Departamento de Salud de Puerto Rico *51*
3.3.2 Actualización de las encuestas sanitarias y población de estudio mediante visitas de campo *52*
3.3.3 Encuestas Sanitarias *54*
3.3.4 Sistemas Non PRASA seleccionados *55*
3.3.5 Criterios de inclusión y exclusión *57*
3.4 INSTRUMENTO DE RECOPILACIÓN DE DATOS 58
3.4.1 Tamaño de muestra *58*
3.4.2 Suministro del cuestionario *60*

3.4.3 Variables de estudio *61*
3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO 64
3.5.1 Estadísticas descriptivas *64*
3.5.2 Estadísticas inferenciales *65*

CAPÍTULO 4 ..... **69**

RESULTADOS Y DISCUSIÓN **69**
4.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO 69
4.1.1 Descripción sistemas Non PRASA *69*
4.1.2 Participación en el estudio *80*
4.1.3 Indicadores de calidad de agua *81*
4.1.4 Perfil sociodemográfico de las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA en estudio *85*
4.1.5 Sintomatología gastrointestinal presentada en las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA en estudio *93*

CAPÍTULO 5 ..... **104**

DISCUSIÓN **104**
5.1 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 104
5.1.1 Limitaciones *113*
5.2 CONCLUSIÓN 115
5.3 RECOMENDACIONES 117

REFERENCIAS **119**

ANEJO 1: ENCUESTA SANITARIA A SISTEMAS DE AGUA POTABLE **158**

ANEJO 2: CUESTIONARIO **184**

Lista de Tablas:

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE BIN O CAJA DE ACUERDO A LA CANTIDAD DE OOQUISTES DE CRYPTOSPORIDIUM DETERMINADOS EN EL MUESTREO DE AGUA CRUDA REALIZADO POR UN AÑO POR SISTEMA DE AGUA.....23
TABLA 2: BROTES ASOCIADOS AL AGUA (PROVISTA POR DS, 2013) 47
TABLA 3: SISTEMAS NON PRASA DEL MUNICIPIO DE YAUCO, PUERTO RICO CON LA POBLACIÓN SEGÚN EL INVENTARIO DEL DEPARTAMENTO DE SALUD (2012*B*).....52
TABLA 4: SISTEMAS NON PRASA DEL MUNICIPIO DE YAUCO, PUERTO RICO CON LA POBLACIÓN SEGÚN LA INFORMACIÓN OBTENIDA EN LAS VISITAS DE CAMPO 53
TABLA 5: SECCIONES DE LA ENCUESTA SANITARIA A SISTEMAS DE AGUA POTABLE.....55
TABLA 6: GRUPOS SEGÚN EL TRATAMIENTO QUE BRINDAN AL AGUA, CANTIDAD DE FAMILIAS A MUESTREAR POR SISTEMA Y CANTIDAD DE MUESTRAS DE AGUA 60
TABLA 7: NIVELES JERÁRQUICOS CON LAS VARIABLES A ESTUDIARSE EN CADA NIVEL.....66
TABLA 8: MAPA CONCEPTUAL DE LAS FASES OPERACIONALES DE LA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 67
TABLA 9: OBJETIVOS ESPECÍFICOS CON LAS PRUEBAS ESTADÍSTICAS QUE SE UTILIZARON 68
TABLA 10: INDICADORES DE CALIDAD DE AGUA POR SISTEMAS 84
TABLA 11: PERFIL SOCIO-DEMOGRÁFICO POR GRUPO DE SISTEMA NON PRASA 87
TABLA 12: CARACTERÍSTICAS SOBRE ESTILOS DE VIDA POR GRUPO DE SISTEMA NON PRASA 89
TABLA 13: CARACTERÍSTICAS SOBRE ESTILOS DE VIDA POR GRUPO DE SISTEMA NON PRASA 90
TABLA 14: MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL PARA VARIABLES SOCIO-DEMOGRÁFICAS POR GRUPO DE SISTEMAS NON PRASA.....92
TABLA 15: PREVALENCIA DE SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES AUTO-REPORTADOS COMO PADECIDOS EN LAS ÚLTIMAS 24 HORAS PARA CADA GRUPO DE SISTEMAS NON PRASA ESTUDIADOS.....94
TABLA 16: PREVALENCIA DE SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES AUTO-REPORTADOS COMO PADECIDOS EN LOS ÚLTIMOS 3 MESES PARA CADA GRUPO DE SISTEMAS NON PRASA ESTUDIADOS.....95
TABLA 17: PREVALENCIA DE ENFERMEDADES GASTROINTESTINALES AUTO-REPORTADAS COMO DIAGNOSTICADAS POR UN MÉDICO PARA CADA GRUPO DE SISTEMAS NON PRASA ESTUDIADOS.....98
TABLA 18: MAGNITUD DE ASOCIACIÓN DE LOS SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES REPORTADOS EN LAS ÚLTIMAS 24 HORAS Y EL GRUPO DE ESTUDIO..... 101
TABLA 19: MAGNITUD DE ASOCIACIÓN DE LOS SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES REPORTADOS EN LOS ÚLTIMOS 3 MESES Y EL GRUPO DE ESTUDIO..... 103

Lista de Figuras:

Figura 1: Procesos típicos de una planta de filtración 12
Figure 2: Desglose de los sistemas de agua públicos registrados por el Departamento de Salud de Puerto Rico (Torres, 2008) 30
Figura 3: Mapa localización de barrios con sistemas comunales Non PRASA en el municipio de Yauco, Puerto Rico 51
Figura 4: División de sistemas Non PRASA de acuerdo al tratamiento brindado al agua potable 57
Figura 5: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Guaraguao 72
Figura 6: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Rubias 75
Figura 7: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Mogote 77
Figura 8: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Cacao 79
Figura 9: Componentes y territorio que abarca el conjunto de los Sistemas Non PRASA Mogote y Cacao 79
Figura 10: Flujograma de los participantes por cada grupo de estudio 81
Figura 11: Resultados de bacteriología para muestras de agua 82
Figura 12: Resultados de bacteriología para muestras de agua por sistemas 82
Figura 13: Prevalencia de sintomatología gastrointestinal reportada como padecida en las últimas 24 horas para cada grupo de sistemas non PRASA 96
Figura 14: Prevalencia de sintomatología gastrointestinal reportada como padecida en los últimos 3 meses para cada grupo de sistemas Non PRASA 97

Resumen

Los sistemas Non PRASA son acueductos comunales que producen agua para el consumo doméstico. Estos sistemas no son operados por la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA), pero suplen a 25 personas o más y tienen al menos 15 conexiones. Esto **no** implica que los sistemas Non PRASA estén exentos de cumplir con la Ley Federal de Agua Potable Segura.

La calidad del agua potable y la salud pública son temas estrechamente vinculados. Por esta razón, las agencias reguladoras como la Agencia Federal de protección Ambiental (EPA por sus siglas en ingles), el Departamento de Salud de Puerto Rico (DS) y la Junta de Calidad Ambiental (JCA), se han dado a la tarea de desarrollar leyes y reglamentos para disminuir y hasta eliminar contaminantes presentes en el agua. A pesar de estos esfuerzos en Puerto Rico, más de 140,000 personas reciben agua que **no** cumple con los estándares establecidos o peor aún, no se conoce su calidad dado a la falta de muestreos reglamentarios.

Los estudios en los sistemas Non PRASA son escasos. No se conoce con exactitud la prevalencia de las enfermedades gastrointestinales en estas comunidades. Por tal razón, los sistemas de agua Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao del municipio de Yauco serán estudiados. El objetivo de esta investigación es determinar si existe asociación entre las características de los sistemas de agua comunales según el tratamiento que brindan y la prevalencia de sintomatología gastrointestinal.

Se utilizó un cuestionario que incluyó preguntas relacionadas a aspectos socio-demográficos, utilización y consumo de agua y aspectos de salud relacionados a

sintomatología gastrointestinal. Además, se realizó muestreo de agua para conocer su cumplimiento bacteriológico, turbiedad y cloro residual.

Los resultados para las muestras de bacteriología demostraron una mayor incidencia de muestras positivas en los sistemas Mogote y Cacao (no brindan tratamiento). Una manera efectiva de eliminar estos microorganismos es a través de la desinfección; de no ser eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades en la población que la consume. En cuanto a las enfermedades gastrointestinales diagnosticadas, la gastritis y el reflujo o acidez fueron las de mayor prevalencia en los tres grupos estudiados.

Por otro lado, los residentes que se sirven de los sistemas Mogote y Cacao y el sistema Rubias presentan tener una probabilidad mayor de sufrir sintomatologías gastrointestinales comparadas con los residentes que se sirven del sistema Guaraguao, tanto en las últimas 24 horas como en los últimos tres meses. A pesar de no poder hacer generalizaciones más allá de los sistemas estudiados, los resultados plantean que existe un problema de enfermedades gastrointestinales en estos sistemas. Por tal razón, es de suma importancia que se continúen las investigaciones en este campo y se busque la manera de hacer justicia ambiental con los residentes de estas comunidades Non PRASA.

Capítulo I

Introducción

El agua es uno de los elementos esenciales para poder subsistir. Esta es indispensable para la vida tanto animal como vegetal y para el desarrollo de la sociedad moderna. También es fundamental para una variedad de funciones vitales del medio ambiente, la sociedad y otros componentes del sistema natural. Su uso está estrechamente vinculado a diferentes actividades sociales, naturales y económicas, lo que la convierte en un recurso con valor significativo (JCA, 2004).

Los procesos fisiológicos del ser humano tales como la digestión, absorción y eliminación de desechos, además del sistema estructural y circulatorio dependen en gran medida de la ingesta de agua (Rosado et al., 2011). No obstante, las enfermedades transmitidas por el agua representan el 80% del total de las enfermedades en países en vías de desarrollo constituyendo la diarrea la principal causa de muerte infantil (PROAPAC, 2009).

Según Craun (2012), en Estados Unidos y sus territorios, los brotes registrados a causa del consumo de agua se deben a fallas en el sistema de potabilización o debido a que la población ha consumido agua sin ser tratada. Por esta razón, este producto debe ser de calidad para proteger la salud pública de la sociedad.

1.1 Problema

Los sistemas de agua o acueductos comunales, conocidos como sistemas Non PRASA, sirven a comunidades especialmente rurales. Estas comunidades no cuentan con el recurso administrativo, económico ni técnico para llevar a cabo el manejo del sistema de agua, ni los muestreos requeridos por las reglamentaciones establecidas por la Agencia de Protección Ambiental, EPA por sus siglas en inglés, y ejecutadas por el Departamento de Salud (DS) de Puerto Rico. Solo el 53% de los sistemas comunales de Puerto Rico, realizan el muestreo bacteriológico reglamentario obteniendo resultados positivos en un 14% de las veces (Torres, 2008). No obstante, no se tiene certeza de qué ocurre con el otro 47% de los sistemas que no colectan muestras.

Según Craun (2012), en las investigaciones realizadas en los brotes de enfermedades transmitidas por agua entre 1971 al 2008 en Estados Unidos y sus territorios, la deficiencia más considerable para la contaminación lo fue el no tener un sistema de desinfección, o tenerlo y no funcionar adecuadamente. Además, presenta que los agentes etiológicos encontrados con más frecuencia lo son los parásitos en un 18 %, seguidos por las bacterias en un 12%.

La principal ruta de exposición a enfermedades es vía oral, por la ingesta de agua contaminada. No obstante, las fuentes de agua cruda que utilizan las comunidades rurales son utilizadas en algunas ocasiones para la recreación lo que puede generar otra ruta de exposición por inhalación de agua. Esto provee un escenario que pudiera involucrar a personas fuera de la comunidad que se suple de estos acueductos de agua comunales. Por lo tanto, los brotes debido al agua potable contaminada son un problema latente de salud pública y de salud ambiental. Esta situación es importante desde la

perspectiva de salud pública dado la vulnerabilidad de la población a ser afectada, especialmente niños, ancianos y personas con otras afecciones de salud.

Los parásitos y bacterias que comúnmente se encuentran como contaminantes en el agua, causan problemas gastrointestinales en la población afectada. Por tal razón, sobre 140,000 personas en Puerto Rico son vulnerables a sufrir enfermedades causadas por exposición a aguas contaminadas. A la vez, si algunas de estas comunidades sufrieran un brote debido al agua, éstas pudieran constituir foco de propagación fuera de la misma dado que sus integrantes asisten al trabajo, la escuela, y no necesariamente siguen las medidas de higiene adecuadas. Por esta razón, no se puede decir que esto es un problema que abarca solo al 3% de la población de la Isla. Las interacciones personales y con el ambiente hacen vulnerable a toda la población, en especial a los niños menores de 5 años y los ancianos.

Al momento, no se tienen datos epidemiológicos en Puerto Rico relacionados a la prevalencia de enfermedades asociadas a la ingesta de agua contaminada. Esto impide que se puedan dirigir los recursos adecuados, de ser necesarios, a las comunidades que se suplen de estos acueductos. La falta de sistema de barreras múltiples dentro del proceso y tratamiento del agua de los sistemas comunales y el desconocimiento de los individuos que son parte de estas comunidades pudieran ser los causantes de poner en riesgo la salud pública en la Isla.

1.2 Justificación

La calidad del agua potable y la salud pública son temas estrechamente vinculados. Por esta razón, las agencias reguladoras como la EPA, DS y la Junta de

Calidad Ambiental (JCA), se han dado la tarea de desarrollar leyes y reglamentos para disminuir y hasta eliminar contaminantes presentes en el agua. A pesar de estos esfuerzos, en Puerto Rico, más de 140,000 personas reciben agua que **no** cumple con los estándares establecidos o peor aún, no se conoce su calidad dado la falta de muestreos reglamentarios (RER, 2008; Torres, 2008).

Por otro lado, los estudios en los sistemas Non PRASA son escasos. No se conoce con exactitud la prevalencia de las enfermedades gastrointestinales en estas comunidades o si existe diferencia en el estado de salud entre estas comunidades y las que se suplen de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Al momento, los sistemas de agua comunales Non PRASA que suplen este producto a estas comunidades, se encuentran desprovistos de las barreras múltiples que protegen de agentes biológicos y químicos, y que pueden ser perjudiciales a la salud (Torres, 2008; Martínez, 2013; Ramírez, 2013). Esta situación de incumplimiento vulnerabiliza a estos residentes aumentado el riesgo a enfermar, lo que es un problema medular en salud pública y hace necesario realizar un estudio epidemiológico que evalúe la posible asociación entre el incumplimiento del sistema y la prevalencia de enfermedades gastrointestinales.

Según Ramírez (2013), la base de datos de EPA presenta que el 92% de los sistemas pequeños Non PRASA en Puerto Rico, sirven cerca de 200,000 personas en 46 pueblos y el agua que le brindan no cumple con los estándares mínimos de calidad. El proceso de filtración protege al consumidor contra parásitos como *Cryptosporidium* que puede ser mortal (Ashbolt, 2015). Ashbolt (2015), asevera que estos posibles riesgos a la salud en los sistemas comunales de agua Non PRASA, representan un problema para sus usuarios como para las personas que se sirven de la AAA dado que viven, trabajan e

incluso estudian con usuarios de los sistemas de agua Non PRASA. Según Ramírez (2013), lo antes expresado pudiera repercutir en que de surgir un brote en alguna comunidad servida de algún sistema Non PRASA, seguramente afectaría a otros individuos de la población general. Por lo tanto, era importante conocer a qué estaban expuestos los consumidores del agua de sistemas comunitarios, así como su prevalencia en enfermedades gastrointestinales ya que ayudó a conocer la realidad de lo que está ocurriendo. El haber obtenido este dato, puede servir de herramienta al gobierno para dirigir los servicios e incluso intervenciones de salud apropiados a esta población. Además, ayudó a conocer las deficiencias del proceso de potabilización y distribución lo que será de beneficio para educar a la comunidad sobre cuáles son los beneficios versus los riesgos de tratar o no el agua, incluyendo los efectos que puede ocasionar a la salud. Con los resultados obtenidos de este estudio se pudo realizar una asociación entre calidad del agua y efectos adversos a la salud y la prevalencia de enfermedad gastrointestinal como lo son las diarreas entre otros síntomas.

1.3 Preguntas de investigación

Para este trabajo se presentaron las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Los resultados de los análisis bacteriológicos de los sistemas de agua comunales Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogotes y Cacao del municipio de Yauco estarán en cumplimiento conforme a lo establecido en la Regla de Coliformes Totales?

- ¿Cuál será la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en cada uno de los sistemas comunales Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogotes y Cacao del municipio de Yauco?
- ¿Cuáles características de la vivienda estarán asociadas a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal?
- ¿Cuáles características del individuo estarán asociadas a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal?
- El no utilizar algún tipo de tratamiento en el agua del sistema comunal Non PRASA, ¿causará un aumento en la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en la comunidad?;
- ¿La presencia de coliformes totales y fecales en el agua del grifo de las viviendas será menor en sistemas comunales Non PRASA que brindan algún tratamiento al agua?

1.4 Objetivos

A continuación, se expone el objetivo general y los objetivos específicos que esta investigación abarcó.

1.4.1 Objetivo General

El objetivo general para este estudio fue:

- Determinar si existe asociación entre las características de los sistemas de agua comunales según el tratamiento que brindan y la prevalencia de sintomatología gastrointestinal.

1.4.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos para este estudio fueron:

- Determinar el cumplimiento bacteriológico de los tres grupos de sistemas Non PRASA (El Naranjo, Rubias, Mogotes y Servicio de Agua Cacao) dividido según el tratamiento que brindan al agua en Yauco. El cumplimiento se determinará conforme a lo establecido en la Regla de Coliformes Totales.
- Establecer el perfil socio-demográfico y de salud gastrointestinal de las comunidades servidas por los sistemas comunales Non PRASA que se encuentran divididos en tres grupos de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.
- Determinar la prevalencia de enfermedades gastrointestinales de cada grupo según el tratamiento brindado al agua potable.
- Determinar cuáles características del individuo y de la vivienda están asociadas a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en los sistemas comunales de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.
- Establecer si el tratamiento y la fuente de abasto del sistema están asociados a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal ajustando por variables de confusión.

Capítulo 2

Revisión de Literatura

2.1 El agua como recurso

El agua es el líquido más abundante en el planeta cubriendo el 70% de su superficie (Fernández, 2012). Sin embargo, solo 2.5% es agua dulce, del cual el 68.7% incluye glaciares, 31% es agua subterránea, pantanos y humedales y, el 0.3% son lagos y ríos. Esto implica que solo el 0.3% del agua dulce está disponible para el uso del ser humano (Fernández-Jáuregui y Crespo-Milliet, 2008; Fernández-Crespo y Garcés-Andreu, 2003). Según Cunningham y Saigo (2001), esto obliga a que el agua deba ser almacenada, reciclada, desalinizada y utilizada de forma prudente. Es por esto que el agua es un recurso muy importante considerado parte de la riqueza de un país.

Las Naciones Unidas (2007), UN por sus siglas en inglés, afirma que el agua es un recurso esencial para todo el desarrollo socioeconómico y el mantenimiento de ecosistemas saludables. El no tener disponible agua potable, así como las instalaciones básicas de saneamiento, impacta de forma adversa los procesos de desarrollo de un país (OPS, 2011). La importancia y el valor de los recursos hídricos dependen de factores como la calidad del agua, la ubicación, la accesibilidad y el tiempo de disponibilidad (ONU, 2009). Según Fereres (1996), para el año 2025 pudiera escasear el agua en el 66% de la Tierra. La disminución en la disponibilidad del agua, puede motivar al resurgimiento de fuertes conflictos en las áreas afectadas. Los países con más probabilidades de sufrir la escasez incluyen áreas de India, China, países de Oriente Próximo y África subsahariana (Fereres, 1996).

2.2 Recursos hídricos en Puerto Rico

Quiñones (2010), realizó un inventario de los recursos hídricos de Puerto Rico, el cual describe su disponibilidad, la calidad del recurso hídrico y el manejo de los mismos. En Puerto Rico existen 134 cuencas principales. No obstante, en el año 2013 la Junta de Calidad Ambiental (JCA) presentó en el Informe Integrado 305(b)/303(d) un total de 96 cuencas hidrográficas en Puerto Rico. Las mismas las dividen a través de cuatro regiones de la siguiente manera: nueve cuencas en el área norte, 28 cuencas en el área este, 33 cuencas en el área sur y 26 cuencas en el área oeste. La diferencia en el número de cuencas se debe a que la JCA realizó una reasignación de los recursos hídricos, otorgándole a los embalses los tributarios menores que descargan a ellos reduciendo así el área de los ríos.

Según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (s.f.), USDA por sus siglas en inglés, una cuenca hidrográfica es la franja de terreno que contribuye al flujo de agua de un río o quebrada. Estas se dividen en tres categorías: 54 cuencas mayores, 10 cuencas menores y 70 áreas costaneras. Las cuencas mayores mantienen un flujo constante de agua debido a las constantes lluvias y escorrentías que reciben. Las cuencas menores exhiben flujos intermitentes por infiltración al subsuelo o simplemente porque se encuentran en áreas donde no llueve con frecuencia (Quiñones, 2010).

En las regiones norte y oeste se encuentran las cuencas más grandes en PR constituyendo el 39% del área de captación superficial entre las 3,500 millas cuadradas que posee la Isla. Por otro lado, la región sur que incluye desde el pueblo de Cabo Rojo hasta el pueblo de Patillas, posee un 16% del área de captación.

Puerto Rico posee también 36 embalses, 35 lagunas naturales y cientos de lagunas y charcas menores. Los acuíferos son otro recurso importante entre los que se destacan el Acuífero de la Región del Karso en la zona Norte y el Acuífero de la Región Sur. Este último produce cerca del 31% de toda el agua utilizada en la zona sur (Quiñones, 2010).

En el Simposio de Urbanismo, Quiñones (2010) afirma que la Isla cuenta con cientos de manantiales tanto de agua fresca como de agua salina. La mayoría de éstos descargan o afloran hacia la superficie aguas subterráneas. Algunos de estos manantiales son utilizados como abastos de agua en comunidades rurales donde se operan sistemas de acueductos privados de agua potable. Es por tanto que se afirma que a pesar de su importancia como recurso, es fundamental proveer agua que cumpla con los parámetros de calidad brindados a través de las reglas y leyes para asegurar la salud pública de los consumidores. Esto es fundamental porque el agua tiene la característica de transportar sustancias y microorganismos que pueden ser perjudiciales a la salud.

2.3 El agua como fuente de abasto

En Puerto Rico, el mayor productor de agua potable es la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). Esta se creó a través de la ley núm. 40 del 1 de mayo de 1945. El 97% de la población de Puerto Rico se sirve del agua producida por las 126 plantas de filtración y 299 pozos que tiene a su cargo la AAA (AAA, 2014). Además, opera 56 plantas de alcantarillado, 1,723 tanques, 2,183 estaciones de bombeo y cerca de 20,000 millas de tuberías de agua y alcantarillados (AAA, 2014). El 3% restante de la población se suple de agua generada por los sistemas comunales (Martí, Rentas & Velázquez, 2010).

La AAA utiliza como fuente principal de agua cruda los embalses, generando aproximadamente el 68% del agua potable de la Isla (Quiñones, 2010). Los acuíferos son otra de las fuentes de extracción de agua utilizada para el consumo humano, al igual que el agua de los ríos y quebradas (Quiñones, 2010). Según datos del Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS por sus siglas en inglés, en el año 2010 se utilizaron 724 millones de galones por día (MGD) de agua de ríos, embalses y acuíferos (Quiñones, 2014). Se estima que ese año la AAA extrajo 638 (MGD) para el uso doméstico. Mientras que para el 3% de la población que utilizan acueductos comunales se estima que extrajeron entre las diferentes fuentes de agua cruda que utilizan, una cantidad de 2 MGD (Quiñones, 2010). Según Soderberg (2015), la disponibilidad de agua en Puerto Rico per cápita es de 1,814m^3/habitante /año.

2.4 Sistemas de tratamiento de agua

Según Kerri (1996), muchas fuentes de agua no son aptas para el consumo directo sin antes pasar por un proceso de tratamiento. Las aguas deben ser tratadas ya que pueden estar contaminadas a causa de los procesos humanos o de la naturaleza. Por lo tanto, la población necesita estar provista de agua segura para el consumo (Kerri, 1996). La forma de obtener agua segura es utilizando sistemas de barreras múltiples.

Fournier (2006) presenta que un sistema de barreras múltiples es un proceso de control que integra varias etapas para llevar a cabo el tratamiento del agua. Estas etapas, se realizan de forma sucesiva teniendo como beneficio la reducción del riesgo. Si el riesgo no es eliminado porque alguna de las barreras o etapas falla, éste riesgo puede ser mitigado por las barreras subsiguientes (Fournier, 2006).

En Puerto Rico, la AAA utiliza los procesos de las plantas de filtración como su método de barreras múltiples para tratar los sistemas de agua que se suplen de fuentes superficiales (AAA, 2014; Torres, 2008). A continuación, se presenta el diagrama típico de una planta de filtración con sus diferentes etapas o procesos de potabilización (AAA, 2013).

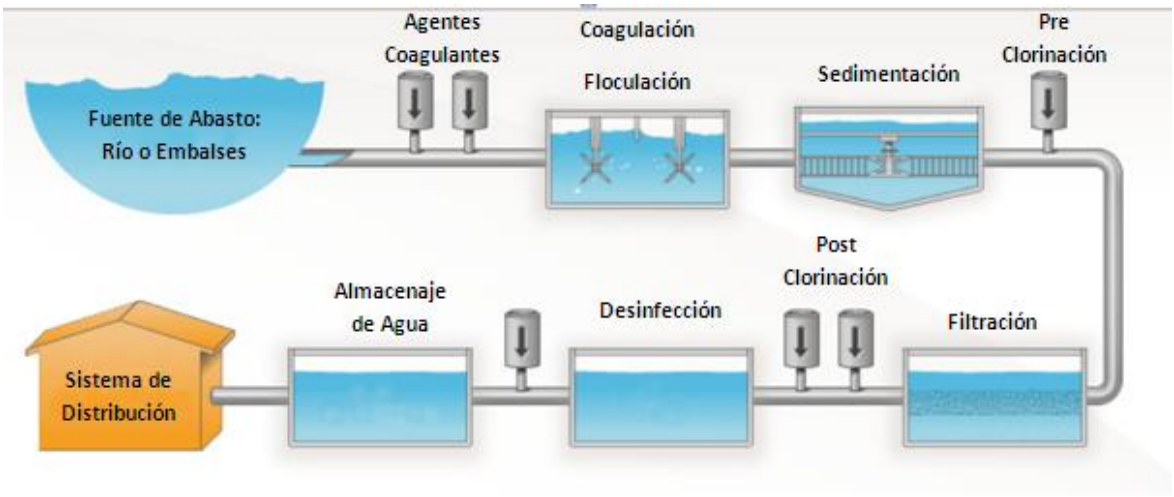


***Figura 1*: Procesos típicos de una planta de filtración**

La fuente de abasto de agua superficial comúnmente proviene de ríos o embalses. Desde la fuente ya se están utilizando barreras para mejorar la calidad del agua. Este proceso que se comienza en la toma y llega hasta la entrada de la planta se conoce como tratamiento preliminar. El tratamiento preliminar busca remover la mayor cantidad de material grande y contaminantes posibles que puedan interferir en los procesos subsiguientes como lo son la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

Dentro del tratamiento preliminar tenemos la utilización de parrillas o cedazos que usualmente se encuentran en el área de la represa de la planta (LRV, 2003). La

represa es el lugar en donde se capta el agua de la fuente de agua superficial y es desviada hacia la instalación de la planta de filtración. En este proceso se pretende remover contaminantes como basura, hojarasca, plantas acuáticas, animales, entre otros (LRV, 2003). También, la aeración se conceptúa como parte del tratamiento preliminar. Si la fuente de agua es de un embalse, la figura de la planta de filtración presentaría el proceso de aeración antes de la adición de los agentes coagulantes. Este proceso ayuda a mejorar las características físicas y químicas del agua, así como disminuye sustancias como el sulfuro de hidrogeno y el metano que producen olor y sabor en el agua. No obstante, el proceso de aeración aumenta el oxígeno disuelto ayudando a que ocurra la oxidación del hierro y manganeso que provocan color al agua.

Por otro lado, algunas plantas de filtración utilizan una dosis de desinfectante al comienzo de su proceso, lo cual se conoce como pre-desinfección (LRV, 2003). La pre-desinfección es utilizada para aumentar el tiempo de contacto del desinfectante con los agentes patógenos presentes en el agua. Además, este proceso de tratamiento preliminar, ayuda a disminuir olores, sabores y algas en el agua, pero no siempre está presente. Los diferentes tipos de tratamiento preliminar no siempre se van a encontrar todos en un solo sistema. Los sistemas deben tener al menos uno o más de los tratamientos preliminares anteriormente mencionados.

Luego del agua pasar por las diferentes etapas dentro del tratamiento preliminar, entra a los procesos de tratamientos típicos en una planta de filtración tales como la coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección. Estos procesos buscan convertir el agua en una libre de contaminantes y apta para el consumo humano.

El proceso de coagulación es un proceso que envuelve un mezclado rápido con el propósito de lograr remover sólidos no sedimentables. Para lograr la remoción de sólidos se necesita la adición de unos químicos llamados coagulantes que ayudan a desestabilizar las partículas del agua promoviendo la formación de flóculos y ayudando que en los procesos posteriores se pueda precipitar con mayor facilidad. Los flóculos son cúmulos pequeños de partículas y bacterias presentes en el agua, que se unen formando conglomerados (DOH, 2004). En este proceso la mezcla de agua puede ser mediante batidores (mezcla mecánica), tubos o canales (mezcla hidráulica).

En el proceso de floculación ocurre una agitación lenta del agua con el propósito de aumentar el tamaño y el peso del flóculo. En este proceso se podría añadir otro tipo de químico que ayuda a darle mayor densidad al flóculo formado. Esto ayudará a que el próximo proceso que es la sedimentación sea uno más eficiente (LRV, 2003).

El proceso de sedimentación es uno en donde las aguas están sin agitación o turbulencia, o sea, están quietas para que los flóculos formados en los procesos de coagulación y floculación se precipiten o sedimenten al fondo del tanque (LRV, 2003). Su principal función es producir agua con la menor turbidez posible para que el proceso de filtración logre cumplir con los estándares establecidos en la reglamentación.

El proceso de filtración es donde se remueve la materia orgánica e inorgánica que quedó suspendida y no fue removida en los procesos anteriores, disminuyendo así los contaminantes bacteriológicos en el agua. Su objetivo principal es producir agua cristalina y esto se logra pasando el agua a través de medios porosos que componen un filtro. El medio de filtración más utilizado es la arena, pero también se encuentran filtros de tierra diatomácea, filtros de medio dual que lo componen la antracita, la arena y la

piedra (LRV, 2003). Este proceso requiere que se laven los filtros si presenta pérdida de presión, alta turbidez a la salida del filtro o por el tiempo de uso del filtro. El lavar los filtros de manera apropiada, ayuda a que se mantengan los parámetros reglamentarios y evita el deterioro del medio filtrante.

El proceso de desinfección busca destruir o inactivar los organismos potencialmente patógenos para así producir agua segura para el consumo humano. Hay varios agentes desinfectantes tales como el iodo, bromo, ozono, bases como el hidróxido de sodio y cal, y el cloro (LRV, 2003). De todos los agentes desinfectantes antes mencionados el más utilizado es el cloro por el bajo costo y mantiene residual.

Un sistema de agua que se suple de una fuente de agua subterránea utiliza solo el proceso de desinfección. Esto es porque se entiende que la fuente de agua subterránea es una protegida y no tendrá acceso a los contaminantes encontrados en las fuentes de agua superficial (OHA, 2014).

Los procesos de potabilización del agua buscan que el producto final sea un agua de calidad y segura para el consumo del ser humano. Para saber si el agua es segura debe cumplir con unos parámetros establecidos por la reglamentación estatal y federal de la calidad de agua para diversos parámetros tales como turbidez, cloro residual, entre otros que serán detallados en la siguiente sección.

2.5 Leyes y reglamentos para asegurar agua potable

En un intento de proteger la salud pública de la contaminación ambiental, el Congreso de los Estados Unidos creó una agencia que protege el ambiente. La Agencia Federal de Protección Ambiental, (EPA por sus siglas en inglés), fue establecida en 1970

como respuesta a la gran demanda pública de los recursos naturales: agua, aire y suelo (EPA, 2012 marzo *a*).

El agua no tratada o desinfectada puede tener organismos patógenos que afecten la salud y seguridad de la población. Para contrarrestar esta posibilidad, en 1974 fue promulgada la Ley de Agua Potable Segura, SDWA por sus siglas en inglés, la cual fue enmendada en los años 1986 y 1996. Esta ley otorga a la EPA la responsabilidad de establecer estándares nacionales sobre el agua potable. Por tal razón, establecieron más de 80 estándares para contaminantes con el propósito de asegurar la calidad del agua de distribución (EPA, 2012 marzo *a*). Además, establece que los gobiernos locales tienen la responsabilidad directa de proteger la calidad del agua potable. En Puerto Rico, es el DS quien posee la primacía para hacer cumplir las reglas promulgadas relacionadas al agua potable.

Dado la creación de nuevas reglas dirigidas a mejorar la calidad del agua potable, los proveedores de agua comenzaron a tener mayores retos para lograr cumplir con estos estándares. Entre las reglas promulgadas por la EPA se encuentran: Regla de Coliformes Totales, Regla de Tratamiento de Agua Superficial, Regla Interina Mejorada de Tratamiento de Agua Superficial, Regla de Recirculado de Agua de Retrolavado, Regla Mejorada de Tratamiento de Agua Superficial a Largo Plazo 1, Regla Mejorada de Tratamiento de Agua Superficial a Largo Plazo 2, Regla de Agua Subterránea, entre otras (Craun, 2012).

A continuación, se detalla cada una de las leyes estatales y federales que regulan a los proveedores de agua:

2.5.1 Leyes estatales

- **Ley 5**: **Ley para Proteger la Pureza de las Aguas Potables de Puerto Rico,**

En el año 1977 se aprobó la Ley #5 Ley para Proteger la Pureza de las Aguas Potables de Puerto Rico, que es una ley estatal que faculta al DS de Puerto Rico, para promulgar y poner en vigor la reglamentación necesaria para asegurar la calidad del agua potable de Puerto Rico según los criterios establecidos. Autoriza al Secretario de Salud a establecer, mediante reglamentación, niveles de contaminantes aceptables en el agua potable (ELAPR, 1997).

- **Ley 53: Ley para la Certificación de Operadores de Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Usadas**

El 13 de julio de 1978, se estableció la Ley 53 para la Certificación de Operadores de Plantas de Tratamiento de Agua Potable y Aguas Usadas, con el propósito de regular el oficio de operador de planta. Para certificarse como operador debe aprobarse el correspondiente examen teórico ante la Junta Examinadora. Es ésta quien debe autorizar mediante una licencia, el que pueda operar una planta de tratamiento de agua potable o aguas usadas (LRV, 2003).

- **Ley 416 (según enmendada el 9/22/2004): Ley sobre la Política Pública Ambiental,** (ELA, 2004)

La Ley sobre la Política Pública Ambiental es fundamentalmente la antigua Ley 9 sobre la Ley sobre la Política Pública Ambiental (1970). Esta ley crea a la JCA con la función principal de proteger y conservar el medio ambiente a través de mantener un

balance entre el desarrollo económico y el ambiente. Además, la JCA otorga el Certificado de Calidad de Agua necesario para emisión del permiso de descarga *National Pollutant Discharge Elimination System*, NPDES por sus siglas en inglés otorgado por la EPA. Por otro lado, también establece la creación del Reglamento de Estándares de Calidad de Agua en el cual se clasifican los cuerpos de agua según su uso y descripción.

- Clasificación de las aguas:
  - SA: Agua para protección de especies
  - SB: Recreación y contacto humano directo
  - SC: Contacto indirecto, pesca, bote y protección de especies
  - SD: Aguas para servir agua potable a la población
  - SE: Valor ecológico excepcional
  - SG1: Uso para la agricultura o potable
  - SG2: Aguas subterráneas con alta concentración de sólidos disuelto

2.5.2 Leyes federales

Hay dos grandes leyes federales relacionadas al tema del agua, la Ley de Agua Limpia y la Ley de Agua Potable Segura. La primera busca conservar la integridad del agua en su estado natural, la segunda asegura que el agua que llegará al consumidor será de calidad protegiendo así la salud pública. Por tal razón, ambas leyes están estrechamente relacionadas ya que, si el agua de la fuente de agua cruda está en malas condiciones, las probabilidades de no cumplir con los estándares establecidos para el agua potable son mayores, poniendo en riesgo la salud y el bienestar de quienes la ingieren. Se presentará a continuación con más detalle cada una de estas leyes:

- **Ley de Agua Limpia (CWA)**

La Ley de Agua Limpia fue enmendada en el año 1972 con el fin de reglamentar las descargas de contaminantes en el agua de los Estados Unidos. Esta ley sufre otras enmiendas en los años 1977, 1981 y 1987. Su objetivo es restaurar y mantener la integridad física, química y biológica de las aguas de los Estados Unidos a través del establecimiento de la estructura básica para el control de descargas de contaminantes a través de las siguientes acciones: elimina la descarga de contaminantes, autoriza a la EPA a establecer límites de descarga y establece como necesario el permiso de descarga o permiso NPDES.

- **Safe Drinking Water Act (SDWA) o Acta de Agua Potable Segura,** (EPA, 2004 June)

En 1974 fue aprobada por el Congreso de los Estados Unidos la Ley de Agua Potable Segura. Esta ley federal, enmendada en los años 1986 y 1996, busca proteger la salud pública creando estándares nacionales en el agua potable segura. La EPA es la agencia encargada de establecer estándares que requieren cumplimiento legal para los contaminantes presentes en el agua. Por otro lado, requiere que se realicen evaluaciones de vulnerabilidad a todas las fuentes de abasto de agua potable. Además, esta ley presenta dos categorías de estándares para el agua potable, estos son los estándares primarios y los estándares secundarios.

Los estándares primarios se presentan en el Reglamento Nacional Primario de Agua Potable (NPDWR, por sus siglas en inglés). Estos estándares de cumplimiento obligatorio, protegen la calidad del agua para evitar efectos adversos en la salud pública.

Los estándares secundarios se presentan en el Reglamento Nacional Secundario de Agua Potable (NSDWR, por sus siglas en inglés). Estos estándares protegen la estética dado que no son reglamentados ni perjudican la salud. No obstante, el Acta de Agua Potable Segura establece los niveles máximos de contaminantes (MCL) para 83 contaminantes, impone como requisito la filtración y desinfección para los sistemas superficiales, desarrolla programas de protección de agua subterránea, protege el agua potable desde la fuente al grifo y requiere la certificación de los operadores de los sistemas. El nivel máximo de contaminante se refiere al nivel máximo permitido de un contaminante en el agua que será distribuida a los consumidores en un sistema de agua público (DOH, 2004; OHA, 2014).

- ***Regla de Coliformes Totales (TCR),*** (EPA, 2010 March *a*)

La Regla de Coliformes Totales establece que la presencia de coliformes en el agua indica presencia de patógenos lo cual constituye una posible amenaza a la salud pública. El Nivel Máximo de Contaminante (NMC o MCL, por sus siglas en inglés) para esta regla, está basado en la presencia o ausencia de coliformes totales. Además, requiere que se realicen muestreos mensuales en el sistema de distribución. La cantidad de muestras a tomar por sistema dependerá de la población servida. De acuerdo a esto, si se toma 40 muestras o más al mes para un sistema, el 95% de las mismas deben resultar negativas y si colectan menos de 40 muestras en el sistema, solo una de ellas puede dar positiva para mantenerse en cumplimiento.

Toda muestra que se obtenga con resultado positivo para coliformes totales deberá ser analizada para coliformes fecales o *Escherichia coli*. De obtenerse una

muestra positiva, se requiere realizar un muestreo adicional de seguimiento para confirmar si se corrigió el problema que causaba la contaminación del agua.

- ***Surface Water Treatment Rule (SWTR) o Regla para el Tratamiento de Aguas Superficiales,*** (EPA, 2004 August)

La Regla para el Tratamiento de Aguas Superficiales fue publicada el 29 de junio de 1989 con el propósito de prevenir enfermedades causadas por protozoarios como *Giardia lambia*, bacterias como *Legionella* o virus. La ley establece que todo sistema superficial debe filtrar y desinfectar el agua que produce para reducir la ocurrencia de los microorganismos patógenos antes mencionados (EPA, 2012 *b*). También requiere una concentración mínima de cloro residual en los puntos lejanos del sistema de 0.2 mg/l y un nivel máximo de 4.0 mg/l en la planta. Establece que mediante la desinfección debe destruirse o inactivarse los agentes patógenos tales como *Giardia lamblia* 99.9% (3 Log) y Virus 99.99% (4 Log). La turbiedad en el agua filtrada debe ser menor o igual a 0.3 NTU en el 95% de las muestras y el agua del efluente combinado no debe exceder de 1.0 NTU. De esto ocurrir hay que notificar al DS.

- ***Interim Enhance Surface Water Treatment Rule (IESWTR) o Regla Interina Mejorada de Tratamiento Superficial,*** (EPA, 2001 May *a*)

La Regla Interina Mejorada de Tratamiento Superficial tiene como propósito proteger a la población de contaminantes microbianos, en especial *Cryptosporidium.* Además, requiere realizar Perfiles de Desinfección o Tiempo de Contacto (CT, por sus siglas en inglés) para conocer si la aplicación de desinfectante y el tiempo de contacto

que tiene con el agua es suficiente para eliminar los patógenos como *Giardia* y los virus. Por otro lado, estipula que los tanques de almacenamiento deben estar techados, establece la frecuencia en que el Estado debe realizar las Encuestas Sanitarias a cada 3 años, establece para *Cryptosporidium* un Nivel Máximo Meta de Contaminante (MCLG, por sus siglas en inglés) de cero y su remoción debe ser de 99% (2 Log). Además, establece requisitos de monitoreo continuo en la salida individual de los filtros (IFE, por sus siglas en inglés) que debe estar grabando cada 15 minutos y la Regla de los Subproductos de Desinfección (DBP, por sus siglas en inglés) que presenta los niveles máximos permitidos para Trihalometanos totales (TTHM, por sus siglas en inglés) de 0.08 mg/l y para los Ácidos haloacéticos (HAA5, por sus siglas en inglés) de 0.06 mg/l.

- ***Long Term 1 Enhance Surface Water Treatment Rule (LT1ESWTR) o Regla Mejorada de Tratamiento Superficial: Largo Plazo 1,*** (EPA, 2002 January)

La Regla Mejorada de Tratamiento Superficial: Largo Plazo 1 se basa en los requisitos de la Regla para el Tratamiento de Aguas Superficiales y es la regla análoga para los sistemas que sirven a una población < 10,000 de la IESWTR. Se incluye a *Cryptosporidium* como un indicador de Sistemas Subterráneos Influenciados por Agua Superficial (GWUDI)

- ***Long Term 2 Enhance Surface Water Treatment Rule (LT2ESWTR) o Regla Mejorada de Tratamiento Superficial: Largo Plazo 2,*** (EPA, 2006 June)

La Regla Mejorada de Tratamiento Superficial: Largo Plazo 2 requiere a los sistemas muestrear sus fuentes de agua cruda para calcular una concentración promedio

de *Cryptosporidium*. Estos resultados se utilizan para determinar si la fuente es vulnerable a contaminación y si se requiere tratamiento adicional. Se debe muestrear el agua cruda que sirve al sistema por 12 meses para los parámetros *Cryptosporidium*, turbidez y *E. coli*. De acuerdo a la concentración de ooquistes/L de *Cryptosporidium* se clasificará en una caja o "Bin" del 1 al 4 indicando el tratamiento adicional (Refiérase Tabla 1).

Tabla 1:
Clasificación de Bin o caja de acuerdo a la cantidad de ooquistes de Cryptosporidium determinados en el muestreo de agua cruda realizado por un año por sistema de agua

		Tratamiento adicional para *Cryptosporidium* requerido			**Filtración alterna**
Concentración de Cryptosporidium (ooquistes/L)	**Clasificación de caja**	**Filtración convencional**	**Filtración Directa**	**Filtración Arena Lenta o Tierra Diatomácea**	**Total de inactivación debe ser:**
<0.075	Caja 1	No requiere tratamiento adicional			
0.075 a < 1.0	Caja 2	1 log	1.5 log	1 log	> 4.0 log
1.0 a < 3.0	Caja 3	2 log	2.5 log	2 log	> 5.0 log
≥ 3.0	Caja 4	2.5 log	3 log	2.5 log	> 5.5 log

- ***Filter Backwash Recycling Rule (FBRR) o Regla para el Recirculado del Agua de Retrolavado de Filtro,*** (EPA, 2001 June *a*)

La Regla para el Recirculado del Agua de Retrolavado de Filtro motiva a que se lleve a cabo prácticas de recirculado de agua en las plantas de filtración y su propósito es disminuir la contaminación microbiológica, especialmente *Cryptosporidium.* El proceso de retrolavado es cuando se revierte el flujo de agua a través del medio filtrante para

remover los sólidos que atrapa mediante el proceso de filtración (DOH, 2004). El agua que se puede recircular es el agua de retrolavado, el sobrenadante del tanque espesador y los líquidos del proceso de secado de lodo. Se permite recircular no más del 20% del flujo de diseño, según establecido en la OA 2004-403-04 del DS.

- ***Stage 1 Disinfection Byproducts Rule (ST1DBPR) o Regla de Desinfectantes y Sub-Productos de la Desinfección: Etapa 1,*** (EPA, 2001 May *b*)

La Regla de Desinfectantes y Sub-Productos de la Desinfección: etapa 1 fue publicada el 16 de diciembre de 1998. Esta regla reduce la exposición a los sub-productos de desinfección (DBP, por sus siglas en inglés) ya que algunos han demostrado ser carcinógenos. Establece siete nuevos estándares, además de una técnica de tratamiento de coagulación mejorada para reducir la exposición a estos sub-productos de desinfección (DS, 2011). Un sub-producto de desinfección es el compuesto que se forma cuando un agente desinfectante como el cloro reacciona con la materia orgánica que hay presente en el agua (DOH, 2004).

- ***Stage 2 Disinfection Byproducts Rule (ST2DBPR) o Regla de Desinfectantes y Sub-Productos de la Desinfección: Etapa 2,*** (EPA, 2006 June)

La Regla de Desinfectantes y Sub-Productos de la Desinfección: etapa 2 se basa en la Regla de Desinfectantes y Sub-Productos de la Desinfección: Etapa 1, enfocándose en el muestreo y reducción de los trihalometanos (TTHM, por sus siglas en inglés) y ácidos haloacéticos (HAA5, por sus siglas en inglés) en el agua potable. Requiere la evaluación del sistema para identificar puntos nuevos de muestreo que deben ser

certificados por el DS. Se determinará el cumplimiento de los TTHM y HAA5 a través del Promedio Anual Rotatorio por Localización (LRAA, por sus siglas en inglés) calculado para cada punto. El LRAA es el promedio aritmético de los resultados analíticos de las muestras colectadas en un punto de muestreo en específico durante los cuatro trimestres anteriores en el calendario (OHA, 2014). Cuando se obtiene el resultado de la muestra del próximo trimestre, el resultado del trimestre más antiguo se elimina y se recalcula el nuevo LRAA. Esta acción hace que sea rotatorio.

- ***Regla de Plomo (Pb) y Cobre (Cu),*** (EPA, 2008 June)

La Regla de Plomo y Cobre fue publicada el 7 de junio de 1991. Su intención es proteger la salud pública disminuyendo los niveles de plomo (Pb) que puede causar daño al cerebro, células rojas y riñones, así como también el cobre (Cu) que puede causar dolor en el estómago e intestinos, hígado o daño al riñón, incluyendo complicaciones a personas con enfermedad de Wilson. Además, el regular las concentraciones de plomo y cobre ayuda a disminuir la corrosividad del agua, así como también establece Niveles de Acción o Action Levels (AL) para Cobre de 1.3 mg/l y para plomo de 0.015 mg/l. El resultado se interpreta a través del percentil de 90% de las muestras de agua colectadas y la excedencia no se considera violación. No obstante, el cumplimiento de esta regla genera otras consecuencias que incluyen realizar tratamiento de control de corrosión, educación pública, reemplazo de líneas de distribución, tratamiento de la fuente de agua, entre otros. La cantidad de muestras a recolectar se basa en el tamaño de la población servida y se deben muestrear cada seis meses, a menos que cualifiquen para muestreo reducido (anual, trienal o cada nueve años).

- ***Regla de Arsénico,*** (EPA, 2001 January)

La Regla de Arsénico fue publicada el 22 de enero de 2001. Esta establece que el nivel máximo de contaminante (MCL, por sus siglas en inglés) de arsénico se redujo de 50 ug/l a 10 ug/l y establece el nivel máximo meta de contaminante (MCLG, por sus siglas en inglés) igual a cero. El MCLG es el nivel máximo de contaminante en agua potable al cual se anticipa que no ocurrirá un efecto adverso a la salud del consumidor, pero este no es el nivel regulado, es una guía (DOH, 2004).

El muestreo para arsénico debe ser anual para los sistemas que se suplen de abastos superficiales y cada 3 años para los sistemas que se suplen de abastos subterráneos. Desde el año 2002, los sistemas que reflejan concentraciones mayores de 5 ug/l deben incluir información de arsénico y sus efectos a la salud en el Informe de Confianza el Consumidor (CCR, por sus siglas en inglés).

- ***Consumer Confidence Report (CCR) o Regla de Informe de Confianza al Consumidor,*** (EPA, 2009 August)

La Regla del Informe de Confianza al Consumidor fue publicada el 19 de agosto de 1998. Esta regla requiere que todos los sistemas comunales preparen y distribuyan a todos los abonados un breve informe anual donde se explique cuál es la calidad del agua servida por el sistema. Entre la información que debe incluirse esta lo siguiente: el nombre de la fuente de agua que abastece el sistema, los contaminantes detectados, el cumplimiento y la información educativa. Este informe debe distribuirse al 1 de julio, presentando la información del 1 de enero al 31 de diciembre del año anterior.

- ***Regla de Radionúclidos,*** (EPA, 2001 June *b*)

La Regla de radionúclidos fue publicada el 7 de diciembre de 2000. Esta regla busca disminuir la exposición a los radionúclidos con el objetivo de reducir el riego de cáncer en la población. Esta regla aplica a todos los sistemas comunales sin importar el tamaño de la población servida.

- ***Groundwater Rule (GWR) o Regla de Agua Subterránea,*** (EPA, 2010 March *b*)

La Regla de Agua Subterránea entró en vigor el 1 de diciembre de 2009 y su propósito es disminuir el riesgo de exposición a contaminación fecal que pudiera estar presente en sistemas públicos de agua que se suplen de fuentes subterráneas. Entre los requisitos básicos de esta regla se encuentran:

- Realizar Encuestas Sanitarias cada 3 años
- Llevar a cabo muestreo de la fuente de agua, si no se realizan los perfiles de desinfección, para determinar la presencia de contaminación fecal. Si la muestra sale positiva se debe tomar cinco muestras en 24 horas de la misma fuente.
- Deben realizar las acciones correctivas necesarias en el sistema.

La calidad del agua subterránea de algunos pozos puede presentar la presencia de insectos, algas y patógenos de gran diámetro como *Giardia lamblia*. Por otro lado, puede manifestar cambios repentinos en las características del agua como la turbidez, temperatura o pH al ocurrir cambios climatológicos que afecten cuerpos de agua superficiales cercanos a la fuente de agua subterránea. Cuando ocurre algunos de estos sucesos se dice que el pozo de agua subterránea es un sistema subterráneo influenciado por agua superficial (GWUDI, por sus siglas en inglés) (DOH, 2004; OHA, 2014).

Existen cuatro pasos a seguir para determinar si la fuente de agua subterránea está influenciada por un cuerpo de agua superficial. Estos pasos son los siguientes:

1. Conducir una evaluación preliminar en donde se puedan excluir los pozos no influenciados.
2. Determinar si hay conexión hidráulica entre ambos sistemas evaluando la calidad del agua y la hidrogeología.
3. Realizar un análisis microscópico de particulado buscando en el agua subterránea organismos de agua superficial.
4. Si se determina que el sistema de agua subterránea está influenciado por agua superficial entonces debe cumplir con todas las reglas establecidas para los sistemas de agua superficial.

Las condiciones que ayudan a evitar una posible influencia de los sistemas de agua superficial a los sistemas de agua subterránea son las siguientes: Estar a más de 200 pies de distancia del cuerpo de agua superficial, tener más de 50 pies de profundidad, el pozo debe estar protegido de inundaciones, debe tener una construcción adecuada y se considera el tipo de terreno en donde se encuentra el pozo, ya que la zona cárstica permite el transporte de contaminantes desde la superficie por ser una suelo fragmentado. De los estudios presentar que el pozo está influenciado por agua superficial, debe cumplir con todas las leyes aplicables a los sistemas superficiales. Por lo tanto, hay que proveer filtración además de la desinfección en estos sistemas para que cumplan así con todos los estándares establecidos. Las leyes y regulaciones antes mencionadas buscan controlar y prevenir complicaciones en la salud pública que puedan ser causadas a través de la exposición a agua contaminada.

Los estándares de agua potable de cada una de las leyes mencionadas son aplicables a los sistemas públicos de agua. Estos sirven agua a las personas a través de al menos 15 conexiones o 25 individuos por un mínimo de 60 días por año. Dentro de los sistemas públicos se puede encontrar dos categorías: los sistemas comunitarios y los no comunitarios. Los sistemas comunitarios son aquellos que sirven agua a las viviendas durante todo el año. Estos son clasificados según su fuente de agua que puede ser superficial o subterránea. Mientras, los sistemas no comunales se subdividen a su vez en sistemas Transitorios y sistemas no Transitorios. Los sistemas no comunales transitorios son aquellos que sirven agua potable por un periodo mayor a seis meses a diferentes personas. Ejemplo de este tipo de sistema son las estaciones de gasolina, negocios y campamentos. Por otro lado, los sistemas no comunales no transitorios son aquellos que suplen agua potable a las mismas personas por un periodo mayor de seis meses en un año (EPA, 2003). Ejemplo de estos sistemas son las escuelas, las universidades y las industrias que poseen su propio sistema de agua potable

2.6 Sistemas independientes comunitarios de agua (Sistemas Non PRASA)

Los sistemas Non PRASA son acueductos comunales que producen agua para el consumo doméstico. Estos sistemas no son operados por la AAA, pero suplen a 25 personas o más o que tengan al menos 15 conexiones (DRNA, 2008). En Puerto Rico, el DS tiene registrados 509 sistemas de agua públicos. Estos se dividen en 205 sistemas operados por la AAA y 304 sistemas no operados por la AAA, también conocidos como sistemas independientes comunitarios Non PRASA. Según Torres (2015), los sistemas Non PRASA registrados en el DS, representando un 61% de todos los sistemas públicos

de agua registrados en la Isla. Esto contrasta con los sistemas que administra la AAA, lo cual representa un 39%.

Del total de los sistemas Non PRASA, solo 252 sistemas son comunales. A su vez, éstos se dividen en 139 de fuente subterránea y 113 que se alimentan de fuentes superficiales (Torres, 2008). No obstante, la Dra. Graciela Ramírez en su ponencia presentada en Mayagüez el 17 de abril de 2013, expresó que, en los datos recopilados a través de sus años de estudio en estos sistemas, se muestra la existencia del doble del número actual del inventario del DS de PR (Ramírez, 2013).

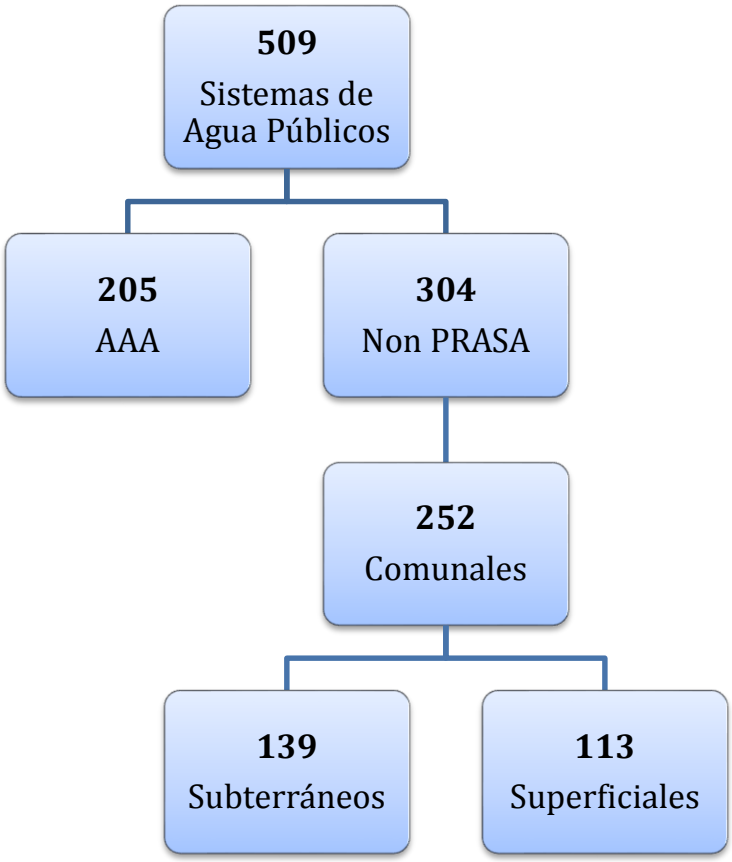


***Figure 2*: Desglose de los sistemas de agua públicos registrados por el Departamento de Salud de Puerto Rico (Torres, 2008)**

Un estudio realizado por la AAA, presentó que el 61.2% de estos sistemas se suplen de agua subterránea, mientras que el 38.8% se suple por agua superficial (PRASA, 2007). El 59.1% de los sistemas Non PRASA se encuentran localizados en el centro de Puerto Rico (PRASA, 2007). Del total de los sistemas no operados por la AAA, 104 pertenecen a la Región Sur de Puerto Rico.

En términos de la población servida, la AAA sirve al 97% de la población y el restante 3% se sirve de sistemas Non PRASA. Esto no implica que los sistemas Non PRASA estén exentos de cumplir con la Ley de Agua Potable Segura. Todos los sistemas están sujetos a cumplir con los niveles mínimos de contaminación, requisitos de tratamiento y de muestreos establecidos en la reglamentación para contaminantes microbiológicos, químicos, físicos y radiológicos (División de Agua Potable, 2004).

Entre los parámetros utilizados para medir la calidad del agua se encuentran la medida de turbidez y la presencia o ausencia de bacterias coliformes totales y fecales. El cumplimiento o incumplimiento con estos parámetros brinda una idea de la eficiencia en la operación del sistema de agua potable. No obstante, el cumplir con estos dos parámetros no asegura de que el agua esté libre de algún otro contaminante microbiológico o químico (Candelaria y Martínez, 2006). Dada esta situación, el DS requiere que se realicen muestreos para identificar y cuantificar contaminantes químicos y bacteriológicos de manera que se asegure y mantenga la calidad del agua potable que recibe la población (DS, 2012*a*).

Por otro lado, la División de Agua Potable del DS tiene la obligación de realizar encuestas sanitarias cada tres años a los sistemas de agua potable operados tanto por la AAA como por los sistemas Non PRASA. El proceso de las encuestas sanitarias busca

identificar deficiencias en el sistema de agua potable que puedan ocasionar problemas de salud pública a la población servida. Por lo tanto, se inspecciona desde la fuente de abasto de agua hasta el sistema de distribución en cuanto a su infraestructura, diseño, operación, mantenimiento y manejo (EPA, 2003). Los sistemas Non PRASA no cuentan con la capacidad técnica, administrativa ni financiera, por lo que incurren en incumplimientos con la reglamentación de agua potable.

El rezago de los sistemas de agua comunales Non PRASA quedó plasmado por Torres (2008), quien presentó que para el año fiscal 2007 el 11.5% de los sistemas comunitarios Non PRASA que se servían de agua subterránea no utilizaban desinfectante para el tratamiento del agua, 45.1% de los sistemas que se suplían de agua superficial no desinfectan y el 96% de éstos tampoco utilizan la filtración como parte del proceso de potabilización del agua. Sodeberg (2008), presentó que del total de estos sistemas el 78% poseen tratamiento de desinfección, sin embargo, cerca del 95% de ellos **no cumplen** con las normas bacteriológicas del agua potable. Según Craun (2012), las comunidades que se suplen de sistemas de agua superficial tienen 8 veces más riesgo de brote cuando solo utilizan la desinfección como tratamiento; mientras que la OMS expone que utilizar desinfección en el agua reduce de 45% la diarrea presentando un riesgo de 2.22 veces más en los sistemas que no la utilizan. Por lo tanto, la ausencia de estos procesos resulta sin lugar a dudas, en violaciones a los niveles máximos de contaminantes bacteriológicos. A pesar de esto, Pontius (2000) resalta que muchos individuos dependen de estos suministros y no poseen el conocimiento ni los recursos económicos para mejorar sus sistemas, lo que crea un problema de justicia ambiental al distribuir agua contaminada a estas comunidades rurales.

En un estudio realizado utilizando datos del 95% de los sistemas Non PRASA, se encontró una mayor probabilidad de cumplimiento con los requerimientos de calidad de agua cuando en éstos: se utilizaba algún tipo de tratamiento para el agua; se servían de una fuente de abasto subterránea; y brindaban agua a una mayor cantidad de personas (Guerrero-Preston, Norat, Rodríguez, Santiago y Suárez, 2008).

2.7 Saneamiento y abastos de agua

El agua potable es definida por la EPA como aquella que no contiene bacterias peligrosas, materiales tóxicos o sustancias químicas y es aceptable para beber, que no presenta riesgos para la salud y que cumple con las normas de calidad establecidas a través de las leyes y regulaciones de las agencias, aunque tenga problemas de sabor, olor o color (EPA, 2012 April). Mientras que la Organización Mundial de la Salud (OMS), expone que el agua potable es aquella que cumple con las características microbiológicas, químicas y físicas establecidas por ellos o por los encargados de la calidad del agua potable en cada nación (OMS, 2013). Por otro lado, la AAA presenta que el agua potable es agua cruda obtenida de un cuerpo de agua que al pasar por un proceso riguroso y reglamentado de filtración queda apta para el consumo humano (AAA, 2010). A pesar de ser tres definiciones para un mismo concepto, todas concluyen que el agua potable tiene que ser agua de calidad y que no represente daño al ser ingerida por el ser humano.

A nivel mundial, para el año 2010, 1.1 billones de personas no recibían agua potable de una fuente mejorada. De esta cantidad de personas, cerca del 84% vivía en áreas rurales (OMS, 2012). Esta situación causó que millones de personas a través del mundo no tuvieran la facilidad de obtener agua microbiológicamente segura para beber y realizar las actividades cotidianas (Mara, 2003). Entre los años 1990 al 2004, cerca de

181 millones de personas pudieron recibir agua potable de sistemas mejorados. El acceso al agua de sistemas mejorados es más fácil para las áreas urbanas obteniendo un 95% de cobertura, en comparación con las áreas rurales que su cobertura es de 73% para el año 2004 (WHO/UNICEF, 2006).

Sin embargo, la OMS en su informe sobre las Estadísticas Sanitarias Mundiales para el año 2011 presenta una disminución a 884 millones de las personas que utilizan fuentes de agua sin mejoras, localizados especialmente en las zonas rurales (OMS, 2011; Gibson, Opryszko, Schissler, Guo & Schwab, 2011). Una fuente de agua potable mejorada se refiere a tener disponible para la población agua potable en sus hogares a través de tubería, tomas de agua públicas, pozos perforados, pozos excavados protegidos, manantiales protegidos y un método de recolección de agua de lluvia (WHO & UNICEF, 2006).

A pesar del progreso que se ha registrado en la cobertura de fuentes mejoradas de agua, en la región de Latinoamérica y el Caribe el 7% de la población que representa 40 millones de personas, no poseen acceso a las mismas (OPS, 2011). La disponibilidad restringida de agua potable y saneamiento básico, están catalogados como la segunda causa de morbilidad y mortalidad en la población de niños menores de 5 años en Latinoamérica y el Caribe (Schmidt & Cairncross, 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al saneamiento como la técnica más económica para eliminar las aguas usadas y asegurar obtener un medio ambiente limpio y sano (OMS, 2013). El 59% de la población mundial (611 millones de personas) tiene acceso a saneamiento en las áreas urbanas, mientras que más de 2 billones que habitan en áreas rurales carecen del mismo. Para el año 2006, en el Caribe el 77% de

la población urbana y el 37% de la población rural tenían acceso a agua potable. Por otro lado, el saneamiento básico no estaba disponible al 20% del área urbana y el 44% de la población del área rural (WHO/UNICEF, 2006).

El reporte de la Organización Panamericana de la Salud (2011) presentó que en América Latina y el Caribe las áreas urbanas tienen un 97% de acceso a fuentes de agua mejorada contra un 80% de las personas del área rural. En cuanto a las instalaciones mejoradas de saneamiento, el área urbana registró un 86% de acceso contra un 55% en las áreas rurales. A pesar de haberse registrado un aumento, las comunidades rurales presentan por cientos más bajos porque se encuentran alejadas de los centros urbanos reduciendo la capacidad de suministro de agua. Esta situación causa una disparidad en la calidad del suministro de agua que recibe la población de acuerdo al lugar en donde residen. Por lo tanto, la población rural recibe agua de sistemas independientes de fuentes de agua subterráneas o superficiales cercanas de las que se desconoce su calidad microbiológica (Ashbolt, 2004; Peter-Varbanets, Zurbrugg, Swartz y Pronk, 2009).

La OMS estimó cerca de 95,000 muertes para el año 2004 en América Latina y el Caribe por causa de la falta de instalaciones mejoradas de agua y saneamiento. Del total de estas muertes, estimaron que 56,208 muertes fueron por diarreas (OPS, 2011). Aunque la cifra de muertes por diarrea es menor que en Asia y África, es 8 veces la cantidad relacionada a agua y saneamiento reportada en países de altos ingresos (WHO, 2004).

En Puerto Rico, el suplido de agua potable a la mayor parte de la población (97%) está a cargo de la AAA y solo un 3% no tiene acceso al suplido de agua potable segura (Torres, 2008; Martí, Renta y Velázquez, 2010). En el 2007 la Organización

Panamericana de la Salud, PAHO por sus siglas en inglés, presentó un informe sobre la salud en las Américas. En este informe se indica que la calidad del agua en Puerto Rico es variable. Esta aseveración obedece al informe de un estudio realizado por la JCA y la EPA en el 2003. Entre los datos presentados por estas agencias se encuentra que cerca del 40% de los cuerpos de agua de Puerto Rico no cumplen generalmente con los estándares de calidad de las aguas superficiales debido a las descargas de aguas residuales, los residuos agrícolas e industriales que reciben.

Por otro lado, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés) y la JCA afirmaron para el año 2002 que los principales contaminantes encontrados en las aguas superficiales fueron las bacterias fecales, los nutrientes y compuestos orgánicos volátiles (PAHO, 2007). No obstante, la División de Agua del DS entre los años 2006 al 2007 llevó a cabo 612 inspecciones a instalaciones y sistemas de agua, cumpliendo así con el 100% de sus objetivos para asegurar la protección de la salud pública (PAHO, 2012).

La situación del suministro de agua y del saneamiento, trae consigo problemas de salud pública, induciendo a enfermedades transmitidas por el agua, principalmente episodios diarreicos en la población. Esto surge cuando hay una pobre calidad de agua, saneamiento limitado y prácticas inadecuadas de higiene que pueden causar enfermedades gastrointestinales (Arnold y Colford, 2007; Boschi-Pinto, Velebit y Shibuya, 2008).

2.8 Problemas de salud causados por el agua contaminada

El desarrollo urbano, las actividades agrícolas e industriales son fuentes de contaminación de los cuerpos de agua. Álvarez (2008), presenta que la contaminación de

las aguas puede ser de forma natural o inducida por el hombre. La primera, de origen natural, puede llevar al agua agentes microbianos como lo son las bacterias, virus y parásitos, además de otros elementos como los radionúclidos, nitratos, nitritos, flúor y metales pesados que pueden llegar por las escorrentías. La contaminación inducida por el hombre puede dar paso a que microorganismos patógenos lleguen a la fuente de agua por desechos humanos y de animales manejados de manera inadecuada; la actividad agrícola expone a los cuerpos de agua a fertilizante y pesticidas y la actividad industrial pueden generar solventes, aceites, y alguna otra sustancia que ocasionan contaminación química. Bartram, Lewis, Lenton y Wright (2005), entienden que los efectos del pobre saneamiento y los abastos de agua contaminados hacen que la población sufra más que con los efectos combinados que puede causar una guerra, terrorismo y armas de destrucción masivas.

Según la EPA, un microorganismo patógeno son aquellas bacterias, virus o parásitos que pueden ocasionar una enfermedad en humanos, animales o plantas (EPA, 2012 abril). La mayoría de estos patógenos son excretados en las heces fecales tanto humanas como de animales, las cuales pueden iniciar la contaminación de los cuerpos de agua (Leclerc, Schwartzbrod, y Dei-Cas, 2002; USEPA, 2002; Solarte, Peña y Madera, 2006). Entre los patógenos entéricos se encuentran: *Shigella sonnei, Campylobacter jejuni, Eschericha coli, Vibrio cholerae, Aeromonas spp., Legionella pneumophila, Mycobacterium avium complex, Bacteroides fragilis, Clostridium difficile, Helicobacter pylori, Giardia lamblia, Cryptosporidium spp.*, entre otros (Ashbolt, 2004; Leclerc, et al., 2002). Todos estos patógenos son de fácil manejo y control a través de la cloración, excepto *Cryptosporidium* (Ashbolt, 2004).

Los agentes etiológicos de las enfermedades transmitidas por agua son mayormente microorganismos que causan enfermedades entéricas o diarreas. Aunque estas enfermedades se manifiestan en individuos de diferentes edades, la población más susceptible son los niños menores de 5 años. El 88% de las enfermedades diarreicas son atribuidas al agua potable no segura, falta de saneamiento y pobre higiene (Bartram, et al., 2005). De este grupo, los menores de un año de edad son los más afectados y con mayor riesgo de muerte. Según la OMS, anualmente a nivel mundial cerca de 1.5 millones de niños, de un total de 2.5 mil millones de casos infantiles, mueren por enfermedades diarreicas (WHO, 2010). En la población de niños menores de cinco años las enfermedades gastrointestinales tienen un mayor impacto que el HIV/SIDA y la malaria (Liu et al., 2012). Otro dato refleja que para el año 2004, las enfermedades diarreicas ocupaban el tercer lugar de mortalidad en países de bajos recursos económicos y el segundo lugar en muerte de niños menores de 5 años (Bartram, et. al., 2005; OMS, agosto 2009).

Otras de las poblaciones vulnerables a las enfermedades transmitidas por agua lo son las personas inmunosuprimidas y los ancianos (Carvajal, 2012). La mayoría de las muertes por enfermedades diarreicas, ocurren en países en desarrollo. Éstas muertes pueden ser evitadas si se mejora la calidad del agua potable, el alcantarillado y el saneamiento.

Según Ashbolt (2004), el agua potable es la mayor fuente de patógenos en las regiones en desarrollo lo cual, trae problemas gastrointestinales cada vez más severos en la población. Las enfermedades gastrointestinales se originan a consecuencia de infecciones ocasionadas por organismos como bacterias, virus o parásitos en el tracto

digestivo. Los alimentos, el agua contaminada o la poca higiene personal pueden ocasionar esta infección. Además, las enfermedades gastrointestinales tienen como principal síntoma los eventos diarreicos. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2009) define como diarrea la deposición de heces líquidas tres o más veces al día.

A nivel mundial ocurren cerca de 1.7 millones de muertes causadas por pobres prácticas de higiene, saneamiento y calidad del agua (Ashbolt, 2004). Mientras, la Organización Mundial de la Salud, WHO por sus siglas en inglés, estima que 2.5 millones de personas sufrieron de enfermedades diarreicas durante el año 2008 (WHO, 2011).

2.9 Agentes etiológicos causantes de enfermedades hídricas

Las enfermedades hídricas son las causantes de la sintomatología ocasionada por agentes microbiológicos como virus, bacterias o protozoarios y sustancias químicas, que entran al cuerpo principalmente por ingesta de agua (EPAS, 2010; PROAPAC, 2009). Estas enfermedades se dividen en cuatro categorías: enfermedades transmitidas por agua, enfermedades con base en el agua, enfermedades de origen vectorial relacionadas con el agua y enfermedades vinculadas a la escasez de agua (PROAPAC, 2009).

Las enfermedades transmitidas por el agua son aquellas producidas por agua contaminada con desechos humanos, de animales o sustancias químicas. Entre estas enfermedades se encuentran las enfermedades diarreicas, el cólera, la fiebre tifoidea, shiguelosis, salmonelosis, giardiasis, amebiasis, poliomielitis, meningitis, helmintiasis y hepatitis tipo A y E (PROAPAC, 2009). De todas éstas enfermedades transmitidas por el agua, las enfermedades entéricas o gastrointestinales son las que más prevalecen en la población (Dhanoa y Fatt, 2009). Por lo tanto, los agentes etiológicos más comúnmente

relacionados a las enfermedades gastrointestinales transmitidas por agua son las bacterias *Escherichia coli (E.coli)*, *Vibrio cholera*, *Salmonella* y *Shigella*, entre otros (Hill, 2000; OMS, 2006; Ghose, 2011). Para determinar la mejor forma de reducir la carga de enfermedades transmitidas por agua, se entiende que es importante realizar una evaluación cuantitativa del impacto en la salud que puede causar el fomentar el tratamiento doméstico del agua y el almacenamiento seguro en relación con el impacto de realizar mejoras a las fuentes de agua de la comunidad (Natch, Bloomfield and Jones, 2006). Según WHO y UNICEF (2015), el 93% de las personas que utilizan agua superficial no tratada residen en zonas rurales por lo que se encuentran más susceptibles a enfermedades transmitidas por el agua (Ashbolt, 2004; Pronk, Zurbrugg, Swartz y Pronk, 2008). De estas cuatro categorías este estudio tomara solo en consideración las enfermedades transmitidas por agua.

A continuación, se presentan algunos agentes etiológicos de enfermedades hídricas:

- Bacterias patógenas - mayormente infectan el aparato digestivo de animales y humanos (OMS, 2006). Los portadores de estas bacterias las excretan en las heces propagando la infección de llegar a algún cuerpo de agua en donde otro animal o persona lo ingiera. Algunas de estas bacterias patógenas son:
    - *Escherichia coli* (*E. coli*) – se conoce como la bacteria causante de la diarrea del viajero (UPRH, 2007);
    - *Salmonella* spp. – es causante de la enfermedad sistémica y gastrointestinal del ser humano a nivel mundial. Se puede transmitir de humano a humano (WHO, 2012);

- *Shigella* spp. – puede ocasionar enfermedades gastrointestinales tan graves como la disentería bacilar (diarrea con sangre) (CYTED, 2001; Alamanos, Maipa, Levidiotou y Gessouli, 2000), y es responsable del 5 al 10% de las enfermedades diarreicas (PROAPAC, 2009);
- *Campylobacter* spp. – es la causa más común de gastroenteritis bacteriana a través del mundo (Friedman, Hoekstra, Samuel, Marcus, Bender et al., 2004; Silva, Leite, Fernandes, Mena, Gibbs, et al., 2011);
- *Vibrio cholerae* – causante de la enfermedad del cólera, la cual presenta síntomas como diarrea acuosa grave y fulminante ocasionando gran pérdida de agua y electrolitos en las heces líquidas (OMS, 2006).

- Virus – los virus que se relacionan a enfermedades transmitidas por el agua, suelen causar afecciones al sistema digestivo. Los virus excretados en las heces de personas infectadas se les conocen como virus entéricos. Los virus entéricos ocasionan al hospedero enfermedades agudas en un corto periodo de incubación (OMS, 2006). Algunos de estos virus son:
  - *Hepatovirus* – este género incluye el virus causante de la hepatitis A (VHA) y el virus causante de la hepatitis E (VHE). El VHA causa lo que se conoce como hepatitis infecciosa que propicia daño en las células hepáticas causando ictericia y un color oscuro en la orina. No obstante, el VHE es muy similar al virus de la hepatitis A con la diferencia que su periodo de incubación es más largo y los animales especialmente vacas, cerdos y roedores pueden servirle de reservorio (OMG, 2006).

- *Rotavirus* – se estima que entre el 50 al 60% de los niños que han tenido que ser hospitalizados a nivel mundial con gastroenteritis aguda es a causa de éste virus. Los síntomas que se manifiestan en una infección con rotavirus van desde diarrea acuosa intensa, fiebre, dolor abdominal y vómitos (Baggi, F. y Peduzzi, R., 2000).

- Protozoos – estos microorganismos tienden a producir quistes u ooquistes que los hacen sumamente resistentes a los procesos de desinfección del agua que se utilizan con regularidad en los sistemas de potabilización. Por esta razón, para eliminar estos patógenos se debe utilizar el proceso de filtración (OMS, 2006). Algunos de los protozoos transmitidos por el agua lo son:
  - *Cryptosporidium* spp. – este protozoario forma ooquistes que al ser ingeridos pueden causar en la persona infectada síntomas tales como diarrea, náuseas, vómitos y fiebre que puede durar solo una semana en individuos saludables como puede prolongarse durante meses si es una persona vulnerable como los infantes, mujeres embarazadas, ancianos o personas con enfermedades inmunosupresoras. Este protozoario causó en el año 1993 en Milwaukee un brote en donde se afectaron más de 400 mil personas, estimando pérdidas ascendentes a 96.2 millones de dólares en los Estados Unidos de América (Corso, Kramer, Blair, Addiss, Davis y Haddix, 2003; Leav, Mackay y Ward, 2003).
  - *Giardia lamblia* – este protozoario forma quistes que al ser ingeridos puede causar infecciones que no presenten síntomas en la persona. Esto causa que la persona infectada se vuelva un portador de *Giardia* y excretar

quistes sin presentar síntomas. Para aquellos individuos que padezcan los síntomas de ésta enfermedad pueden presentar diarrea, cólicos e hipoabsorción intestinal. Se considera a *Giardia* como la causa más frecuente de brotes transmitidos por agua identificada en los Estados Unidos (Slifko, Smith y Rose, 2000).

- *Cyclospora cayetanensis* – este parásito produce ooquistes de pared gruesa que son excretados en las heces de las personas infectadas. Los síntomas que puede presentar la persona infectada van desde diarrea líquida, cólicos, pérdida de peso, anorexia, mialgia hasta vómitos y fiebre. *Cyclospora* es altamente resistente a la desinfección y es considerado como un agente patógeno emergente transmitido por agua (Goodgame, 2003; Herwaldt, 2000).

Los microorganismos antes mencionados y muchos otros más, entran a los sistemas de agua principalmente por la contaminación con heces fecales de animales y humanos previamente infectados. Esta situación presenta un factor de riesgo a la salud pública de la población que consume y utiliza esta agua para las diferentes tareas del diario vivir.

2.10 Brotes causados por agua potable

A continuación, se presentaran las causa principales de los brotes por agentes patógenos en agua en los Estados Unidos y Puerto Rico.

2.10.1 Brotes en Estados Unidos

Con el propósito de mejorar la calidad del agua potable y reducir el riesgo de enfermedades transmitidas por agua, en 1971 se comienza un sistema de vigilancia para brotes causados por agua. La EPA y el Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC, por sus siglas en inglés) realizaron un consorcio para trabajar con este sistema de vigilancia (Craun, 2012). Según Hill (2000), las enfermedades transmitidas por agua principalmente son de tipo entéricas, aunque se pueden manifestar de manera sistémica de acuerdo al agente etiológico.

Craun (2012), presenta que desde el comienzo del sistema de vigilancia en 1971 hasta 2008 se han documentado 953 brotes causados por agua potable contaminada. De éstos, 733 fueron reportados en sistemas de agua públicos. Como consecuencia, se identificó un total de 579,582 casos y 116 muertes en este periodo.

En 1993 ocurrió un brote masivo en Milwaukee, Wisconsin en el cual se afectaron 403,000 personas con cryptosporidiosis y de las cuales 67 murieron (Corso et al., 2003; Butler y Mayfield, 1996), lo que aumento el interés en la epidemiología y prevención de *Cryptosporidium.* La posible causa de este suceso se asoció a la combinación de las lluvias de primavera y el deshielo que llevaron a la contaminación del lago Michigan, así como los fallos en los procesos de floculación y filtración en la planta de tratamiento del agua. Otros brotes asociados a agua potable se han descrito en Estados Unidos, Canadá, Japón, Brasil; en la India, Sudáfrica, Méjico y Europa. Estos brotes han demostrado estar asociados de forma significativa a las lluvias estacionales (García, Fernández, López, García y Marín, 2004).

El suceso en Milwaukee ocasionó que la EPA comenzara a regular el *Cryptosporidium* en el agua (Leclerc, et al., 2002). Tanto *Cryptosporidium* como

Giardia son dos patógenos que causan gran preocupación de los efectos que puedan ocasionar a la salud pública por su alta capacidad infecciosa (Brandonisio, 2006; Rose, Huffman y Gennaccaro, 2002). Lo anteriormente expuesto se sustenta cuando se presenta que *Cryptosporidium* se considera el tercer causante de enfermedades gastrointestinales a nivel mundial y junto a *Giardia* conforman parte de los agentes de enfermedades emergentes en agua potable (Bischoff, et al., 2005; Slifko, et al., 2000). Por otro lado, *Legionella pneumophila* es otro microorganismo que han comenzado a prestarle atención al encontrarse como el agente etiológico del 33% de todos los brotes por agua potable, registrados entre 2001 al 2008 (Craun, 2012).

2.10.2 Brotes en Puerto Rico

Entre el año 2000 al 2004 se registraron 63 brotes de enfermedades gastrointestinales ocasionados por el consumo de agua potable (Hunter, Ramírez-Toro y Minnigh, 2010). Según DS (2013), en Puerto Rico se han reportado varios brotes de enfermedades transmitidas a través del agua proveniente de sistemas de agua tratados. Un total de 5,179 personas se afectaron por éstos. Los brotes se registraron entre los años 1976 y 1991. Se estima un promedio de 345 casos por año en este periodo de tiempo. Los efectos a la salud reportados como consecuencia de estos brotes se desglosan de la siguiente manera, 72% se relacionaron a gastroenteritis, un 22% a hepatitis y un 0.05% a meningitis aséptica. En los casos de gastroenteritis se determinó que el 76% tuvo como agente etiológico a las bacterias coliformes. El 24% restante de estos casos fueron causados por otros agentes bacterianos y virales (DS, 2013).

En el año 1991, se registró un brote en el municipio de Las Piedras. Se encontró que los coliformes totales y fecales en el agua potable fueron los agentes etiológicos de este brote. Según reportado por el Departamento de Salud de PR (1999), se afectaron por esta situación aproximadamente 1,200 personas.

El DS (2013), preparó una tabla en donde presenta los brotes de enfermedades asociadas al agua registrados en Puerto Rico entre los años 1976 hasta 2001. En la tabla 2 se detallan la fecha, el lugar, el número de casos, el tipo de brote y el agente bacteriológico que causó el brote.

Más aún, para el año 2008, la EPA identificó 16 brotes cuya fuente de exposición fue el agua potable. Para este año, en un pueblo rural de Puerto Rico ocurrió un brote causado por el protozoario *Cyclospora cayetanensis*. Personal del Programa de Agua Potable del DS de Puerto Rico identificaron 82 casos de los cuales 20 (76.9%) fueron confirmados a través de laboratorio. El 48.8% de los casos identificados eran hombres y el 51.2% féminas con una edad media de 36 años. Los síntomas que predominaron fue en un 93.7% la diarrea y 86.1% el dolor abdominal (Hassan, Ramos, Cádiz y García, 2010). La causa del brote es desconocida, pero a través de la investigación epidemiológica se estableció que la fuente de contagio fue el agua (Brunkard et al., 2011). Este fue la primera ocasión en donde se identificó a *Cyclospora cayetanensis* como el agente etiológico de un brote en Puerto Rico (Hassan, et al., 2010). Aunque no se ha establecido otro brote en la Isla, hay que destacar que para los años 1993 hasta 2003, fueron reportados al DS un promedio de 77,837 casos anuales de gastroenteritis (DS, 2004).

Tabla 2:
Brotes asociados al agua (Provista por DS, 2013)

Brotes de Enfermedades Asociadas al Agua 1976-2001

Fecha	Lugar	Número de casos	Tipo de brote	Agente bacteriológico
Julio 1976	Comerío	2,105	Gastroenteritis	*Shigella sonnei*
Enero-Mayo 1982	Villalba	500	Gastroenteritis	Virus en agua, no identificado
Octubre 1982	Ciales	308	Gastroenteritis	*Shigella sonnei* en excreta, no se aisló en agua
Noviembre 1982	Canóvanas	64	Gastroenteritis	Coliformes
Noviembre 1982	Canóvanas	9	Hepatitis	Virus
Febrero 1983	Barranquitas	294	Gastroenteritis	*Shigella sonnei* en excreta, coliformes fecales en agua
Marzo 1983	Lares	4	Hepatitis	Virus, coliformes fecales en agua
Abril 1983	Salinas	11	Hepatitis	Virus
Junio 1983	Yabucoa	22	Gastroenteritis	Coliformes fecales en agua
Diciembre 1985	Hatillo	4	Hepatitis	Virus
Agosto 1985	Florida	420	Gastroenteritis	Bacteria no se aisló
Agosto 1985	San Juan	11	Gastroenteritis	Bacilos coliformes
Septiembre 1985	San Juan	10	Gastroenteritis	Bacilos coliformes
Noviembre 1986	Barceloneta	20	Gastroenteritis	Bacilos coliformes
Febrero 1987	Arecibo	124	Gastroenteritis	Bacilos coliformes
Octubre 1987	Lares	44	Gastroenteritis	*Shigella sonnei* en excreta, coliformes en agua
Julio-Nov. 1988	Aibonito	29	Meningitis Aséptica	Virus, no se aisló
Agosto 1991	Las Piedras	1,200	Gastroenteritis	Coliformes totales y fecales

Por lo antes expuesto, es importante que la ciudadanía y el gobierno entiendan que la posibilidad de un brote en Puerto Rico es real. Como parte de las medidas que pueden ser utilizadas para disminuir este riesgo, Bartram, et al. (2005) presenta que se puede disminuir la morbilidad de diarrea en un 21% si se logra mejorar los abastos de agua y en un 37% si se mejora el saneamiento.

Según la OMS, el mejorar el suministro de agua reduce la mortalidad por diarrea en un 21%, pero mejorar la calidad del agua potable utilizando desinfección y un almacenamiento seguro puede reducir los episodios de diarrea de 45% (UN Millenium Project, 2005). Según Roubert et al., (2012), reportaron que la prevalencia de sintomatología gastrointestinal reportada para Puerto Rico es de 21%. Por lo tanto, el cumplir con las medidas sugeridas a los sistemas de agua potable podría ayudar a minimizar la prevalencia reportada al momento para nuestra Isla.

Capítulo 3

Metodología

3.1 Objetivos

A continuación, se presentarán el objetivo general y los objetivos específicos.

3.1.1 Objetivo General

El objetivo general para este estudio fue:

- Determinar si existe asociación entre las características de los sistemas de agua comunales según el tratamiento que brindan y la prevalencia de sintomatología gastrointestinal.

3.1.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos para este estudio fueron:

- Determinar el cumplimiento bacteriológico de los tres grupos divididos según el tratamiento que brindan al agua. El cumplimiento se determinará conforme a lo establecido en la Regla de Coliformes Totales.
- Establecer el perfil socio-demográfico y de salud gastrointestinal de las comunidades servidas por los sistemas comunales Non PRASA que se encuentran divididos en tres grupos de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.
- Determinar la prevalencia de enfermedades gastrointestinales de cada grupo según el tratamiento brindado al agua potable.

- Determinar cuáles características del individuo y de la vivienda están asociadas a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en los sistemas comunales de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.
- Establecer si el tratamiento y la fuente de abasto del sistema están asociados a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal ajustando por variables de confusión.

3.2 Diseño de estudio

La presente investigación es un estudio descriptivo transversal o estudio de prevalencia. Este tipo de diseño es útil para poder examinar asociaciones relacionadas entre el estado de salud y una característica en particular. Además, los estudios transversales son convenientes para estimar datos de prevalencia y la amplitud de problemas de salud pública (Merrill, R. y Timmreck, 2006; Gordis, 2009).

Los diseños transversales tienen como limitación que no establecen relaciones de causalidad dado que se evalúan simultáneamente exposición y enfermedad. No obstante, este tipo de diseño permite generar hipótesis al finalizar el estudio.

3.3 Población de estudio

La población de estudio comprende residentes del municipio de Yauco. El municipio de Yauco consta en la actualidad con siete sistemas Non PRASA. Estos sistemas incluyen el Sistema Rubias localizado en el barrio Rubias, Sistema La Montaña localizado en el barrio Río Prieto, Sistema Cerrote, Sistema Guaraguao localizado en el barrio El Naranjo, Sistema Mogote y Sistema de Agua Cacao localizados en el barrio Sierra Alta y Sistema La Jurada localizado en el barrio Vegas.

***Figura 3*: Mapa localización de barrios con sistemas comunales Non PRASA en el municipio de Yauco, Puerto Rico**

3.3.1 Población de los sistemas Non PRASA según el inventario del Departamento de Salud de Puerto Rico

Según el Inventario de los sistemas Non PRASA realizado por el DS (2012*b*), la población servida por estos sistemas es de 2,015 personas de una población total de 42,043 personas según informado por el Negociado del Censo del 2010 (2012) para el municipio de Yauco. Esto representa que el 4.8% de la población del municipio de Yauco, se sirve de agua distribuida por sistemas comunales Non PRASA. La zona rural tiene una población de 7,740 personas representando el 18.4% de la población de este municipio. La siguiente tabla muestra la distribución para cada uno de los sistemas:

Tabla 3:
Sistemas Non PRASA del municipio de Yauco, Puerto Rico con la población según el inventario del Departamento de Salud (2012b)

PWS_ID	SISTEMA	MUNICIPIO	POBLACIÓN Inventario	FUENTE de Abasto
PR0478014	**BO. RUBIAS**	YAUCO	**312**	S
PR0478034	LA MONTANA	YAUCO	90	S
PR0478044	CERROTE	YAUCO	152	S
PR0478054	LA JURADA	YAUCO	300	S
PR0478064	**GUARAGUAO**	YAUCO	**950**	S
PR0478094	**MOGOTE**	YAUCO	**140**	S
PR0478114	**SISTEMA DE AGUA CACAO**	YAUCO	**71**	S

La población de los sistemas Non PRASA Rubias, Guaraguao, Mogote y Sistema de Agua Cacao, suman un total de 1,473 personas lo que representa el 73.1% de toda la población del municipio de Yauco que se sirve de los sistemas comunales de agua Non PRASA.

3.3.2 Actualización de las encuestas sanitarias y población de estudio mediante visitas de campo

Durante los meses de marzo, abril y mayo de 2013 se llevaron a cabo visitas de campo para actualizar las Encuestas Sanitarias a cada uno de los siete sistemas. Las Encuestas Sanitarias buscan identificar deficiencias y riegos sanitarios en cada uno de los componentes de los sistemas de agua comunales Non PRASA. Esto se realizó como parte del trabajo final de la estudiante de maestría en salud pública ambiental Natalie Ortiz Bonilla. Durante estas visitas se corroboró el dato de la población servida por cada sistema. La información obtenida en las visitas de campo se incluye en la siguiente tabla.

Tabla 4:
Sistemas Non PRASA del municipio de Yauco, Puerto Rico con la población según la información obtenida en las visitas de campo

PWS_ID	Sistema	Municipio	Población obtenida en visita	Fuente de abasto
PR0478014	**Bo. Rubias**	YAUCO	**73 fam./218 per.****	S
PR0478034	La Montana	YAUCO	25 fam./75 per.*	S
PR0478044	Cerrote	YAUCO	27 fam./81 per.*	S
PR0478054	La Jurada	YAUCO	40 fam./120 per.*	S
PR0478064	**Guaraguao**	YAUCO	**196 fam./569 per.****	S
PR0478094	**Mogote**	YAUCO	**40 fam./120 per.***	S
PR0478114	**Sistema de Agua Cacao**	YAUCO	**19 fam./57 per.***	S

*Número de personas calculadas en base al estimado de personas por familia basado en el Censo utilizado por DS
**Número de personas según indicado por la comunidad al momento de la Encuesta Sanitaria, no fue calculado en base al estimado.

La información recopilada en las visitas reflejó una población menor a la registrada en el inventario realizado por el DS. Ante esta situación se utilizó para el cálculo de tamaño de muestra el obtenido en las visitas de campo. Siendo así, la población servida por los sistemas Non PRASA en el municipio de Yauco es de 1,240 personas, según el dato obtenido en las visitas de campo. Por los datos obtenidos, se puede decir que aproximadamente el 3% de la población del municipio de Yauco se sirve de los sistemas comunales de agua Non PRASA. Esto implica una diferencia de 775 personas en comparación con los datos registrados en el inventario del DS.

El sistema La Jurada fue sustituido en el mes de octubre de 2013 por un proyecto realizado por la AAA con fondos federales dando paso a la eliminación de este sistema. Por tal razón, la población total servida por sistemas Non PRASA en el municipio de Yauco será de 1,120 personas. De este total le pertenecen 964 personas a los sistemas

Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao. Teniendo este dato, se puede decir que el estudio abarcará el 86.1% de la población que se sirve de los sistemas comunales de agua Non PRASA en el municipio de Yauco.

3.3.3 Encuestas Sanitarias

La EPA y el DS cuentan con instrumentos para realizar las encuestas sanitarias a sistemas de agua. Según el Código Federal de Regulaciones en el 40 CFR141.2, una encuesta sanitaria se define como "una revisión *in situ* de la fuente de agua, instalaciones, equipos y operación y mantenimiento de un sistema público de agua al fin de evaluar la suficiencia de la fuente, instalaciones, equipos y operación y mantenimiento para producir y distribuir agua segura para consumo" (USEPA, 2003).

El instrumento desarrollado por la EPA se dirige especialmente a sistemas pequeños de agua potable; mientras que el instrumento del DS de Puerto Rico va dirigido principalmente a los sistemas de agua que poseen plantas de filtración como parte de su tratamiento. Este estudio se basó en el instrumento desarrollado por la EPA para sistemas pequeños (Ver anejo 1). El instrumento es tipo cuestionario, el cual está dividido en 11 secciones:

Tabla 5:
Secciones de la Encuesta Sanitaria a sistemas de agua potable

Secciones de la Encuesta Sanitaria a sistemas de agua potable	
I.	Información General
II.	Fuente de Abasto (Pozo, Manantial, Fuente superficial)
III.	Sistema de Tratamiento (Desinfección, Filtración, Otros)
IV.	Hoja de Inspección de Tanques de reserva y distribución
V.	Sistema de Distribución
VI.	Evaluación del Sistema de Agua Público (Facilidades y controles de bombas y estaciones de bombas)
VII.	Certificación de Operador
VIII.	Operación y Mantenimiento
IX.	Medidas de campo al momento de la Inspección (cloro residual, turbidez, pH, temperatura, otros)
X.	Resultados de muestreos bacteriológicos y químicos
XI.	Recomendaciones y Requerimientos inmediatos

3.3.4 Sistemas Non PRASA seleccionados

Los sistemas seleccionados se agruparon según el tratamiento que brindan al agua, si alguno. Para efectos de esta investigación se conceptuó como tratamiento al agua, la utilización de algún método de desinfección aprobado por EPA o que utilicen el proceso de desinfección y filtración.

A continuación, se describirán cada sistema:

- Sistema Guaraguao (Naranjo) trata el agua superficial utilizando una planta compacta en donde ocurren los procesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

- Sistema Rubias utiliza el agua que proviene de un manantial que está registrado en el inventario del DS como sistema superficial y en el cual solo desinfectan el agua por medio de pastillas.
- Sistemas La Montaña y Cerrote son catalogados como sistemas superficiales y utilizan pastillas para desinfectar el agua. Al utilizar la desinfección como tratamiento del agua, estos sistemas no se utilizarán para el estudio por estar representados con el sistema Rubias.
- Los sistemas Mogote y Cacao no brindan ningún tipo de tratamiento al agua.
    - El sistema Mogote tiene instalado en el tanque de distribución el tabletero para las pastillas de desinfección, pero por no tener la capacidad financiera no están llevando a cabo el proceso de desinfección por falta de disponibilidad de las pastillas de clorinación.
    - El sistema de Agua Cacao no está incorporado. Esta situación evita que las agencias que brindan ayudas para realizar mejoras a los sistemas de agua comunales, le faciliten el tabletero con las pastillas de clorinación para que puedan llevar a cabo el proceso de desinfección. Por esta razón, el sistema Cacao no posee ningún tipo de tratamiento a las aguas del sistema.

Por lo tanto, el marco muestral para este estudio fueron las familias que se sirven de los sistemas de agua comunales Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao del municipio de Yauco divididos en tres grupos según el tratamiento que brindan al agua potable. La figura 4 presenta la división de los sistemas Non PRASA de acuerdo al tratamiento brindado al agua potable:

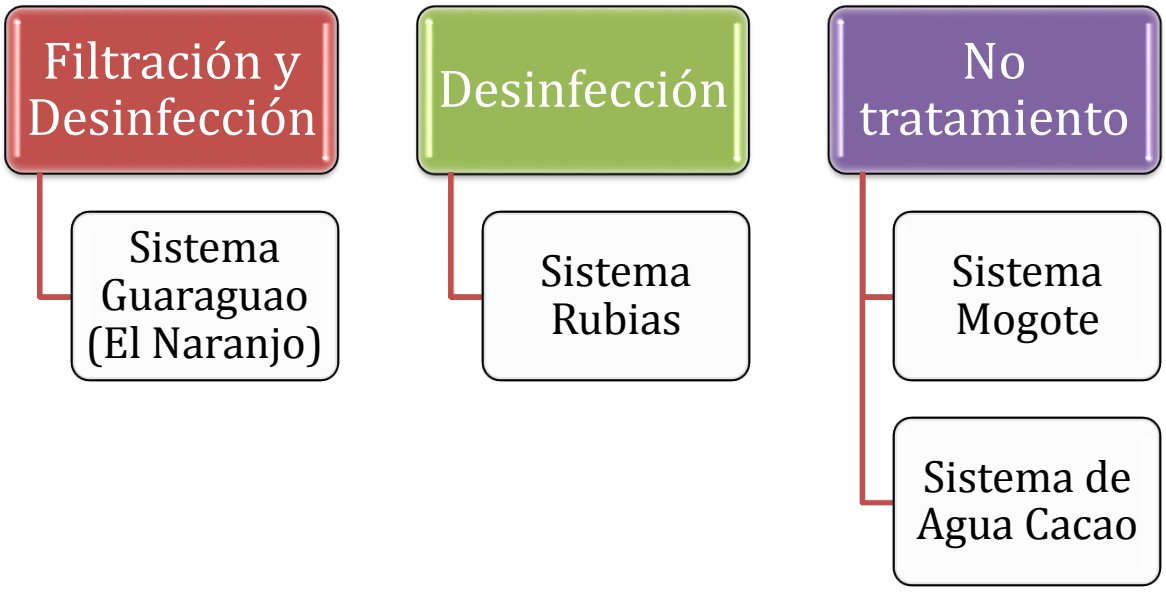


***Figura 4*: División de sistemas Non PRASA de acuerdo al tratamiento brindado al agua potable**

3.3.5 Criterios de inclusión y exclusión

Se determinó que individuos podrían ser parte de los sujetos de estudio por los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

- Criterios de inclusión: aquellos individuos de 21 o más años de edad que residan por tres meses o más en una vivienda que se sirva del agua del sistema seleccionado.
- Criterios de exclusión: individuo menor de 21 años de edad, residir por menos de tres meses en la vivienda, que la vivienda no se sirva de alguno de los sistemas comunales Non PRASA seleccionados.

3.4 Instrumento de Recopilación de Datos

Se utilizó como instrumento de recopilación de datos un cuestionario que le fue suministrado a los residentes (Ver Anejo #2). El cuestionario incluía preguntas relacionadas a aspectos socio-demográficos, utilización y consumo de agua y aspectos de salud relacionados a sintomatología gastrointestinal. El cuestionario a utilizado fue diseñado adaptando el cuestionario administrado en el estudio titulado *"Prevalence of gastrointestinal symptoms among residents of the Caño Martín Peña communities, San Juan, Puerto Rico"* realizado por estudiantes y facultativos del Programa de Salud Pública de la Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce. Cada cuestionario fue identificado con un número de control, fecha en que se suministró el cuestionario, hora de inicio y hora de finalizada. Las comunidades fueron identificadas por números únicos en los cuestionarios.

Se consideraron los sistemas comunales de agua Non PRASA como muestras independientes de acuerdo a los tratamientos que utilizan dando esto como resultado tres grupos (no tratamiento, desinfección, desinfección y filtración). La unidad primaria de muestreo fueron las viviendas y la unidad elemental fueron las personas de 21 o más años de edad que residan en la vivienda por más de 3 meses.

3.4.1 Tamaño de muestra

Se realizó el cálculo de tamaño de muestra utilizando 15% como la diferencia en la prevalencia de enfermedades gastrointestinales que se esperaba encontrar entre los tres grupos establecidos de acuerdo al tratamiento que brindan al agua, a un 0.05 de nivel de confianza y 0.80 de poder. El resultado de éste cálculo fue un total de 192 familias entre los tres grupos. La muestra calculada por grupo fue la siguiente:

1. Grupo filtración y desinfección (sistema Guaraguao) – 64 familias
2. Grupo desinfección (sistema Rubias) – 64 familias
3. Grupo no tratamiento (sistemas Mogotes y Cacao) – 64 familias

Se realizó un muestreo aleatorio para obtener las 64 familias que fueron visitadas en el grupo de filtración y desinfección (sistema Guaraguao) y para el grupo de desinfección (sistema Rubias). Por otro lado, el grupo que no brinda tratamiento (sistemas Mogotes y Cacao) al solo contar con 59 familias, se visitaron todas las viviendas para poder cumplir con el tamaño de muestra. Se realizó hasta una segunda visita a aquellas viviendas en las cuales no se pudo realizar las entrevistas en la primera visita.

La tabla 6 presenta cada uno de los grupos compuestos por los sistemas Non PRASA que se estudiaron con el total acumulado, la cantidad de familias a muestrear y la cantidad de muestras de agua por cada uno de los tres grupos. Se realizaron un total de 50 muestras de agua entre los tres grupos. El total de las muestras de agua se dividió de acuerdo al tamaño de familias de cada uno de los tres grupos. Se escogió de forma aleatoria la vivienda a muestrear entre las seleccionadas previamente. Este método de selección logro que el grupo con mayor número de familias tenga mayor probabilidad de realizar muestras de agua que los grupos con menor cantidad de familias. Por lo tanto, las muestras de agua por grupo fueron proporcionales al tamaño (Caddy y Bazigos, 1998).

Tabla 6:
Grupos según el tratamiento que brindan al agua, cantidad de familias a muestrear por sistema y cantidad de muestras de agua

Grupo	Sistema	Número de familias	Total acumulado	Cantidad de familias a muestrear	Cantidad de muestras de agua
No tratamiento	Cacao Mogote	59	59	59	9
Desinfección	Rubias	73	132	64	11
Filtración y desinfección	Guaraguao	196	328	64	30

3.4.2 Suministro del cuestionario

En la primera visita se suministró el cuestionario al residente que cumplió con los requisitos de inclusión en la vivienda elegida aleatoriamente. El cuestionario se administró de forma asistida, que pudo ir desde contestar preguntas del residente hasta realizar el mismo a petición del encuestado. Este estudio se trabajó por disponibilidad de los residentes. La información se recopiló en un tiempo delimitado.

El mismo día de la visita se tomó una muestra del agua del grifo en 50 viviendas seleccionadas aleatoriamente distribuidas proporcional al tamaño de cada uno de los tres grupos divididos según el tratamiento brindado al agua servida, con el propósito de verificar el cumplimiento con los parámetros bacteriológicos, de turbidez y cloro de agua potable. La toma de muestras la realizó Glenda I. Torres Rivera y estudiantes de maestría en Salud Pública de la Universidad de Ciencias de la Salud de Ponce, siguiendo el protocolo correspondiente de la EPA. La muestra de agua que se colectó de los grifos de las viviendas fue analizada para conocer si hay presencia de bacterias coliformes, la turbiedad y el cloro residual.

Las inspecciones sanitarias en conjunto el muestreo de agua que se realizó en el momento de completar el cuestionario, ayudó a identificar el cumplimiento del sistema y los posibles riegos a la salud de los consumidores.

3.4.3 Variables de estudio

Las variables de estudio que se evaluaron en la investigación fueron las siguientes:

- Variable dependiente:
    - *Enfermedad gastrointestinal*: medida a través de la sintomatología característica que incluye mayormente vómitos, dolor de estómago, dolor abdominal, náuseas, calambres estomacales, diarrea (tres o más evacuaciones líquidas en un periodo de 24 horas), entre otros reportada por los encuestados (CDC, 2007).

- Variables independientes:
    - *Cumplimiento bacteriológico de los sistemas comunales de agua Non PRASA estudiados*: se midió a través de los datos históricos de bacteriología obtenidos del DS de Puerto Rico.
    - *Tratamiento*: es el método utilizado por el sistema Non PRASA para tratar el agua antes de llegar a la comunidad. Puede ser mediante clorinación, clorinación y filtración o ningún tratamiento (Academia Nacional de Ciencias, 2007).
    - *Fuente de abasto*: el tipo de cuerpo de agua del cual se suple el sistema comunal de agua Non PRASA. Esta puede ser de agua

superficial (embalses, ríos, quebradas), subterránea (pozos) y manantiales (Orellana, 2005).

- *Dosis de Desinfectante*: Cantidad de desinfectante medido en el agua del sistema y las viviendas. Se expresa en unidades de miligramos por litro (mg/l) (Aquaquimi, 2013).
- *Turbiedad*: Apariencia del agua causada por la apariencia de partículas suspendidas y coloidales. En los trabajos de campo, se utiliza esta medida como un indicador de la claridad del agua (DOH, 2004). Es la interferencia al paso de luz causado por partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez (González, 2011). La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua. Se expresa en unidades de turbiedad nefelometrías, NTU por sus siglas en inglés.
- *Resultado de bacteriología (muestra tomada en la vivienda)*: la Regla de Coliformes Totales establece que el resultado para muestras de bacteriología en agua será reportado como positivo, si se detecta presencia de coliformes o negativo si están ausentes las bacterias coliformes en la muestra de agua.
- *Coordenadas GPS*: identificó la posición de la vivienda en relación al sistema.
- *Presión y calidad del agua*: se tomó en consideración como los residentes catalogan la presión con que le llega el agua a sus

viviendas y la calidad del agua según su criterio. Se midió en una escala del 1 hasta el 5, en donde 1 será excelente y 5 será pésima.

- *Apariencia del agua*: los sólidos suspendidos en el agua pueden causar un cambio en su apariencia. Se midió con dos criterios a escoger entre transparente y turbia.
- *Olor del agua*: Algunos contaminantes pueden impartir un olor particular al agua.
- *Filtrar o hervir el agua en la vivienda*: Alternativas utilizadas en los hogares para mejorar la calidad del agua, eliminando algunos contaminantes.
- *Pozo séptico:* lugar de deposición de las aguas usadas generadas por la vivienda.
- *Medicamentos recetados:* medicamentos que el médico le ha realizado una prescripción para la compra y consumo por alguna condición de salud en los últimos tres meses.
- *Ingesta de agua:* se identificó si el agua que ingiere el residente es el que llega a su vivienda producida por el sistema comunal de agua Non PRASA o es alguna otra y la regularidad con que la ingiere, lo cual se midió con una escala desde 0 hasta 4, en donde 0 es nunca y 4 es siempre.
- *Horas al día en la vivienda:* tiempo que el residente está en la vivienda durante la semana.

- *Lavado de manos:* las veces al día que el individuo se lava sus manos.
- *Veces que defeca al día:* cantidad de veces que el individuo va al baño a defecar.
- *Sexo:* determina si el participante el hombre o mujer.
- *Edad:* conocer la edad en años del participante.
- *Nivel escolar:* nivel educativo alcanzado.
- *Nivel económico:* ingreso mensual o anual que devenga el individuo.

3.5 Análisis estadístico

Los datos se colectaron de las contestaciones brindadas en el cuestionario y de los resultados de bacteriología de la muestra de agua que se tomaron en las viviendas. Estos se procesaron y analizaron utilizando los paquetes estadísticos SPSS GradPack versión 23.0 y SmallStata 14.

3.5.1 Estadísticas descriptivas

- Se realizó un análisis descriptivo para detallar la distribución de las variables utilizando las frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas y medidas de tendencia central y de dispersión para las variables cuantitativas.
- Se resumieron los datos históricos, encuestas sanitarias y resultados de muestreo bacteriológico en tablas por cada sistema.

- Se determinó la prevalencia de punto y la prevalencia de periodo. La significancia estadística se calculó utilizando la prueba de Chi cuadrada si los datos colectados cumplieron con los supuestos de esta prueba.

3.5.2 Estadísticas inferenciales

- Entre los análisis estadísticos a utilizados se encuentra el análisis bivariado. Se utilizó el modelo clásico en donde conociendo los casos esperados son mutuamente independientes y los elementos observados siguen una distribución de *Poisson* siendo el estimador la máxima verosimilitud (Vidal & Lawson, 2003). Estos análisis ayudaron a determinar las características por las cuales se ajustó, determinando posibles variables de confusión.
- Se analizaron tres niveles jerárquicos en la etapa inicial de la investigación. Los niveles jerárquicos lo son el sistema y el individuo. Para cada uno de estos niveles se tomaron en consideración múltiples variables las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Se evaluaron los niveles jerárquicos presentados en la tabla anterior utilizando el análisis multinivel "*Three-level random intercept model*" el cual es un modelo multinivel de regresión (Agresti, 2013; Sniders y Broker, 1999). Los modelos multinivel o jerárquicos permiten estudiar el efecto simultáneo de características individuales como colectivas, y sus interacciones (Muñoz, 2012). No obstante, al realizar el modelo nulo y el cálculo de la correlación intra-clase (ICC) se obtuvo que no hay homogeneidad interna en los grupos por lo que se entiende que las observaciones son independientes siguiendo la tendencia de una regresión logística. Por tal razón, se analizaron los datos a través de

regresión logística. El uso de pruebas estadísticas dependió de la distribución y el tipo de las variables a comparar. Se asumió una significancia estadística de $p<0.05$.

Tabla 7:
Niveles jerárquicos con las variables a estudiarse en cada nivel

Nivel	Variable	Tipo de variable
Sistema	Tratamiento	Categórica
	Fuente de abasto	Categórica
Vivienda	Coordenadas GPS	Numérica Continua
	Presión y calidad del agua	Ordinal
	Apariencia y olor del agua	Categórica
	Filtra, hierve o se va el agua	Dicótoma
	Pozo séptico	Dicótoma
Individuo **Demográficas**	Sexo	Dicótoma
	Edad	Continua
	Nivel Escolar	Ordinal
	Nivel Económico	Ordinal
De exposición	Medicamentos Recetados	Dicótoma
	Ingesta de agua del grifo	Dicótoma
	Horas al día en la vivienda	Numérica Continua
	Lavado de manos	Numérica Discreta
	Veces que defeca al día	Numérica Discreta

La tabla 8 presenta el mapa conceptual de las fases operacionales de la investigación. Las fases operacionales fueron parte esencial para lograr los objetivos de esta investigación que se determinaron con las diferentes pruebas estadísticas según se presenta en la tabla 9.

Tabla 8:
Mapa Conceptual de las Fases Operacionales de la Metodología de Investigación

Mapa Conceptual de las Fases Operacionales de la Metodología de Investigación			
Fase	Actividad	Definición	Criterios
I	Actualización de las encuestas sanitarias durante los meses de marzo a mayo 2013.	Cumplimiento con la SDWA y con la Regla de Coliformes Totales.	• Fuente de agua • Instalaciones (tanques, estaciones de bombas, entre otros) • Equipos • Operación y Mantenimiento (O&M) • Toma de muestras • Operador certificado
II	• 1ra entrevista asistida en un periodo de cuatro meses, se visitó las comunidades de los sistemas seleccionados • Se tomó la muestra de agua durante los meses en que se llevó a cabo la 1ra visita.	Se administró el instrumento tipo cuestionario: • 1 sujeto/vivienda • Análisis bacteriológico, turbidez y cloro residual	Secciones del cuestionario: • Características del hogar • Condiciones de salud y síntomas • Estilos de vida • Características Socio-demográficas • Resultado de presencia o ausencia de coliformes; medida de turbidez (NTU) y dosis de cloro (mg/l).

Tabla 9:
Objetivos específicos con las pruebas estadísticas que se utilizaron

Objetivos específicos con las pruebas estadísticas utilizadas para cada uno	
Objetivos específicos	Prueba estadística a utilizar
• Determinar el cumplimiento bacteriológico de los tres grupos divididos según el tratamiento que brindan al agua. El cumplimiento se determinará conforme a lo establecido en la Regla de Coliformes Totales.	Análisis descriptivo: • Cumple o no cumple • Se resumieron los datos históricos, encuestas sanitarias y resultados del muestreo bacteriológico en tablas por sistema.
• Establecer el perfil socio-demográfico y de salud gastrointestinal de las comunidades servidas por los sistemas comunales Non PRASA que se encuentran divididos en tres grupos de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.	Análisis descriptivo: • Media • Mediana • Moda • Distribución de frecuencias
• Determinar la prevalencia de enfermedades gastrointestinales de cada grupo según el tratamiento brindado al agua potable.	• Prevalencia de punto (24 horas) • Prevalencia de periodo (3meses) • Prueba de Chi cuadrada
• Determinar cuáles características del individuo y de la vivienda están asociadas a las prevalencia de sintomatología gastrointestinal en los sistemas comunales de acuerdo al tratamiento que brindan al agua potable.	Análisis inferencial: • Análisis espacial • Análisis bivariado o Determinó por cuales características se va a ajustar, determinando posibles variables de confusión.
• Establecer si el tratamiento y la fuente de abasto del sistema están asociados a la prevalencia de sintomatología gastrointestinal ajustando por variables de confusión.	Análisis Multinivel • Regresión Logística

Capítulo 4

Resultados y Discusión

4.1 Análisis descriptivo

Las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao fueron visitadas durante los meses de abril, mayo, julio y agosto de 2015. Las visitas tuvieron como propósito ir a las viviendas seleccionadas y realizar las entrevistas a los residentes que cumplieran con los criterios de inclusión previamente establecidos. Además, se realizó la toma de muestra de agua en el grifo de las viviendas previamente seleccionadas al azar para realizar pruebas bacteriológicas.

4.1.1 Descripción sistemas Non PRASA

Cada uno de los sistemas estudiados, a pesar de servir a una población pequeña, está en un territorio extenso. En muchas ocasiones, las residencias servidas por el sistema se encuentran distantes unas de las otras y en lugares escabrosos y de difícil acceso. Imágenes de cada uno de los sistemas servirán para poder entender la infraestructura que utilizan para tratar el agua que será servida a la comunidad. Además, las figuras 5, 6, 7, 8 y 9 presentan los diferentes componentes de los sistemas estudiados y el territorio que abarca cada uno. Esto servirá de referencia para poder entender más adelante los resultados obtenidos en las muestras de agua colectadas para el análisis de bacteriología.

Sistema Guaraguao (El Naranjo)

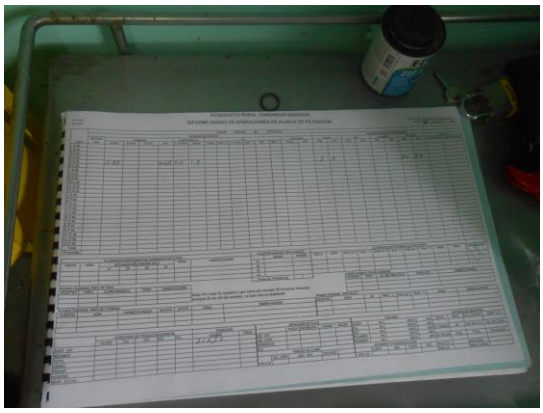
El sistema Non PRASA Guaraguao se sirve de una fuente de abasto superficial conocida como Quebrada Grande en donde recogen el agua en un poceto natural y es dirigido por gravedad hasta la entrada de la planta de filtración. La planta es de tipo compacta, o sea, en un mismo módulo se llevan a cabo los procesos de floculación, sedimentación, filtración y desinfección. El proceso de coagulación en este tipo de planta se lleva a cabo de manera hidráulica en la tubería de entrada al módulo. Para poder llevar a cabo estos procesos utilizan coagulantes que ayudan a que ocurra la agregación de sólidos para que puedan precipitarse y removerlos del proceso. A continuación, se presentan fotos sobre los diferentes componentes de este sistema:

Represa (Poceto natural) (Fotos tomadas por Natalie Ortiz, 2013 y Glenda Torres, 2015)

Tubería que llevan el agua de la represa hasta la planta por gravedad

Planta de filtración y aplicación de químicos (Coagulante y Desinfectante)

Laboratorio de toma y análisis de muestras y hoja de anotar los resultados



Tanque Redondo de distribución y Tanque El Verde

En la figura 5 se presenta la extensión del sistema Guaraguao y donde se encuentran localizado parte de sus componentes.

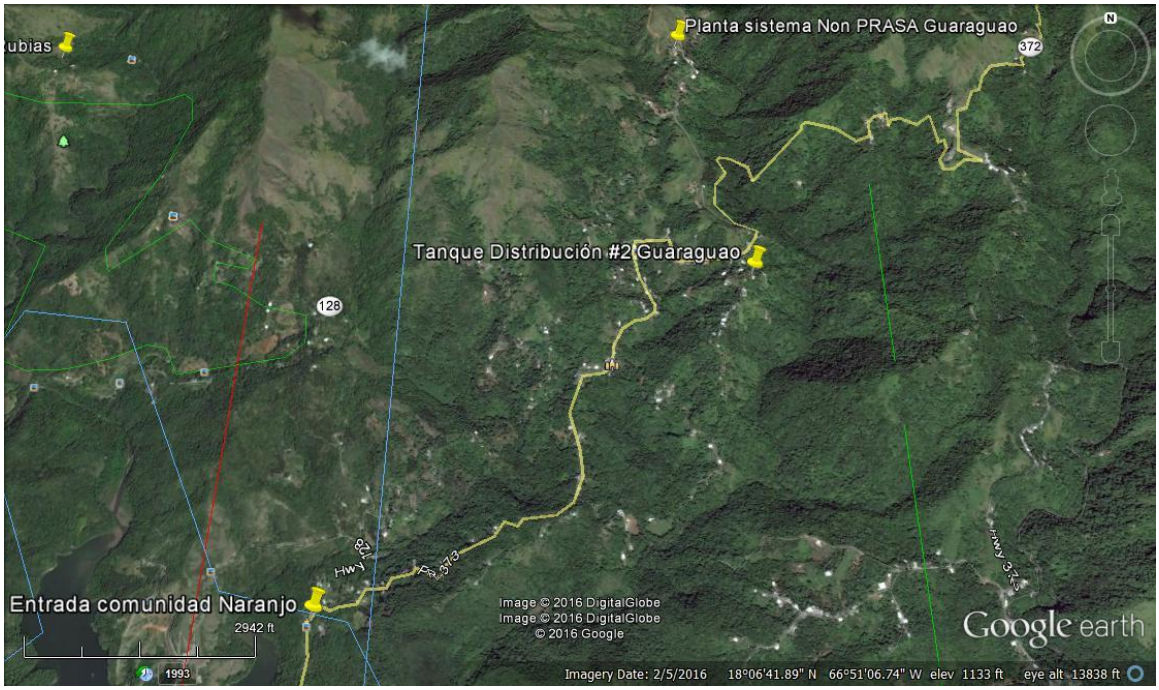


Figura 5: **Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Guaraguao**

Sistema Non PRASA Rubias

La fuente de agua cruda del sistema Rubias proviene de un manantial, el cual tiene protegido con un poceto de hormigón y una tapa de metal. El poceto se encuentra a su vez, dentro de una caseta de cemento "cyclone fence". El agua que se extrae va por gravedad a través de una tubería hasta un tanque bajo tierra que se encuentra en la caseta de bombas. De este lugar, el agua el dirigida al tanque de distribución por medio de bombeo. En el tanque de distribución es donde recibe el tratamiento de desinfección mediante cloro en tabletas. Desde este punto el agua es distribuida a la comunidad por gravedad. A continuación, se presentan fotos sobre los diferentes componentes de este sistema:

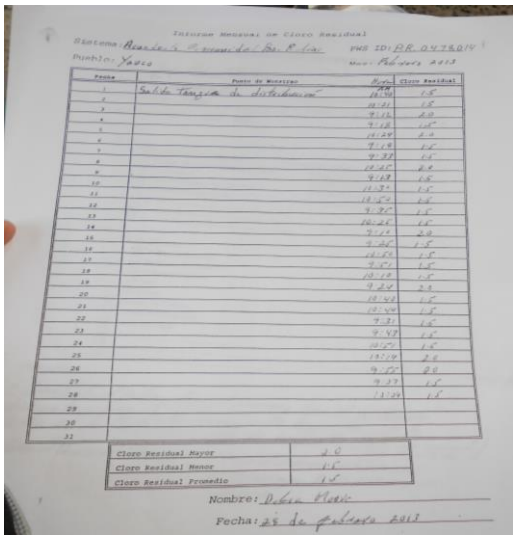
Caseta de Bombas (Fotos tomada por Natalie Ortiz, 2013 y Glenda Torres, 2015)

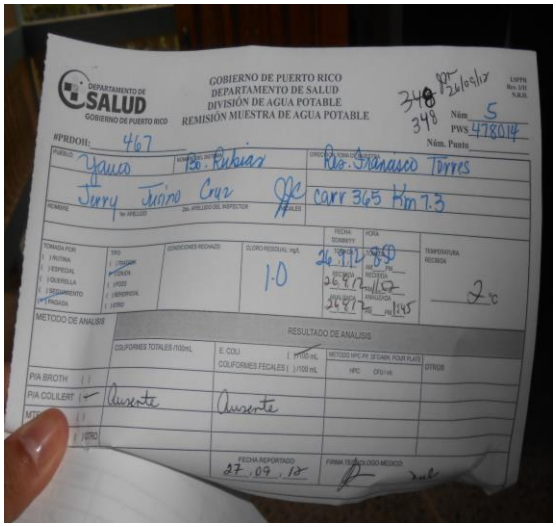
Tanque bajo tierra localizado en la caseta de bombas

Caseta donde se encuentra la toma de agua cruda (manantial)

Tanque de distribución y sistema de cloración (Desinfecta)

Documento en donde anotan los resultados de las muestras de cloro diario y resultados de los análisis que realizan al agua





En la figura 6 se presenta la extensión del sistema Rubias y donde se encuentran localizado parte de sus componentes.

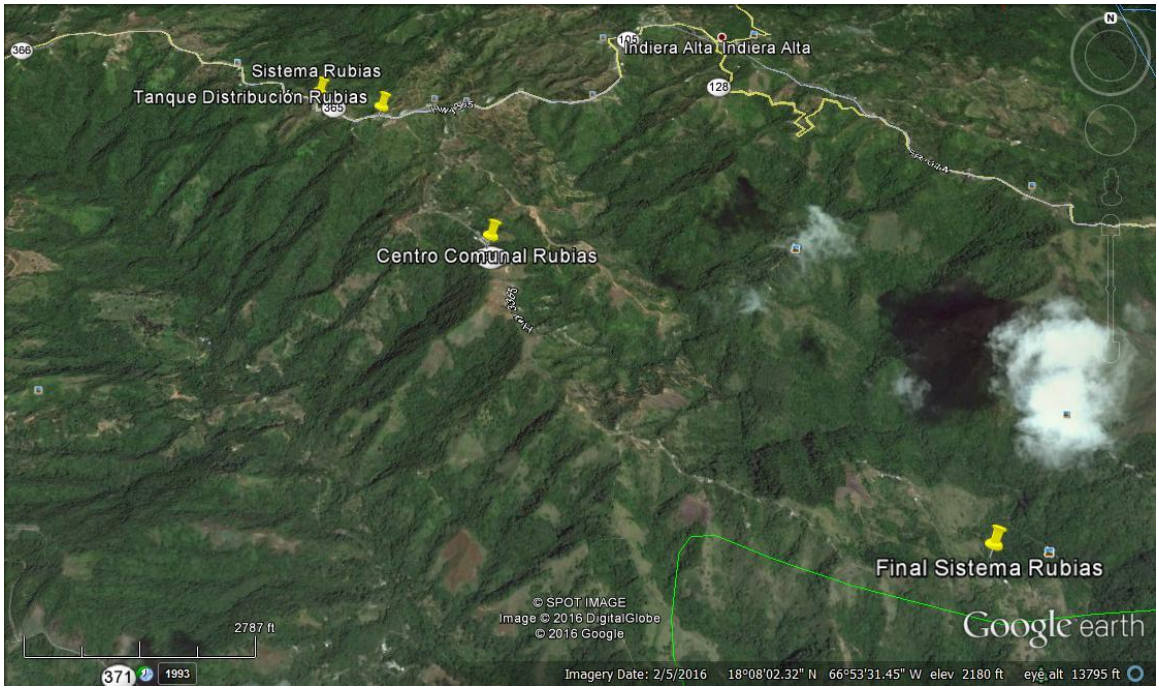


***Figura 6*: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Rubias**

Sistema Mogote

La fuente de agua cruda del sistema Mogote es una fuente superficial de la cual, extraen el agua por gravedad llegando hasta el tanque de bombeo a través de una tubería. Mediante el bombeo, el agua cruda llega hasta el tanque de distribución del cual sirven el agua a la comunidad generalmente sin tratamiento alguno. El sistema consta con un tanque rompe-presiones el cual ayuda al servicio de agua de las partes bajas. A continuación, se presentan fotos sobre los diferentes componentes de este sistema:

Tubería de agua cruda a tanque de bombeo (Fotos tomadas por Natalie Ortiz, 2013 y Glenda Torres, 2015)

Caseta y tanque de aguas crudas

Panel de control de las bombas

Tanque de distribución (tiene tabletero, pero no compran las tabletas de cloro)

Tanque rompe-presiones

En la figura 7 se presenta la extensión del sistema Mogote y donde se encuentran localizado parte de sus componentes.

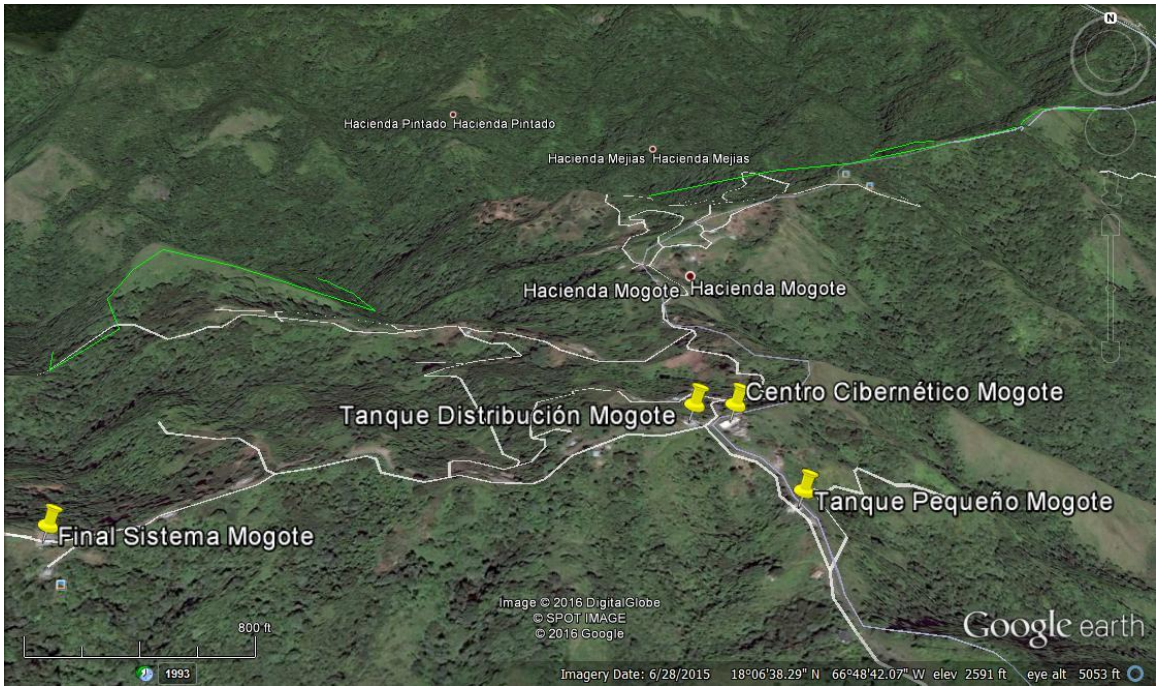


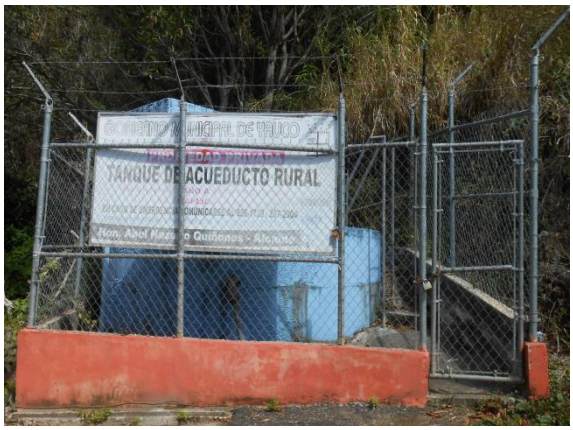
***Figura 7*: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Mogote**

Sistema Cacao

La fuente de agua cruda del sistema Cacao es una superficial la cual es de difícil acceso. El agua llega por gravedad al primer tanque por medio de una tubería. De este tanque sin recibir tratamiento alguno, pasa el agua al tanque 2 del cual por medio de gravedad sirve el líquido a la comunidad. A continuación, se presentan fotos sobre los diferentes componentes de este sistema:

Ruta hacia la toma de agua cruda y tubería por donde llega agua cruda a los tanques de distribución (Fotos tomadas por Natalie Ortiz, 2013 y Glenda Torres, 2015)

Tanques de distribución de agua sin tratamiento ni desinfección



En la figura 8 se presenta la extensión del sistema Cacao y donde se encuentran localizado parte de sus componentes.

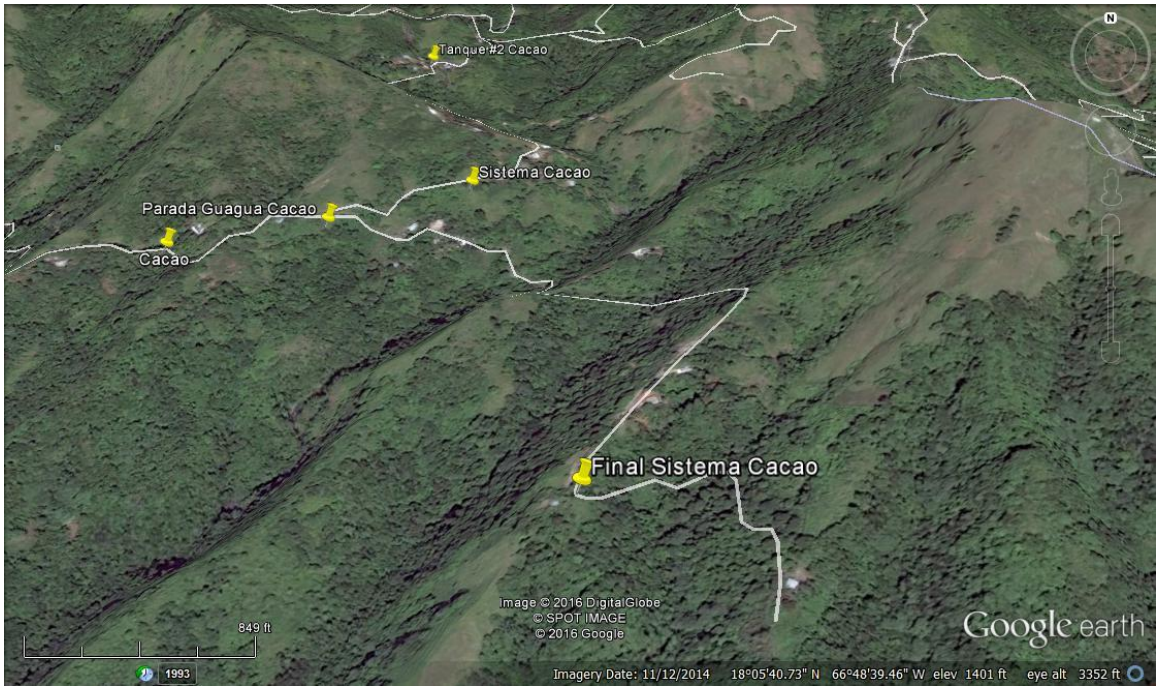


***Figura 8*: Componentes y territorio que abarca el Sistema Non PRASA Cacao**

Se presenta los componentes de los sistemas Mogote y Cacao en un mismo plano en la figura 9.

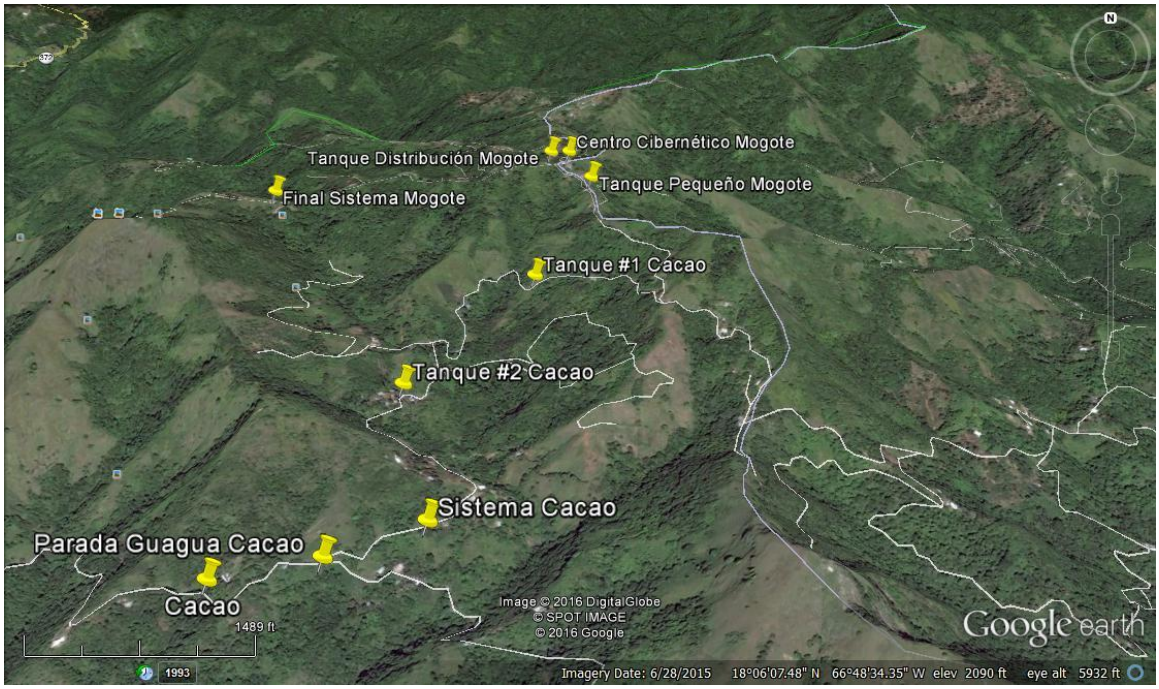
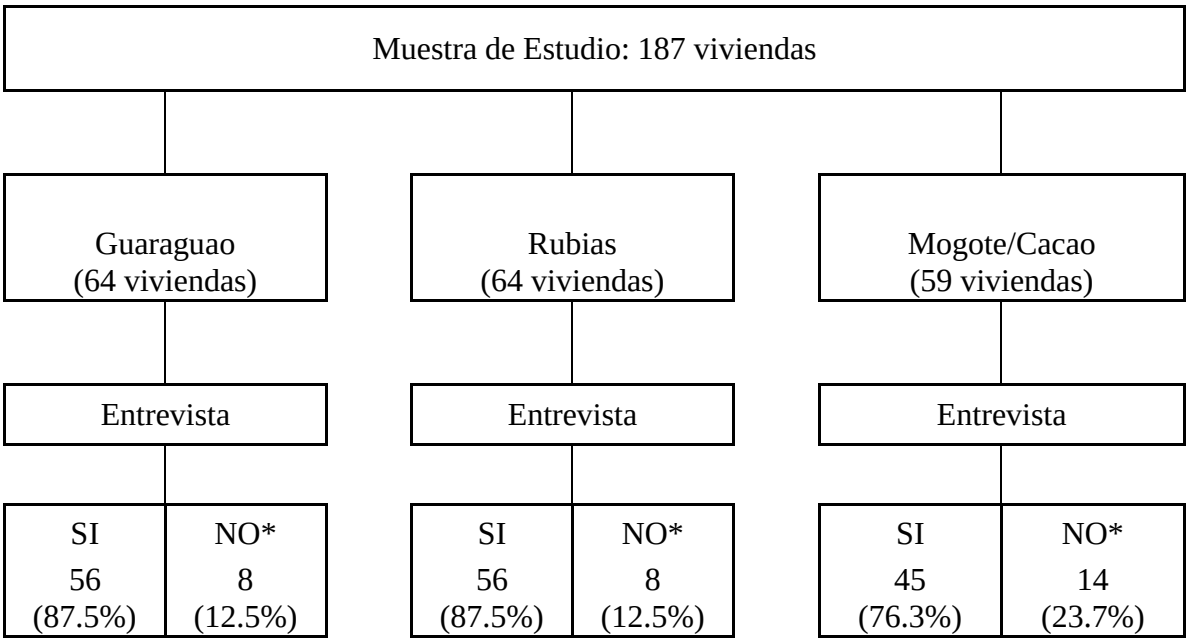


***Figura 9*: Componentes y territorio que abarca el conjunto de los Sistemas Non PRASA Mogote y Cacao**

4.1.2 Participación en el estudio

Los sistemas Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogotes y Cacao fueron visitados para realizar las entrevistas a los residentes de las viviendas seleccionadas. Las viviendas a visitar en cada una de las comunidades se realizaron a través de un muestreo aleatorio simple. Para realizar este proceso de entrevistas, los estudiantes del programa MPH 2016 de la *Ponce Health Sciences University* (PHSU) ayudaron a realizar las mismas durante el mes de abril 2015.

Del total registrado entre los tres grupos de 187 viviendas para entrevistar, se logró 157 entrevistas divididas de la siguiente manera 56 entrevistas en Guaraguao, 56 entrevistas en Rubias y 45 entrevistas entre Mogote y Cacao. El tener un menor tamaño de muestra al propuesto afecta al poder estadístico de la muestra inicial de 80%. Se recalculó el poder estadístico con el tamaño de muestra obtenido al finalizar la investigación dando 70% de poder estadístico. Esta situación da paso a que se afecte el poder detectar diferencias significativas en la investigación ya que se aumenta en un 10% el error tipo 2. A continuación, se presenta un flujograma de la participación obtenida por cada uno de los tres grupos en los que se dividieron los sistemas Non PRASA en estudio (Refiérase a la Figura 10):



* Rechazó la entrevista o no se encontró residentes que cumpliera con los requisitos de inclusión luego de realizar dos visitas

***Figura 10*: Flujograma de los participantes por cada grupo de estudio**

4.1.3 Indicadores de calidad de agua

Se colectaron 50 muestras de agua para realizar el análisis de bacteriología, 30 en Guaraguao, 11 en Rubias y 9 en Mogote y Cacao. El análisis fue realizado por los analistas del Laboratorio de Microbiología de la AAA de Ponce utilizando el método Colilert®. La figura 20 ilustra los resultados de las pruebas bacteriológicas. De las 50 muestras realizadas 35 (70%) resultaron negativas para coliformes totales y coliformes fecales, 4 resultaron positivas para coliformes totales y negativas a coliformes fecales (8%) y 11 muestras resultaron positivas tanto para coliformes totales como para coliformes fecales (22%).

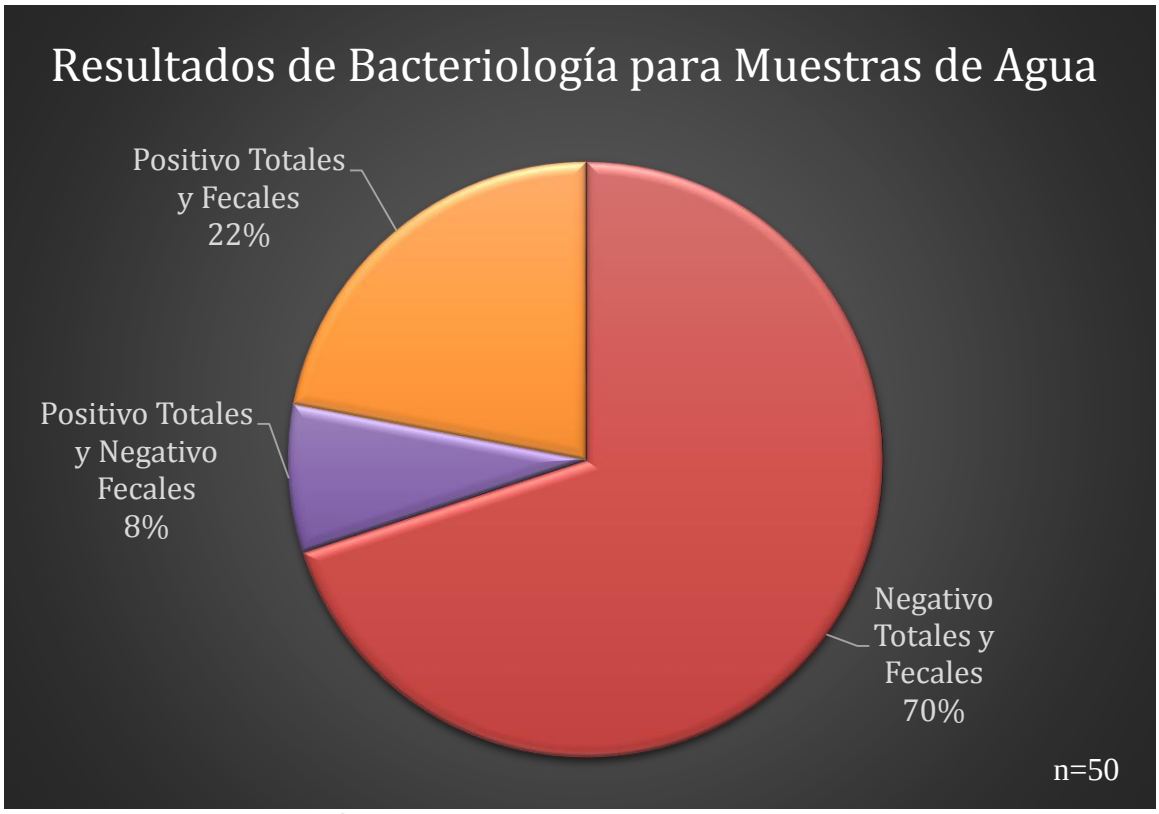


***Figura 11*: Resultados de bacteriología para muestras de agua**

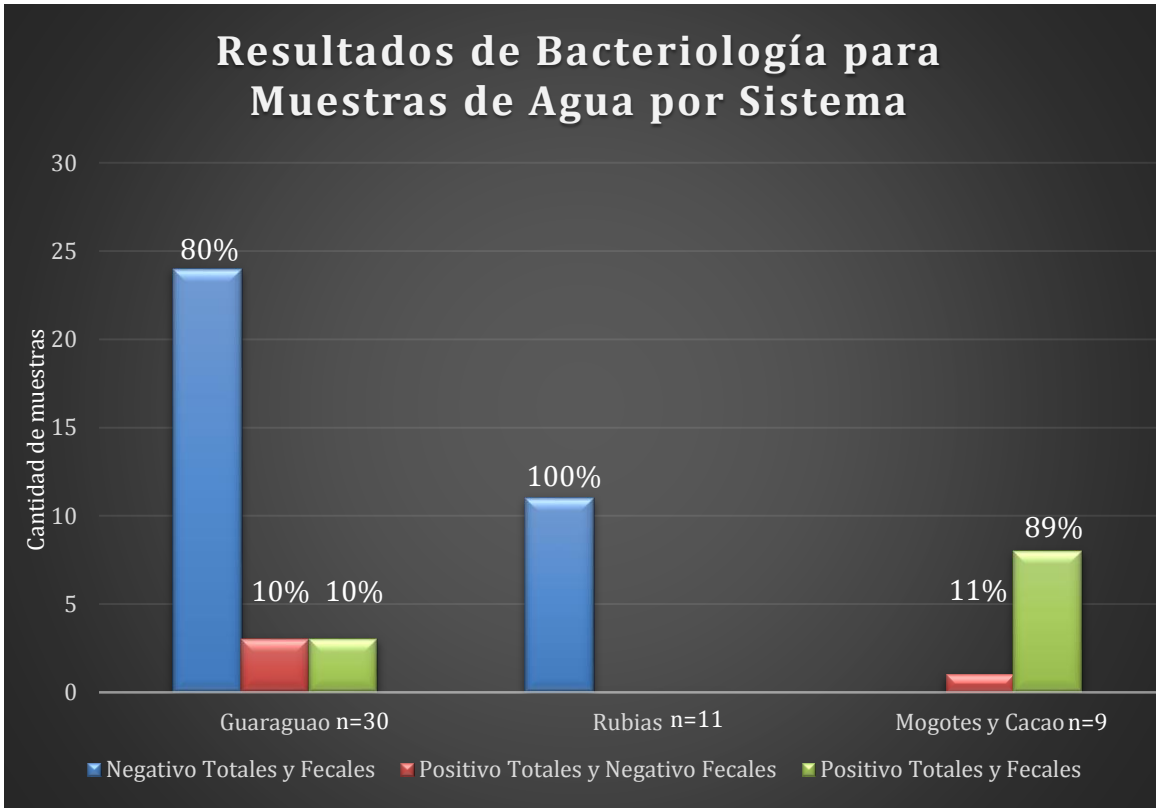


***Figura 12*: Resultados de bacteriología para muestras de agua por sistemas**

En la figura 12, se puede apreciar cual es el cumplimiento bacteriológico para cada uno de los tres grupos en que se dividieron los sistemas. En el sistema Guaraguao se tomó un total de 30 muestras de las cuales 24 (80%) resultaron negativas para coliformes totales y coliformes fecales, 3 (10%) resultaron positivas para coliformes totales y negativas a coliformes fecales y 3 (10%) muestras resultaron positivas tanto para coliformes totales como para coliformes fecales. Por otro lado, en el sistema Rubias se tomaron 11 muestras de agua, de las cuales las 11 (100%) muestras resultaron negativas para coliformes totales y coliformes fecales. Mientras que en el grupo que está compuesto por los sistemas Mogote y Cacao, se tomaron 9 muestras de agua de las cuales 1 (11%) resultó positiva para coliformes totales y negativa a coliformes fecales y 8 (89%) muestras resultaron positivas tanto para coliformes totales como para coliformes fecales.

El análisis para turbiedad y cloro residual fueron medidos para poderlos comparar con los establecidos en la Reglamentación de Agua Potable por la EPA. Los resultados obtenidos para turbiedad y cloro residual en los tres grupos de estudio se resumen en la tabla 10.

Tabla 10:
Indicadores de calidad de agua por sistemas

Parámetro medido	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao (n=30)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias (n=11)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao (n=9)	Valor p**
Turbiedad (NTU):				<0.01
Media	0.95±0.72	2.61±2.73	0.32±0.18	
Mediana	0.74	0.47	0.24	
Moda	0.27*	0.26	0.23	
Mínimo	0.16	0.26	0.20	
Máximo	2.90	6.87	0.77	
Según reglamentación	<0.3 NTU	<0.3 NTU	<0.3 NTU	
Cloro residual (mg/l):				<0.001
Media	0.31±0.35	0.54±0.31	0.02±0.01	
Mediana	0.18	0.63	0.02	
Moda	0.17	0.21*	0.02	
Mínimo	0.00	0.21	0.00	
Máximo	1.60	1.09	0.03	
Según reglamentación	0.20 mg/l – 4.0 mg/l	0.20 mg/l – 4.0 mg/l	0.20 mg/l – 4.0 mg/l	

*Multimodal, se reporta el valor más pequeño
** Prueba Kruskal-Wallis

El sistema Rubias (Grupo 2) obtuvo la turbiedad más alta registrada con un valor de 6.87 NTU. Los rangos de turbiedad más bajos fueron encontrados en los sistemas Mogote y Cacao (Grupo 3) oscilando entre 0.20 NTU hasta un máximo de 0.77 NTU. No obstante, las concentraciones de cloro residual encontradas en el grupo 3 (Mogote y Cacao) fueron las más bajas (0.02 mg/l) al ser comparadas con las concentraciones medias registradas en el grupo 1 (Guaraguao) con un cloro residual promedio de 0.31 mg/l y 0.54 mg/l en el grupo 2 (Rubias). En las muestras analizadas para cloro residual el único sistema que registró constantemente concentraciones de cloro dentro de los parámetros de cumplimiento lo fue el sistema Rubias (grupo 2) con un mínimo de 0.21 mg/l y un máximo de 1.09 mg/l. Utilizando la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis se

puede concluir que al menos una de las medianas es distinta a los otras tanto para turbiedad ($p<0.01$) como para cloro residual ($p<0.001$). Para conocer cuál de los sistemas es el que posee una mediana distinta, se utilizó la prueba post hoc de Dunn para Kruskal-Wallis (IBM, 2015). Esta prueba post hoc reveló que tanto para turbiedad como para cloro los sistemas Mogote y Cacao posee una mediana menor comparado con Guaraguao y Rubias. La Prueba ANOVA no se utilizó ya que no se cumple con la condición de que la variabilidad de las muestras fuera similar (Bellón, 2014). Esto es debido a que la cantidad de muestra por grupo es igual o menor a 30 (Acuña, s.f.).

4.1.4 Perfil sociodemográfico de las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA en estudio

Con el fin de evaluar potenciales efectos de confusión en la evaluación de tratamiento brindado al agua y prevalencia de sintomatología gastrointestinal, se colectó información de las siguientes variables: características demográficas, estilos de vida y características del hogar. La edad reportada entre los entrevistados se distribuye de forma distinta siendo la media de edad de los residentes del sistema Guaraguao mayor a la media de edad de los residentes de los sistemas Mogote y Cacao ($p <0.01$). Además, se encontró una mayor proporción de individuos con 65 años de edad o más en el Grupo 1 (Guaraguao) (42.9%) en comparación con los individuos del Grupo 2 (Rubias) (21.4%) y del Grupo 3 (Mogote y Cacao) (17.8%). Este último grupo representa la mayor cantidad de participantes con una edad de 49 años o menos (62.2%). Las demás características demográficas tales como sexo, educación, estado civil e ingreso mensual, no presentaron diferencias significativas ($p >0.05$) entre las tres comunidades evaluadas. No obstante, la fuente de ingreso reportada en las tres comunidades presenta una diferencia significativa

($p < 0.01$) en donde los participantes de las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA Guaraguao y Rubias indicaron como su fuente principal de ingreso el Seguro Social/ Pensión o Retiro con un 61.1% y 44.6% respectivamente comparado con 13.3% en Mogotes y Cacao; los participantes en este último sistema su fuente principal de ingreso es a través de la ayuda económica del gobierno (71.1%). Además, los participantes de las comunidades en estudio, reportaron tener como plan médico ($p<0.01$) Mi Salud/Reforma constituyendo en Guaraguao el 45.5%, en Rubias el 58.9% y Mogote y Cacao con el 86.7%. Para la significancia estadística de esta variable se utilizó la razón de verosimilitud ya que no requiere que todas las frecuencias esperadas sean mayores de 5 (Rodríguez, 2004).

Los datos de frecuencias de las características demográficas obtenidos de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan a continuación en la tabla 11.

Tabla 11:

Perfil socio-demográfico por grupo de sistema Non PRASA

Características demográficas	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Sexo:				
Masculino	21 (37.5)	18 (32.1)	15 (33.3)	0.824
Femenino	35 (62.5)	38 (67.9)	30 (66.7)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Edad:				<0.01
21-49	17 (30.4)	18 (32.1)	28 (62.2)	
50-64	15 (26.8)	26 (46.4)	9 (20.0)	
65 o más	24 (42.9)	12 (21.4)	8 (17.8)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Educación:				0.426
8vo grado o menos	20 (35.7)	22 (39.3)	23 (51.1)	
9no-12mo	25 (44.6)	24 (42.9)	17 (37.8)	
Asociado o grado más alto	11 (19.6)	10 (17.9)	5 (11.1)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Ingreso Mensual:				0.078
$600 o menos	32 (57.1)	29 (51.8)	33 (73.3)	
$601 o más	24 (42.9)	27 (48.2)	12 (26.7)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Fuente de ingreso:				<0.001
Su Salario/ salario de su pareja/ Negocio propio	4 (7.4)	17 (30.4)	7 (15.6)	
Seguro Social/ Pensión o Retiro	33 (61.1)	25 (44.6)	6 (13.3)	
Ayuda Económica Gobierno	17 (31.5)	14 (25.0)	32 (71.1)	
Total:	54 (100)	56 (100)	45 (100)	
Estado civil:				0.155
Casado/unión consensual	32 (57.1)	36 (64.3)	34 (75.6)	
Soltero/Nunca Casado Divorciado/Separado/ Viudo	24 (42.9)	20 (35.7)	11 (24.4)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Tiempo de residencia:				0.288
20 años o menos	23 (41.1)	25 (44.6)	26 (57.8)	
21-40	19 (33.9)	13 (23.2)	11 (24.4)	
41 o más	14 (25.0)	18 (32.1)	8 (17.8)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Plan Médico:				<0.01**
No tiene plan	4 (7.3)	3 (5.4)	1 (2.2)	
Público (Mi Salud/Reforma)	25 (45.5)	33 (58.9)	39 (86.7)	
Privado/Otro	8 (14.5)	9 (16.1)	5 (11.1)	
Medicare	18 (32.7)	11 (19.6)	0 (0.0)	
Total:	55 (100)	56 (100)	46 (100)	

***Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes

**Likelihood Ratio

Al analizar las variables asociadas a los estilos de vida se encontró que las variables horas que pasa en el hogar durante la semana, veces en que se lavan las manos, la ingesta de medicamentos recetados y el beber agua del grifo no presentó diferencias significativas entre los tres grupos (valor-p >0.05); no así las horas que los residentes están en el hogar durante los fines de semana presentado diferencias significativas (valor-p <0.01) y la percepción que tienen de la calidad del agua (p<0.001) entre los grupos. Los residentes de las comunidades de Guaraguao, Rubias y Mogote y Cacao perciben que la calidad del agua que produce su sistema y luego consumen es entre excelente a buena con un 87.3%, 89.3% y un 57.8% respectivamente. Los datos de frecuencias de las variables sobre estilos de vida de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan a continuación en la tabla 12.

Tabla 12:
Características sobre estilos de vida por grupo de sistema Non PRASA

Estilos de vida	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Horas en hogar durante la semana:				0.317
60 o menos	5 (8.9)	12 (21.4)	8 (17.8)	
61-100	11 (19.6)	14 (25.0)	10 (22.2)	
101 o más	40 (71.4)	30 (53.6)	27 (60.0)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Horas en hogar fines de semana:				<0.01
24 o menos	22 (39.3)	14 (25.0)	5 (11.1)	
25 o más	34 (60.7)	42 (75.0)	40 (88.9)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Lavado de manos:				0.11
5 veces o menos	7 (12.5)	16 (28.6)	10 (22.2)	
6 veces o más	49 (87.5)	40 (71.4)	35 (77.8)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Calidad del agua:				<0.001
Excelente/ Buena	48 (87.3)	50 (89.3)	26 (57.8)	
Regular/ Mala	7 (12.7)	6 (10.7)	19 (42.2)	
Total:	55 (100)	56 (100)	45 (100)	
Medicamentos recetados	35(62.5)	43 (76.8)	29 (64.4)	0.34
Bebe agua del grifo:				0.236
Nunca	18 (32.1)	10 (17.8)	8 (17.8)	
Pocas veces/ A veces	4 (7.1)	9 (16.1)	7 (15.5)	
Casi siempre/ Siempre	34 (60.7)	37 (66.1)	30 (66.7)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	

***Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes

Al evaluar las características del hogar se observó que la frecuencia con que se va el agua en cada uno de los sistemas obtuvo una diferencia significativa ($p<0.01$). En la comunidad que se sirve del sistema Guaraguao reportó que semanalmente se quedan sin servicio de agua al menos un día (39.2%), mientras que en las comunidades de los sistemas Mogote y Cacao reportaron quedarse sin agua en un 48.9% de las veces semanalmente al menos un día a la semana. Los residentes de la comunidad Rubias reportaron quedarse sin agua con una frecuencia anual en el 44.6% de las veces. No

obstante, las demás características del hogar estudiadas como la disposición de aguas usadas en un pozo séptico, la falta de agua en el hogar y el tener filtro en la nevera o el fregadero/ hervir el agua, no presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p>0.05$). Los datos de frecuencias de las características del hogar de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan a continuación en la tabla 13.

Tabla 13:
Características sobre estilos de vida por grupo de sistema Non PRASA

Características del hogar	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Disposición de aguas usadas en pozo séptico privado	50 (89.3)	55 (98.2)	44 (97.8)	0.63
Se va el agua	42 (75.0)	44 (78.6)	35 (77.8)	0.90
Frecuencia con la que se va el agua:				<0.01
No se va	14 (25.0)	12 (21.5)	10 (22.2)	
Semanal	22 (39.2)	13 (23.2)	22 (48.9)	
Mensual	10 (17.9)	6 (10.7)	8 (17.8)	
Anual	10 (17.9)	25 (44.6)	5 (11.1)	
Total:	56 (100)	56 (100)	45 (100)	
Filtro en nevera o fregadero/ Hierve el agua	11 (19.6)	11 (19.6)	17 (37.8)	0.059

*****Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes

De las características demográficas solo se encontró diferencias significativas en edad ($p<0.01$), y las horas que el individuo está en el hogar durante el fin de semana ($p<0.01$). Los residentes del sistema Guaraguao tienen una media de edad de 59.5 años y pasan un promedio de 33.8 horas durante los fines de semana en el hogar. De los tres grupos, Guaraguao registró la media más alta en edad, esto puede tener relación a las horas que pasan los residentes en el hogar sea mayor en el fin de semana. La OMS

(2016), presenta que en un periodo aproximado de 50 años la población de 60 años o más será el doble llegando hasta un 22%. Este cambio se podrá dar de manera más acelerada en países de medianos y bajos ingresos. Esta población tiende a tener estilos de vida más sedentarios y tranquilos por lo que pasan un mayor tiempo de los días en su hogar. El perfil socio-demográfico de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan en la tabla 14.

Utilizando la prueba Post hoc Bonferroni para la comparación del promedio de edad entre los sistemas de agua, se determinó que la media de edad de los residentes de la comunidad del sistema Guaraguao ($x=59.5\pm16.1$) es mayor a la media de edad de los residentes de la comunidad de los sistemas Mogote y Cacao ($x=49.9\pm16.9$) ($p<0.01$). Mientras que, para la media de las horas en el hogar durante el fin de semana, existe una diferencia entre los residentes del sistema Guaraguao ($x=33.8\pm13.4$) y los residentes de los sistemas Mogote y Cacao ($x=42.1\pm9.7$) ($p<0.01$) siendo la media mayor en este grupo. Por lo tanto, hay diferencias notables entre los datos sociodemográficos entre los residentes del sistema que brinda filtración y desinfección al agua en comparación con los residentes de los sistemas que no brindan tratamiento al agua.

Tabla 14:

Medidas de tendencia central para variables socio-demográficas por grupo de sistemas Non PRASA

Variable Sociodemográfica	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao	Valor p**
Edad:				<0.01
Media	59.5±16.1	54.1±13.3	49.9±16.9	
Mediana	62.5	53.5	47	
Moda	45*	52	48	
Mínimo	21	21	21	
Máximo	97	86	95	
Ingreso Mensual:				0.124
Media	$941.29±914.1	$835.93±510.2	$621.31±461.1	
Mediana	$652.00	$700.00	$481.00	
Moda	$600.00	$600.00*	$400.00	
Mínimo	$106.00	$104.00	$64.00	
Máximo	$4000.00	$2000.00	$2000.00	
Tiempo en residencia:				0.430
Media	30.7±23.3	27.9±20.2	25.1±17.9	
Mediana	25	27	20	
Moda	3*	2	20	
Mínimo	1	1	1	
Máximo	91	78	85	
Horas en el hogar durante la semana:				0.103
Media	106.9±23.4	96.2±28.4	102.3±27.2	
Mediana	120	109	120	
Moda	120	120	120	
Mínimo	20	25	20	
Máximo	120	120	120	
Horas en el hogar durante el fin de semana:				<0.01
Media	33.8±14.3	37.8±12.2	42.1±9.7	
Mediana	38	43	48	
Moda	48	48	48	
Mínimo	0	10	12	
Máximo	48	48	48	

*Multimodal, se reporta el valor más pequeño

**Utilizando ANOVA

4.1.5 Sintomatología gastrointestinal presentada en las comunidades servidas por los sistemas Non PRASA en estudio

Se evaluó la sintomatología auto-reportada como padecida en las últimas 24 horas para determinar la prevalencia de punto para cada una de ellas. El síntoma con una mayor prevalencia de punto reportado lo fue la acidez con un 17.9% en Guaraguao, 23.2% en Rubias y 23.9% en Mogote y Cacao ($p>0.05$). No se pudo realizar la prueba de independencia para cada uno de estos síntomas (Canal, s.f.) debido a que algunas frecuencias esperadas eran menores de 5 en más del 20% de las casillas, para la mayoría de los síntomas excepto para acidez y estreñimiento.

El 26.8% de los residentes de Rubias reportó padecer de estreñimiento en las últimas 24 horas. El estreñimiento fue el único síntoma reportado en las últimas 24 horas que pudo ser evaluado estadísticamente. Una mayor proporción de residentes en el Grupo 2 (26.8%) reportó este síntoma comparado con el Grupo 3 (11.1%) y Grupo 1 (7.1%), ($p=0.01$). Los datos de prevalencias reportadas para los diferentes síntomas gastrointestinales en 24 horas de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan en la tabla 15.

Tabla 15:
Prevalencia de síntomas gastrointestinales auto-reportados como padecidos en las últimas 24 horas para cada grupo de sistemas Non PRASA estudiados

Síntomas auto-reportados en las últimas 24 horas	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Dolor de estómago o náuseas que impiden realizar trabajo	1 (1.8)	3 (5.4)	2 (4.4)	
Vómitos	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	
Náuseas	0 (0.0)	3 (5.4)	2 (4.4)	
Dolor de estómago	0 (0.0)	1 (1.8)	2 (4.4)	
Heces negras	0 (0.0)	1 (1.8)	1 (2.2)	
Sangre en excreta	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (2.2)	
Indigestión	0 (0.0)	2 (3.6)	3 (6.7)	
Acidez	10 (17.9)	13 (23.2)	13 (23.9)	n.s.
Estreñimiento	4 (7.1)	15 (26.8)	5 (11.11)	0.01
Calambres estomacales	0 (0.0)	3 (5.4)	2 (4.4)	
3 o más episodios de diarreas	1 (1.8)	2 (3.6)	1 (2.2)	
Sintomatología agrupada‡	2 (3.6)	6 (10.7)	4 (8.9)	

***** Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes n.s.= no significativo

‡Sintomatología agrupada incluye dolor de estómago o nauseas que impiden realizar trabajo, vómitos, náuseas, dolor de estómago, calambres estomacales y 3 o más diarreas

Además, se evaluó la sintomatología auto-reportada como padecida en los últimos 3 meses para determinar la prevalencia de periodo para cada una de ellas. El síntoma con una mayor prevalencia de periodo reportado lo fue la acidez con un 28.6% en Guaraguao, 46.4% en Rubias y 46.7% en Mogote y Cacao, seguido por sintomatología agrupada en los sistemas Guaraguao (17.9%) y Mogote y Cacao (26.7%). En el sistema Rubias padecer de estreñimiento (28.6%) ocupó el segundo lugar. La prevalencia de éstos síntomas y el dolor de estómago fueron similares en los tres grupos ($p>0.05$). Se realizó la prueba chi-cuadrado para cada uno de los síntomas restantes, no obstante, se encontraron frecuencias esperadas menores de 5 en más del 20% de las casillas. Los datos de prevalencias reportadas para los diferentes síntomas gastrointestinales en 3

meses de los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan en la tabla 16.

Tabla 16:
Prevalencia de síntomas gastrointestinales auto-reportados como padecidos en los últimos 3 meses para cada grupo de sistemas Non PRASA estudiados

Síntomas auto-reportados en los últimos 3 meses	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Dolor de estómago o náuseas que impiden realizar trabajo o actividad	1 (1.8)	3 (5.4)	2 (4.6)	
Dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarreas que impiden realizar trabajo o actividad	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (4.4)	
Vómitos	0 (0.0)	4 (7.1)	4 (8.9)	
Dolor de estómago	7 (12.5)	10 (17.9)	8 (17.8)	n.s.
Náuseas más dolor de estómago	2 (3.6)	7 (12.5)	5 (11.1)	
Vómitos con sangre	0 (0.0)	2 (3.6)	0 (0.0)	
Heces negras	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	
Sangre en excreta	0 (0.0)	1 (1.8)	0 (0.0)	
Indigestión	3 (5.4)	6 (10.7)	3 (6.7)	
Acidez	16 (28.6)	26 (46.4)	21 (46.7)	n.s.
Estreñimiento	8 (14.3)	16 (28.6)	9 (20.0)	n.s.
Calambres estomacales	0 (0.0)	4 (7.1)	2 (4.4)	
3 o más episodios de diarreas	3 (5.4)	3 (5.4)	3 (6.7)	
Sintomatología agrupada‡	10 (17.9)	14 (25.0)	12 (26.7)	n.s.

*****Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes n.s.= no significativo

‡Sintomatología agrupada incluye dolor de estómago o nauseas que impiden realizar trabajo o actividad, vómitos, náuseas con dolor de estómago, dolor de estómago, calambres estomacales y 3 o más diarreas

Se presenta en la figura 13, la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en las últimas 24 horas, reportados en los sistemas Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao. En el sistema Guaraguao se registró una prevalencia de 3.6%, Rubias obtuvo una prevalencia de 10.7% y los sistemas Mogote y Cacao registraron una prevalencia de sintomatología gastrointestinal en 24 horas de 8.9%.

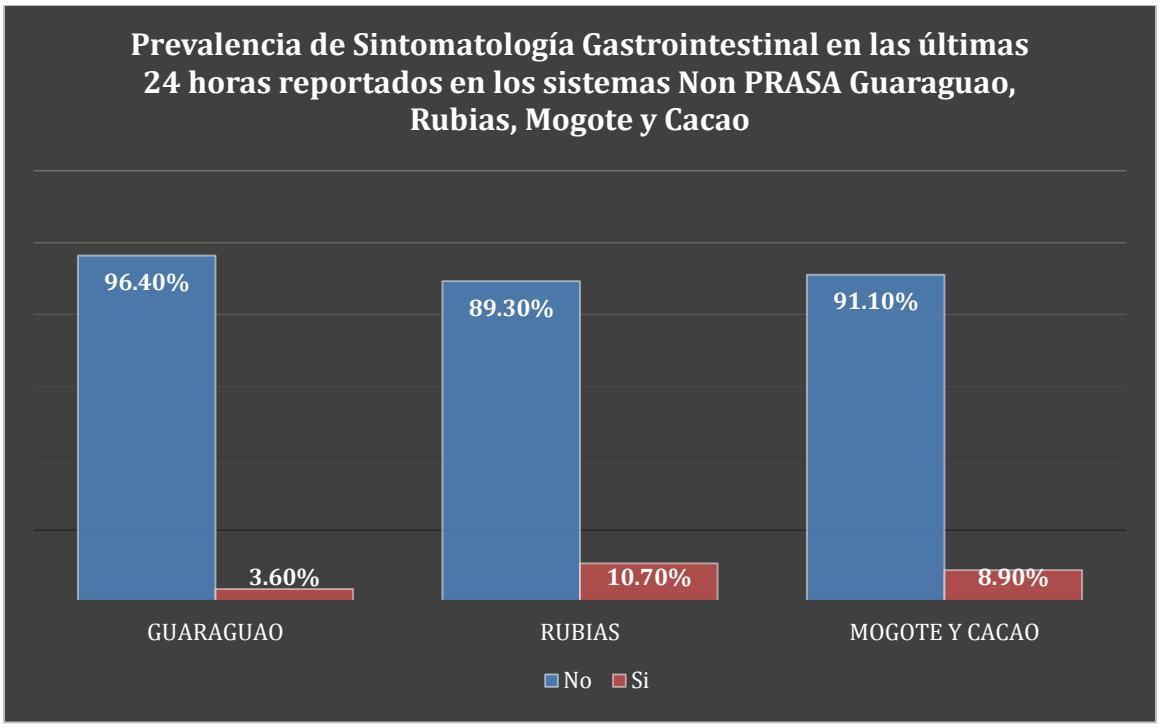


***Figura 13*: Prevalencia de sintomatología gastrointestinal reportada como padecida en las últimas 24 horas para cada grupo de sistemas non PRASA**

En la figura 14, se presenta la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en los últimos 3 meses reportados en los sistemas Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao. La comunidad que se sirve del sistema Guaraguao presentó una prevalencia de sintomatología gastrointestinal en los últimos 3 meses de 17.9%, los residentes de Rubias la prevalencia registrada fue de 25.0% mientras que en las comunidades servidas por los sistemas Mogote y Cacao la prevalencia fue de un 26.7%. Las prevalencias de estos síntomas fueron estadísticamente similares en los tres grupos ($p>0.05$). No obstante, la prevalencia de los sistemas Mogote y Cacao coincide con el hecho de que esta comunidad reportó quedarse sin agua semanalmente en mayor proporción a los residentes de los otros sistemas (Refiérase Tabla 13).

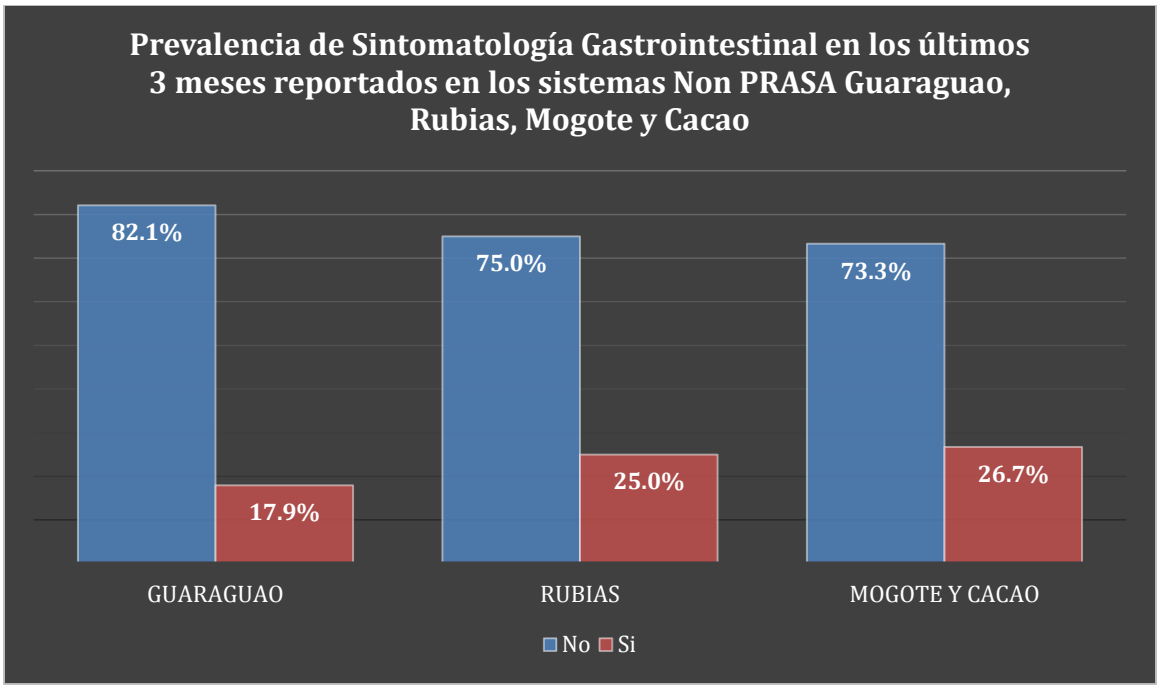


***Figura 14*: Prevalencia de sintomatología gastrointestinal reportada como padecida en los últimos 3 meses para cada grupo de sistemas Non PRASA**

Se realizó un perfil de enfermedades gastrointestinales diagnosticadas prevalecientes en las comunidades estudiadas. De éstas enfermedades la de mayor prevalencia en el sistema Guaraguao lo es la gastritis con un 37.5%, mientras que el reflujo o acidez se presentan en mayor proporción en los sistemas Rubias con 32.1% y Mogote y Cacao con un 40.0%. No obstante, al evaluar la significancia estadística de los síntomas gastritis y reflujo o acidez fueron no significativos ($p>0.05$). Se realizó la prueba chi-cuadrado para cada una de las demás enfermedades diagnosticadas, no obstante, se encontraron frecuencias esperadas menores de 5 en más del 20% de las casillas por lo que no se realizó la prueba de independencia. Los datos de enfermedades gastrointestinales diagnosticados a los participantes de los sistemas Non PRASA Guaraguao (Grupo 1), Rubias (Grupo 2), Mogote y Cacao (Grupo 3) se presentan a continuación en la tabla 17.

Tabla 17:
Prevalencia de enfermedades gastrointestinales auto-reportadas como diagnosticadas por un médico para cada grupo de sistemas Non PRASA estudiados

Enfermedades gastrointestinales diagnosticadas	Grupo 1 Sistema Non PRASA Guaraguao fi (%)	Grupo 2 Sistema Non PRASA Rubias fi (%)	Grupo 3 Sistema Non PRASA Mogote y Cacao fi (%)	Valor-p*
Gastritis	21 (37.5)	10 (17.9)	14 (31.1)	n.s.
Gastroenteritis	2 (3.6)	0 (0.0)	2 (4.4)	
Pólipos	2 (3.6)	2 (3.6)	1 (2.2)	
Úlceras	5 (8.9)	1 (1.8)	3 (6.7)	
Colitis	3 (5.4)	1 (1.8)	1 (2.2)	
Divertículos	5 (8.9)	1 (1.8)	2 (4.4)	
Síndrome del colon irritable	2 (3.6)	2 (3.6)	1 (2.2)	
Reflujo o acidez	16 (28.6)	18 (32.1)	18 (40.0)	n.s.

***** Utilizando Chi cuadrada para muestras independientes

Para analizar los datos de sintomatología reportados para las últimas 24 horas y 3 meses, se tenía programado utilizar el "*Three-level random intercept model*" para realizar el análisis estadístico a tres niveles: el primer nivel o micro nivel se encuentran los individuos encuestados y en el nivel 2 o macro nivel lo compone las viviendas y el nivel 3 son los grupos en que se encuentran divididos los sistemas. Se realizó el análisis del modelo nulo de los niveles vivienda y grupo obteniendo un valor $p > 0.05$. El obtener no significancia estadística indica que los macro niveles no causan un efecto en los datos (Roberson y Pevalin, 2016). Se realizó, además, el cálculo de correlación intra-clase, ICC por sus siglas en inglés, y el valor obtenido fue de 0.00. El ICC mide el grado de dependencia de los individuos en los diferentes niveles del análisis. Una correlación cercana a cero es indicativa de que los sujetos de un mismo grupo son tan diferentes entre sí como los que pertenecen a otros grupos (Murrillo, 2008; Martínez-Garrido y Murrillo, 2014). Al no haber homogeneidad interna en los grupos se entiende que las observaciones son independientes, por tal razón los datos que se obtiene siguen la tendencia de una regresión logística.

En la pasada tabla 17, se observó diferencias significativas ($p<0.01$) en la edad promedio entre los participantes de los sistemas Guaraguao, Rubias, Mogotes y Cacao. Además, la frecuencia con que se va el agua, la calidad del agua, la fuente de ingreso y las horas que los residentes pasan en el hogar durante el fin de semana presentaron ser diferentes entre los tres grupos. Por tal razón, se consideró la edad, la frecuencia con que se va el agua, calidad de agua, fuente de ingreso y horas en el hogar durante el fin de semana como potenciales variables de confusión de la asociación entre el tratamiento que recibe el agua y las variables resultado estudiadas. No obstante, los síntomas auto reportados entre los participantes de los tres grupos, fueron ajustados solo por la edad y se omitieron las variables de frecuencia con que se va el agua, calidad de agua, fuente de ingreso y horas en el hogar durante el fin de semana ya que presentaron problema de colinealidad (Kleinbaum y Klein, 2010; López, 1998) en el modelo de regresión logística utilizado. Este procedimiento se utilizó para el análisis de los síntomas reportados como padecidos en las últimas 24 horas (refiérase a Tabla 18) al igual que para los síntomas reportados como padecidos en los últimos 3 meses (refiérase a Tabla 19).

La magnitud de la asociación de los síntomas gastrointestinales 24 horas no se presentó con una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre los sistemas que solo desinfectan o no utilizan ningún tratamiento, en comparación con utilizar filtración y desinfección en el agua. Esta tendencia de no significancia estadística, se mantuvo al ajustar por edad. A pesar de no presentar significancia estadística, se demuestra que el padecer de acidez tiene 1.70 más posibilidad entre las personas que se sirven agua de los sistemas que no brindan tratamiento que aquellos que consumen agua del sistema que desinfectan o del sistema que filtra y desinfecta. Mientras que los calambres estomacales

se pueden presentar 3.53 veces más en las personas que se sirven del sistema Rubias (solo desinfecta) y 3.08 veces más en personas que se sirven agua de los sistemas Mogote y Cacao (no tratamiento) que los que se sirven del sistema Guaraguao (filtra y desinfecta). La sintomatología gastrointestinal agrupada presentó que las personas que se sirven del sistema que solo desinfecta tienen 3.20 más posibilidad de padecerla que las personas que se sirven de sistema que filtra y desinfecta; el padecer alguno de estos síntomas gastrointestinales tomados en consideración en la variable sintomatología agrupada, las personas que se sirven del sistema que no brinda tratamiento presentan 2.58 veces más posibilidad que los que se sirven agua del sistema que filtra y desinfecta. Los resultados de los Odd Ratio de Prevalencia, POR por sus siglas en inglés, se presentan en la tabla 18.

Al igual que los síntomas gastrointestinales reportados en las últimas 24 horas, la magnitud de la asociación de los síntomas gastrointestinales reportados en los últimos 3 meses, no se presentó con una diferencia estadísticamente significativa ($p>0.05$) entre los sistemas que solo desinfectan o no utilizan ningún tratamiento, en comparación con utilizar filtración y desinfección en el agua. Esta tendencia de no significancia estadística, se mantuvo al ajustar por edad en el modelo de regresión logística.

Tabla 18:

Magnitud de asociación de los síntomas gastrointestinales reportados en las últimas 24 horas y el grupo de estudio

Síntomas gastrointestinales 24 horas	Tratamiento	POR crudo	95% nivel de confianza		Valor p	POR ajustado†	95% nivel de confianza		Valor p
Náuseas	No tratamiento	0.82	0.13	5.14	0.83	0.75	0.12	4.90	0.77
	Desinfección	1.00				1.00			
	Filtración y desinfección				Referente				
Dolor de estómago	No tratamiento	2.56	0.22	29.16	0.45	1.79	0.15	21.97	0.65
	Desinfección	1.00				1.00			
	Filtración y desinfección				Referente				
Dolor de estómago o nauseas que impiden hacer actividad física	No tratamiento	1.26	0.17	9.28	0.82	0.80	0.10	6.34	0.83
	Desinfección	1.53	0.25	9.52	0.65	1.30	0.20	8.31	0.78
	Filtración y desinfección				Referente				
Indigestión	No tratamiento	1.93	0.31	12.07	0.48	1.52	0.23	10.06	0.67
	Desinfección	1.00				1.00			
	Filtración y desinfección				Referente				
Acidez	No tratamiento	1.66	0.67	4.18	0.28	1.70	0.66	4.40	0.27
	Desinfección	1.24	0.50	3.06	0.65	1.25	0.50	3.13	0.63
	Filtración y desinfección				Referente				
Calambres estomacales	No tratamiento	2.56	0.22	29.16	0.45	3.08	0.26	36.93	0.37
	Desinfección	3.11	0.31	30.88	0.33	3.53	0.34	36.24	0.29
	Filtración y desinfección				Referente				
3 o más diarreas	No tratamiento	1.25	0.08	20.56	0.88	0.89	0.05	15.63	0.94
	Desinfección	2.04	0.18	23.13	0.57	1.77	0.15	20.42	0.65
	Filtración y desinfección				Referente				
Sintomatología agrupada‡	No tratamiento	2.63	0.46	15.09	0.28	2.58	0.43	15.39	0.30
	Desinfección	3.24	0.62	16.80	0.16	3.20	0.61	16.82	0.17
	Filtración y desinfección				Referente				

Nota: †Se ajustó por edad, utilizando regresión logística

‡Sintomatología agrupada incluye vómitos, náuseas, dolor de estómago, calambres estomacales, dolor de estómago o nauseas que impiden hacer actividad física y 3 o más diarreas

No obstante, se presentó una posibilidad de padecer náuseas y dolor de estómago al mismo tiempo de 4.31 veces más en los residentes de Mogote y Cacao (no tratamiento) y de 3.94 veces más en los residentes de Rubias (solo desinfecta) al compararlos con los residentes del sistema Guaraguao (filtra y desinfecta). El padecer de dolor de estómago presentó que los residentes de Mogote y Cacao (no tratamiento), tienen 1.44 veces más posibilidad de sufrirlo y los residentes de Rubias (solo desinfecta) tienen 1.39 veces más posibilidad al ser comparados con los residentes que se suplen del sistema Guaraguao (filtra y desinfecta). La sintomatología gastrointestinal agrupada se pude presentar en los residentes de los sistemas Mogote y Cacao (no tratamiento) en 1.64 veces más de posibilidad en comparación con los residentes que se sirven del sistema Guaraguao (filtra y desinfecta). Los resultados de POR, se presentan en la tabla 19.

Se tenía contemplado realizar un análisis espacial utilizando las coordenadas, pero debido a la geografía y acceso de los sistemas estudiados no fue posible tomar estos datos. En estas comunidades la señal telefónica y de internet es casi nula haciendo imposible la recolección de estos datos.

Tabla 19:

Magnitud de asociación de los síntomas gastrointestinales reportados en los últimos 3 meses y el grupo de estudio

Síntomas gastrointestinales 3 meses	Tratamiento	POR crudo	95% nivel de confianza		Valor p	POR ajustado†	95% nivel de confianza		Valor p
Vómitos	No tratamiento	1.27	0.30	5.39	0.75	1.11	0.25	4.90	0.89
	Desinfección	1.00				1.00			
	Filtración y desinfección				Referente				
Náuseas y dolor de estómago al mismo tiempo	No tratamiento	4.15	0.80	21.68	0.09	4.31	0.80	23.32	0.09
	Desinfección	3.86	0.76	19.46	0.10	3.94	0.77	20.15	0.10
	Filtración y desinfección				Referente				
Dolor de estómago	No tratamiento	1.30	0.45	3.78	0.63	1.44	0.48	4.35	0.52
	Desinfección	1.30	0.47	3.59	0.61	1.39	0.50	3.89	0.53
	Filtración y desinfección				Referente				
Indigestión	No tratamiento	1.73	0.37	8.13	0.49	1.77	0.36	8.72	0.48
	Desinfección	2.12	0.50	8.94	0.31	2.16	0.50	9.23	0.30
	Filtración y desinfección				Referente				
Acidez	No tratamiento	2.19	0.96	4.98	0.06	2.11	0.90	4.92	0.09
	Desinfección	2.17	0.99	4.74	0.05	2.12	0.96	4.68	0.06
	Filtración y desinfección				Referente				
Calambres estomacales	No tratamiento	3.93	0.39	39.12	0.24	3.76	0.36	39.18	0.27
	Desinfección	4.23	0.46	39.10	0.20	4.13	0.44	38.67	0.21
	Filtración y desinfección				Referente				
Dolor de estómago o nauseas que impiden hacer actividad física	No tratamiento	2.56	0.22	29.16	0.45	2.50	0.21	30.23	0.47
	Desinfección	3.11	0.31	30.88	0.33	3.08	0.30	31.08	0.34
	Filtración y desinfección				Referente				
3 o más diarreas	No tratamiento	1.26	0.24	6.58	0.78	0.85	0.15	4.71	0.85
	Desinfección	1.00	0.19	5.18	1.00	0.85	0.16	4.50	0.85
	Filtración y desinfección				Referente				
Sintomatología agrupada‡	No tratamiento	1.67	0.65	4.33	0.29	1.64	0.61	4.36	0.32
	Desinfección	1.39	0.55	3.50	0.48	1.37	0.54	3.49	0.50
	Filtración y desinfección				Referente				

Nota: †Se ajustó por edad, utilizando regresión logística

‡Sintomatología agrupada incluye vómitos, náuseas y dolor de estómago al mismo tiempo, dolor de estómago, calambres estomacales, dolor de estómago o nauseas que impiden hacer actividad física y 3 o más diarreas

Capítulo 5

Discusión

5.1 Discusión de los resultados

Este estudio epidemiológico evaluó la prevalencia de la sintomatología gastrointestinal reportada en las últimas 24 horas y los últimos 3 meses en los residentes de las comunidades seleccionadas que utilizan sistemas de agua Non PRASA Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao del municipio de Yauco, asociado al tipo de tratamiento dado al agua que sirve a la población. Al realizar las visitas de campo para la recolección de los datos y de las muestras de bacteriología, se hizo evidente la falta de conocimiento en la operación y mantenimiento del sistema. Las tuberías para poder suplir agua a cada uno de los residentes de las comunidades son en su mayoría en material PVC. La misma va campo traviesa por el terreno, en muchas ocasiones sin protección lo que la hace propensa a roturas y a su vez perder la integridad hidráulica. La pérdida de integridad hidráulica es a consecuencia del deterioro de la tubería por roturas, cambios rápidos en presión y pobre mantenimiento lo que contribuye a problemas en la calidad del agua servida (Bhatta et al., 2007; Goodrich, 2009; Shrivastava et al., 2004). Además, el tener un sistema de distribución con tuberías deterioradas, aunque esté bien operado, puede introducir eventos de agua sucia que pueden aumentar la razón de enfermedades gastrointestinales por agua (Beaudeau, Schwarts y Levin, 2014; Ebacher, Besner, Clément y Prévost, 2012; Lambertini, Borchardt, Kieke, Spence y Loge, 2012).

Con el propósito de conocer el cumplimiento bacteriológico y de indicadores de calidad de cada uno de los sistemas, se tomó un total de 50 muestras de agua. La

cantidad total de muestras se dividió de forma proporcional a la población de cada uno de los tres grupos conformados para este estudio, produciendo una muestra equiprobabilística (Pérez, 2005; Pineda y de Alvarado, 2008).

Los resultados obtenidos para las muestras de bacteriología demostraron una mayor incidencia de muestras positivas en los sistemas Mogote y Cacao. Estos dos sistemas no brindan ningún tipo de tratamiento al agua de distribución, lo que el resultado positivo de las nueve muestras tomadas va acorde con lo establecido en la literatura. Lenntech (2016), presenta que una de las formas efectivas para eliminar microorganismos patógenos como lo son las bacterias coliformes fecales es a través del proceso de desinfección. Además, si estos microorganismos no son eliminados, el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades en la población que la consume. Esto puede ser uno de los factores por el cual la prevalencia de periodo de la sintomatología gastrointestinal fuera mayor en los sistemas Mogote y Cacao en comparación con la prevalencia de periodo registrada en los residentes de los sistemas Guaraguao y Rubias.

Según la OMS (2006), no debe registrarse presencia de bacterias coliformes totales ni de bacterias coliformes fecales o *Escherichia coli* (*E. coli*) en el agua que ingresa al sistema de distribución. Según Estupiñán, Ávila, Celeita y Martínez (2010), la contaminación bacteriológica en el agua ocasiona un deterioro en la calidad de vida de la población y por ende genera un grave problema de Salud Pública. Por esta razón, es importante que el agua de consumo humano esté libre de coliformes fecales o *E. coli* ya que esto es indicativo de presencia de contaminación por excremento o desechos sanitarios reciente en el agua (NCPH, 2009; WHO, 2008). Según WHO (2011), el agua se considera no contaminada cuando cumple con las guías básicas de calidad

microbiológicas como es no encontrar presencia de *E.coli* o coliformes termo-tolerantes en las muestras colectadas. Por otro lado, Herrera (2009), presenta que el 95% de las comunidades rurales Non PRASA no cumplen con las normas bacteriológicas sirviendo agua insalubre a la población. Por tal razón, el proveer algún tratamiento al agua asegura un mayor cumplimiento bacteriológico en el agua potable concordando con los resultados obtenidos.

A las muestras tomadas se les realizó análisis para turbiedad y cloro con la finalidad de conocer el comportamiento de estos indicadores de calidad entre los sistemas. A pesar de que el sistema Guaraguao brinda filtración al agua, obtuvo muestras de turbiedad sobre el valor estándar de 0.3NTU. Esto se puede explicar con el hecho de que la planta de filtración y el sistema en general son atendidos por personas no licenciadas y faltas de conocimiento en la operación y mantenimiento apropiado (Minnigh y Ramírez, 2004; Lee y Schwab, 2005). Los encargados del sistema Guaraguao, realizan las tareas según ellos entienden que son correctas y como el personal anterior les notificó que lo realizaban.

Mientras, el sistema Rubias obtuvo la muestra de turbiedad más alta. Para los días cercanos a las visitas de este sistema, Rubias presentó problemas eléctricos con las bombas que dirigen el agua al tanque de distribución, lo que ocasionó que la comunidad se quedara sin el servicio de agua por varios días. Los cambios de presión que ocurren en la tubería pueden causar desprendimientos de la bio-película de las paredes y sedimentos acumulados que puede explicar el que se genere altas turbiedades (Goodrich, 2009; Szabo y Minamyer, 2014; Loret y Greub, 2010). Además, si los tanques tenían sedimento y no fueron limpiados antes de comenzar a llenarlos de agua nuevamente,

puede generar el levantamiento de estos sólidos por la turbulencia que causa el agua al entrar (Liu et al., 2014).

A diferencia, los sistemas Mogote y Cacao a pesar de no brindar ningún tratamiento al agua, presentaron datos de turbiedad más bajos. Los datos de turbiedad pueden ser explicados por la manera de operar los tanques de distribución en estos sistemas. El encargado del sistema Mogote tiene un racionamiento de agua programado para la comunidad, la cual la divide en tres sectores de racionamiento. Cada uno de estos sectores pasa al menos un día sin agua, pero si es día de lluvia mantiene cerrado el tanque de distribución con el propósito de darle tiempo al tanque a que llene y se asiente los sólidos antes de distribuir. El encargado del sistema Cacao realiza la misma práctica en los días lluviosos. El quedarse sin agua tan frecuentemente causa que los residentes de esta comunidad adopten la práctica de almacenar agua. Esta práctica puede introducir un factor de riesgo adicional a sufrir enfermedades gastrointestinales por almacenamiento inadecuado y reutilización inapropiada (Oswald et al., 2007). Además, Mogote y Cacao no brindan tratamiento al agua por lo que no tiene cloro residual que la proteja de la proliferación de microorganismos patógenos (Craun, 2012).

Según la Reglamentación de Tratamiento de Agua Superficial (SWTR) establecida por la EPA, cada sistema proveedor de agua potable debe tener operadores certificados, se debe tomar muestras para turbiedad y cloro al menos cada cuatro horas, para el parámetro de turbiedad debe cumplir con al menos el 95% de las veces con 0.3NTU o menos y el cloro residual no debe ser menor de 0.20 mg/l en el lugar más distante del sistema ni mayor de 4.0 mg/l (USEPA, 2015). Los sistemas Mogote y Cacao

registraron constantemente valores <0.20 mg/l de cloro residual, debido a que no utilizan ningún método de desinfección ni tratamiento.

El sistema Mogote tiene disponible en el tanque de distribución el tabletero para colocar las tabletas de cloro utilizadas para el proceso de desinfección. Según los datos suministrados por la comunidad, este tabletero solo lo utilizaron cuando fue instalado ya que le proveyeron a la comunidad las tabletas. Al terminar las tabletas donadas, los encargados y la comunidad no realizaron las gestiones para continuar con esta práctica. La situación puede surgir al no tener los recursos económicos necesarios para poder comprar el producto y continuar con el proceso de desinfección en el agua (Trevett, Carter y Tyrrel, 2004). Según Guerrero-Preston et al. (2008) y Minnigh y Toro (2004), presentan que algunos sistemas aun teniendo disponible la infraestructura necesaria para tratar el agua no lo utilizan siendo cónsono con lo que se presenta en el sistema Mogote. Por otro lado, el sistema Cacao no cuenta con un tabletero para poder realizar la desinfección. Este sistema no se encuentra incorporado por tal razón, las autoridades gubernamentales estatales y federales, entiéndase Departamento de Salud y EPA, no le pueden brindar ayuda hasta que realicen el proceso de incorporarse.

No obstante, el sistema Guaraguao a pesar de brindar desinfección al agua, obtuvo valores de cloro residual <0.20mg/l. El sistema Guaraguao es el sistema más grande en población y territorio de los sistemas incluidos en esta investigación. Las muestras con cloro residual <0.20mg/l obtenidas en este sistema concuerdan con los resultados de bacteriología positivos y a su vez coincidió con finales de línea del sistema de distribución. De Sousa, Colmenares y Correia (2008), establecen que el sistema de distribución es de suma importancia para mantener la calidad final del agua. Por tal

razón, es importante realizar desagües o purgas en los puntos del sistema que son finales de línea o puntos muertos. Esta práctica mantiene agua fresca en el sistema evitando la proliferación de bacterias y disminución en las concentraciones de cloro residual.

Tomando en consideración lo anteriormente esbozado, se puede decir que los sistemas estudiados en algún momento han presentado incumplimiento en alguno de los parámetros analizados. No obstante, el sistema Rubias fue el único de los tres grupos que obtuvo todas las muestras de bacteriología con resultados negativos concordando con que en el 100% de ellas se obtuvo resultados de cloro residual sobre 0.20 mg/l. A pesar de esto, el no evidenciar presencia de coliformes en el agua, no es indicativo de no presencia de organismos patógenos (UNICEF y WHO, 2011). Organismos patógenos como *Giardia* y *Cryptosporidium* son más resistentes al proceso de la desinfección (Xiao y Fayer, 2008), a tal extremo que para eliminar el protozoario *Cryptosporidium* del agua, se debe utilizar el proceso de filtración o técnicas de desinfección como lo es luz ultravioleta (Doménech, 2003; Medema et al., 2003).

El perfil sociodemográfico presenta que las comunidades estudiadas poseen una mayor proporción de mujeres, con un nivel escolar similar entre las tres comunidades. La mayoría de los residentes de las comunidades estudiadas devengan ingresos mensuales menores o igual a $600, lo que al año se convierte en un ingreso de $7,200. Se entiende que una persona que vive sola es pobre si recibe $1,006 o menos al mes (U.S. Census Bureau, 2015; Báez, 2016, Caraballo, 20015). Por otro lado, las comunidades de Guaraguao y Rubia presentaron que su fuente principal de ingreso es a través del seguro social/pensión o retiro, lo cual hace sentido ya que la población de estos sistemas es de mayor edad. Mientras, las comunidades de Mogote y Cacao las personas reciben

principalmente su ingreso de ayudas del gobierno, esto puede estar ligado a la baja escolaridad que presentan estos residentes. Se estima que en el 49.5% de los hogares en donde viven niños están bajo los niveles de pobreza y sus fuentes de ingreso principales lo son la ayuda del gobierno y el seguro social (Vera, 2013). La accesibilidad a estas comunidades puede ser uno de los factores para la baja tasa de empleo, la baja escolaridad y la dependencia de las ayudas del gobierno ya que los enajena de los servicios básicos. Esto redunda en un mayor tiempo en las viviendas lo que podría aumentar la exposición al agua potable contaminada.

No obstante, los residentes de Rubias presentan una mayor tasa de empleo por su fuente principal de ingreso. Estos datos sociodemográficos junto al hecho que se registró un bajo nivel de educación en los residentes de las tres comunidades, se pueden extrapolar a la situación de cada sistema de agua. La operación y mantenimiento de los sistemas demanda un alto gasto económico, el cual en los sistemas Mogote y Cacao es imposible atender. A diferencia de los sistemas Guaraguao y Rubias, los sistemas Mogote y Cacao no cobran a sus residentes por el agua que consumen. Según información de los residentes de Mogote y Cacao, no están dispuestos a pagar por el agua que consumen si a la semana están sin agua hasta por tres días consecutivos.

La comunidad de Guaraguao para poder mantener la compra de los químicos utilizados para la potabilización del agua, cobran una mensualidad fija de $15.00 por vivienda que se sirve del sistema. De igual manera, la comunidad Rubias tiene la misma práctica con sus residentes. El generar ingresos por el servicio de agua brindado ayuda de gran manera a tener un mantenimiento de las facilidades del sistema. Por esta razón, los encargados del sistema Rubias pudieron corregir el problema eléctrico que se les

presentó con las bombas que le envían el agua al tanque de distribución. De esta comunidad no haber contado con los recursos económicos, el suplido de agua no les sería posible mantenerlo. No obstante, el municipio de Yauco junto con la Oficina de Servicio al Ciudadano de este municipio son los encargados de los gastos energéticos de estos sistemas para que puedan seguir operando. Además, los sistemas Guaraguao y Rubias realizan muestreos de bacteriología y otros compuestos regulados a través de proveedores privados para cumplir con parte de los requerimientos reglamentarios.

Por otro lado, el objetivo principal de esta investigación era establecer la asociación entre el tratamiento brindado al agua con la prevalencia de sintomatología gastrointestinal en las comunidades Non PRASA estudiadas. Pinheiro (2015) y Serrano (2011) presentan que el consumir agua contaminada o no tratada puede causar acidez o reflujo, dolores estomacales, inflamación del intestino, diarreas y gastritis. Estos síntomas pueden manifestarse por la ingesta de microorganismos patógenos en el agua dentro de los que se encuentran *E. coli, Giardia, Cryptosporidium, Helicobacter pylori (H. pylori)*, entre otros. El sistema Mogote y Cacao no brindan tratamiento al agua. Sus residentes registraron las prevalencias más altas para la acidez, reflujo, sintomatología gastrointestinal agrupada y gastritis. Esto guarda relación con tener una mayor posibilidad de padecer enfermedades gastrointestinales cuando no se brinda tratamiento al agua potable.

El no tener tratamiento el agua o solo tener desinfección puede aumentar la posibilidad de padecer síntomas gastrointestinales en comparación con el sistema que utiliza filtración y desinfección al agua. Entre estos se encuentran el dolor de estómago, los calambres estomacales y el sufrir uno o más de los síntomas gastrointestinales

agrupados en la categoría sintomatología agrupada. La prevalencia de sintomatología gastrointestinal (sintomatología agrupada) en las últimas 24 horas es casi el doble en los sistemas Mogote y Cacao en comparación con el sistema Guaraguao.

La sintomatología gastrointestinal reportada en los últimos 3 meses aumentó más del doble en los síntomas gastrointestinales reportados en comparación con los reportados en las últimas 24 horas. Roubert (2014), expone que la prevalencia de enfermedades gastrointestinales en Puerto Rico reportada es de 21%. Los residentes de los sistemas Rubias y Mogote y Cacao presentaron prevalencias de sintomatología gastrointestinal agrupada mayores a las registradas a nivel de Puerto Rico. Esto presenta una tendencia que a menor tratamiento en el agua mayor la prevalencia de sintomatología gastrointestinal. Esta tendencia se mantiene al medir la magnitud de asociación de la sintomatología gastrointestinal presentando una mayor posibilidad de padecer algún síntoma gastrointestinal en aquellos residentes de sistemas que no tratan el agua en comparación con el sistema que filtra y desinfecta el agua.

Además, se estudió el perfil de salud de enfermedades gastrointestinales prevalecientes en las comunidades de estudio. Tanto en Guaraguao, Rubia como Mogote y Cacao se encontró que la gastritis es la enfermedad gastrointestinal más prevaleciente. La gastritis es una inflamación del revestimiento del estómago que puede ser causada por algunos medicamentos, por tomar demasiado alcohol o por la bacteria *H. pylori* (Eisner, 2016). La bacteria *H. pylori* es considerada como la causa más común de gastritis, úlceras gástricas y duodenales (Fernández-Delgado et al., 2008). Se han propuesto dos rutas de transmisión de este organismo que son fecal-oral, mediante aguas contaminadas y oral- oral mediante la saliva (Leclerc et al., 2002). Según Malaty et al. (2002), *H.*

pylori se presenta con una prevalencia mayor en familias grandes y de escasos recursos económicos y baja escolaridad. Por lo tanto, no se puede descartar que *H. pylori s*e encuentra presente como causante de la alta prevalencia de gastritis en estas comunidades.

Generalmente, los casos de enfermedades gastrointestinales por agua potable no se encuentran bien cuantificados debido a la falta de sensibilidad de los sistemas de vigilancia establecidos y por la falta de estudios epidemiológicos específicos (Ford, 1999; Hillard, Sinclair, Forbes y Fairley, 2001). No obstante, se ha encontrado un aumento en la carga de salud como consecuencia de agentes patógenos oportunistas del agua potable (NRC, 2006). Lo antes descrito se sustenta con estudios epidemiológicos que presentan un aumento en el riesgo de sufrir enfermedades gastrointestinales hasta en un 30%, a pesar de encontrar en el agua potable bajas concentraciones de microorganismos patógenos (Borchardt, Spencer, Kieke, Lambertini y Lage, 2012).

5.1.1 Limitaciones

Los resultados obtenidos pueden estar sujetos a varias limitaciones encontradas en esta investigación:

- No se puede establecer temporalidad ya que es un estudio transversal.
- El tamaño de muestra es pequeño, más estuvo comprometido con el total de viviendas correspondientes a los sistemas Mogote y Cacao. Esto limitó la muestra necesaria. Tamaños de muestra limitados pueden causar una falla en la obtención de los objetivos del estudio (Badii, Castillo y Guillen, 2008).

- No se realizó sobre muestreo por la limitación de viviendas en las comunidades Rubias, Mogote y Cacao.
- La mayoría de los residentes que se negaron a participar de la investigación lo hicieron por temor a que los resultados del estudio se utilizaran como evidencia para cerrar el sistema.
- Los residentes de los sistemas Mogote y Cacao, en su gran mayoría se encuentran emparentados con las personas encargadas de los sistemas. Por tal razón, gran parte de los entrevistados hacia la salvedad que de padecer algún problema de salud o síntoma no se debía al agua por lo que no todos lo reportaban. Esto puede traer un sesgo en los datos informados en estas comunidades.
- Parte de los entrevistados dijeron haber sufrido alguno de los síntomas gastrointestinales tomados en consideración en el estudio, pero en un periodo mayor a 3 meses. Por esta razón, en sus viviendas dejaron de consumir el agua del grifo y utilizan agua embotellada o de otro lugar.
- Posible sesgo de memoria al contestar preguntas de sintomatología gastrointestinal en un periodo de 3 meses.
- Limitaciones de tiempo y económicas que delimitaron los análisis bacteriológicos realizados.

5.2 Conclusión

Los sistemas pequeños (<3,300 personas) tiene una mayor probabilidad de contaminarse y un mayor riesgo de padecer enfermedades transmitidas por el agua, debido al pobre manejo y mantenimiento de sus componentes (Smith et al., 2006; Yip Richardson, 2009). No obstante, Frost et al. (2005) y Swift & Hunter (2004), sugieren que los adultos que viven por muchos años en contacto con el agua contaminada crean inmunidad como resultado de la constante exposición. Esto puede ser una de las explicaciones para los resultados encontrados en este estudio en conjunto con la realidad de trabajar con una muestra limitada. El trabajar con tamaños de muestra limitados hace que el poder encontrar diferencias significativas sea mínimo.

Sin embargo, la investigación nos revela que a pesar de que el sistema brinde tratamiento al agua o no, pueden tener incumplimientos con parámetros bacteriológicos, de turbiedad y de concentración de cloro residual a causa del pobre manejo, control y mantenimiento de sus sistemas de distribución y todos sus componentes. La ignorancia de un riesgo potencial y la falta de adiestramiento y conocimiento de los encargados del sistema de agua, resulta en la posible ocurrencia de brotes causados por enfermedades transmitidas por el agua de forma innecesaria (Hrudey y Hrudey, 2014). No obstante, los residentes de Guaraguao, Rubias, Mogote y Cacao entienden que el agua que sale por su grifo es de buena calidad y se encuentra apta para el consumo. Esta percepción y seguridad del agua que ingieren, aumenta la posibilidad de resultados de salud adversos, manteniendo un problema latente de salud pública (Hunter, Pond, Jagals y Cameron, 2009). Según WHO (2014), el impacto principal a la salud asociado a la ingesta de agua contaminada o no potable es el aumento en la morbilidad y mortalidad de enfermedades

transmitidas por agua, especialmente enfermedades diarreicas. Los residentes pueden disminuir este riesgo si utilizan medidas para tratar el agua en sus hogares como lo es hervir el agua. El hervir el agua es el método más comúnmente utilizado para tratar el agua en las viviendas por su efectividad de reducir los patógenos (Clasen et al., 2008; Clasen, Do, Boisson y Shipin, 2008).

A pesar de no poder hacer generalizaciones más allá de los sistemas estudiados, los resultados plantean que existe un problema de enfermedades gastrointestinales en estos sistemas. Por tal razón, es de suma importancia que se continúen las investigaciones en este campo y se busque la manera de hacer justicia ambiental con los residentes de estas comunidades Non PRASA. Por tal razón, se puede concluir que:

- El sistema Guaraguao, a pesar de utilizar filtración y desinfección debe brindar un mejor mantenimiento a su sistema de distribución para que no se comprometa la calidad del agua en los puntos muertos y finales de línea;
- El no brindar tratamiento al agua (sistemas Mogote y Cacao), resulta en muestras de bacteriología positiva para coliformes totales y fecales;
- El síntoma gastrointestinal más prevaleciente en las últimas 24 horas al igual que en los últimos tres meses fue la acidez, sin embargo, no se detectaron diferencias en la prevalencia de este síntoma en las tres comunidades;
- Los sistemas Mogote y Cacao obtuvieron una mayor prevalencia de sintomatología gastrointestinal tanto en las últimas 24 horas como en los últimos tres meses, en comparación con los residentes que se sirven del sistema Guaraguao. Esto va acorde con los incumplimientos registrados en la

totalidad de las muestras bacteriológicas y de cloro residual en estos sistemas ya que no brindan tratamiento;

- Los residentes de los sistemas Mogote y Cacao presentaron una prevalencia mayor de enfermedad gastrointestinal diagnosticada de reflujo o acidez y gastritis en comparación con los residentes de los sistemas Rubias y Guaraguao, sin embargo, no se detectaron diferencias en la prevalencia de estas enfermedades en las tres comunidades;
- Los residentes que se sirven de los sistemas Mogote y Cacao y el sistema Rubias presentan tener una probabilidad mayor de sufrir sintomatología gastrointestinal tanto en las últimas 24 horas como en los últimos tres meses, al ser comparados con los residentes que se sirven del sistema Guaraguao, sin embargo, no se detectaron diferencias en la prevalencia de estas enfermedades en las tres comunidades.

5.3 Recomendaciones

Se presentan algunas recomendaciones que pueden ser utilizadas para futuras investigaciones.

- Se debe utilizar una mayor cantidad de sistemas Non PRASA para asegurar un tamaño de muestra mayor que ayude a disminuir el error muestral.
- Utilizar comunidades que se sirvan por la AAA para comparar sus prevalencias de sintomatología gastrointestinal contra las prevalencias registradas en comunidades servidas por sistemas Non PRASA.

- Evaluar el conocimiento que los residentes de las comunidades servidas por sistemas Non PRASA tiene de los riesgos de salud asociados a ingerir agua contaminada o que está en incumplimiento con los parámetros establecidos por la EPA y el Departamento de Salud.
- Llevar a cabo prevención primaria realizando campañas de orientación sobre los riesgos de tomar agua contaminada y medidas de prevención caseras para los residentes.

Referencias

Academia Nacional de Ciencias. (2007). *El agua potable segura es esencial*. Recuperado de https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Treatment-Processes.html

Acuña, E. (s.f.). *Pruebas no paramétricas*. Universidad de Puerto Rico Recinto Universitario de Mayagüez. Recuperado de http://academic.uprm.edu/eacuna/miniman11sl.pdf

Agresti, A. (2013). *Categorical data analysis* (3rd Ed.), Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 714pp.

Alamanos, Y., Maipa, V., Levidiotou, S. and Gessouli, E. (2000). A community waterborne outbreak of gastro-enteritis attributed to *Shigella sonnei. Epidemiology & Infection,* 125(3), 499-503.

Álvarez, J. (2008). *Optimización de sistemas de agua potable comunitarios; Propuesta técnica*. Tesis de Maestría del Programa Graduado en Ciencias Ambientales, Universidad del Turabo.

Aquaquimi. (2013). *Desinfección agua potable*. Recuperado de http://www.aquaquimi.com/Paginas/Trat_agua_pot/Desinfeccion%20agua/agua%20potable%20cloro.html

Arnold, B. F. and Colford, J. M. (2007). Treating water with chlorine at point-of-use to improve water quality and reduce child diarrhea in developing countries: a systematic review and meta-analysis. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 76, 354-364.

Ashbolt, N. (2015). *Drinking water and health: Global & US issues*. 11th CECIA-IAUPR Biennial Symposium on Potable Water Issues in Puerto Rico: Emerging issues and threads drinking water and health, IAUPR, Bayamón.

Ashbolt NJ. (2004). Microbial contamination of drinking water and disease outcomes in developing regions. *Toxicology, 198* (3), 229-238.

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). (2010). *Los sistemas de acueductos y la producción de agua potable*. Recuperado de http://www.acueductospr.com//download/folletos/PRODUCCION_AGUA_POTABLE_JUL_2010.pdf

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). (2013). Informe anual: La calidad del agua potable 2013. Recuperado de http://www.acueductospr.com/acctmgnt/CCR/showccr.aspx?selyear=2013&selpwsid=4054

Autoridad de Acueductos y Alcantarillados (AAA). (2014). Plan estratégico 2014-2018. Recuperado de http://www.acueductospr.com/planestrategico/index.htm

Báez, A. (2016). Migración a Estados Unidos baja la tasa de pobreza de Puerto Rico. Recuperado de http://www.elnuevodia.com/noticias/locales/nota/migracionaestadosunidosbajalatasadepobrezadepuertorico-2164399/

Badii, M.H., Castillo, J. y Guillen, A. (2008). Tamaño óptimo de la muestra. *Inn Ovaci Ones de Neg Oci Os*, 5(1), 53-65.

Baggi, F. and Peduzzi, R. (2000). Genotyping of rotaviruses in environmental water and stool samples in southern Switzerland by nucleotide sequence analysis of 189 base pairs at the 5' end of the VP7 gene. Journal of Clinical Microbiology, 38 (*10*), 3681-3685.

Bakieva, M., González Such, J. y Jornet, J. (s.f.). *SPSS: ANOVA de un factor*. Recuperado de http://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf

Bartram, J., Lewis, K., Lenton, R. and Wright, A. (2005). Focusing on improved water and sanitation for health. *Lancet*, 365, 810-812.

Beaudeau, P., Schwartz, J. and Levin, R. (2014). Drinking water quality and hospital admissions of elderly people for gastrointestinal illness in Eastern Massachusetts, 1998–2008. *Water Res*, 52,188–198.

Bellón, J. M. (2014). Prueba ANOVA: comparación de las medias de tres o más grupos. Recuperado de http://epidemiologiamolecular.com/prueba-anova-comparacion-medias-grupos/

Bhatta, D.R., Bangtrakulnonth, A., Tishyadhigama, P., Saroj, S.D., Bandekar, J.R., Hendriksen, R.S., and Kapadnis, B.P. (2007). *Serotyping, PCR, phage-typing and antibiotic sensitivity testing of Salmonella serovars isolated from urban drinking water supply systems of Nepal*. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17576218

Bischoff, J., Domracher, M., Federhen, S., Hotton, C., Leipe, D., Soussor, V., Sterberg, R. and Turner, S. (2005). *Cryptosporidium parvum genome*. NCBI.

Boschi-Pinto, C., Velebit, L. and Shibuya, K. (2008). Estimating child mortality due to diarrhea in developing countries. *Bull World Health Organ*, 86, 710-717.

Borchardt, M.A., Spencer, S.K., Kieke, B.A., Lambertini, E. and Loge, F.J. (2012). Viruses in nondisinfected drinking water from municipal wells and community incidence of acute gastrointestinal illness. *Environ Health Perspect*, 120(9), 1272–1279.

Brandonisio, O. (2006). Waterborne transmission of *Giardia* and *Cryptosporidium*. *Parassitologia*, 48(*1-2*), 91-94.

Brunkard, J. M., Ailes, E., Roberts V.A., Hill, V., Hilborn, E.D., Craun, G. F., … Yoder, J. S. (2011). Surveillance for waterborne disease outbreaks associated with drinking water: United States, 2007-2008. *Morbidity and Mortality Weekly Report,* 60(SS-12), 38-68.

Bryan, M. and Jenkins, S. J. (2013). Regression analysis of country effects using multilevel data: A cautionary tale. Retrieved from https://www.iser.essex.ac.uk/research/publications/working-papers/iser/2013-14

Butler, B. J. and Mayfield, C. I. (1996). *Cryptosporidium* spp.: A review of the organism, the disease and implications for managing water resources. *Waterloo Center for Groundwater Research,* Canada. Retrieved from http://www.colinmayfield.com/biol447/modules/module1/crypto/crypto2.pdf

Caddy, J.F. y Bazigos, G.P. (1998). Orientaciones prácticas para el seguimiento estadístico de la pesca en situaciones de escases de personal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de http://www.fao.org/docrep/003/T0011S/T0011S00.htm

Calderón, A. (2009). El riego de consumir agua contaminada: diarrea, dolor estomacal, nausea y vomito. Recuperado de http://hoy.com.do/el-riesgo-de-consumir-agua-contaminadadiarrea-dolor-estomacal-nauseas-y-vomito/

Canal, N. (s.f.). Comparación de proporciones. Recuperado de http://www.revistaseden.org/files/11-CAP%2011.pdf

Candelaria, S. C. y Martínez, J. (2006). Tesis: *Investigación de las condiciones prevalecientes en los sistemas de agua privados (No-AAA) en el Municipio de Caguas, Puerto Rico y las enfermedades asociadas con el agua potable*. Universidad de Puerto Rico, Recinto de Ciencias Médicas-Escuela Graduada de Salud Pública.

Caraballo, J. (2015). ¿Es Puerto Rico un país pobre?. Recuperado de http://www.elnuevodia.com/opinion/columnas/espuertoricounpaispobre-columna-2064039/

Carvajal, A. C. y Oletta J. F. (2012). *Agentes bacterianos asociados al agua de consumo humano*. Redes de Sociedades Científicas Médica Venezolanas, Noticias epidemiológicas N° *37*.

Centers for Disease control and Prevention (CDC) (2007). Gastrointestinal illness outbreak prevention and control. Recuperado de http://www.cdc.gov/nceh/vsp/training/videos/transcripts/outbreak.pdf

Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) (2001). Riego de enfermedades transmitidas por el agua en zonas rurales. Recuperado de http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsair/e/repindex/repi84/vleh/fulltext/acrobat/agua.pdf

Clasen, T., McLaughlin, C., Nayaar, N., Boisson, S., Gupta, R., Desai, D. and Shah, N. (2008). Microbiological effectiveness and cost of disinfecting water by boiling in semi-urban India. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 79(3), 407-413.

Clasen, T.F., Do, H.T., Boisson, S. and Shipin, O. (2008). Microbiological effectiveness and cost of boiling to disinfect drinking water in rural Vietnam. *Environmental Science and Technology*, 42(12), 4255-4260.

Corso, P., Kramer, M., Blair, K., Addiss, D., Davis, J. and Haddix, A. (2003). Cost of illness in the 1993 waterborne Cryptosporidium outbreak, Milwaukee, Wisconsin. *Emerging Infectious Diseases*, 9(4), 426-431. Doi: 10.3201/eid0904.020417

Craun, G. F. (2012). The importance of waterborne disease outbreak surveillance in the United States. *Ann 1st Super Sanitá*, 48(4), 447-459. Doi: 10.4415/ANN_12_04_11

Cunningham and Seigo. (2001). Environmental Science. New York. Mc Graw-Hill, 6th edition, 254-272.

Dhanoa, A. and Fatt, Q. K. (2009). Non-typhoidal *Salmonella* bacteraemia: Epidemiology, clinical characteristics and its' association with severe immunosuppression. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials,* 8, 15. Doi:10.1186/1476-0711-8-15

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA). (s.f.). El agua y las cuencas hidrográficas. Recuperado de http://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5338930.pdf

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales (DRNA). (2008). Plan integral de recursos de agua de Puerto Rico. Oficina de Plan de Aguas. Recuperado de http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/plan-integral-de-recursos-de-agua-de-puerto-rico/plan-integral-de-recursos-de-agua-de-puerto-rico-2008/

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (1999). Programa de Agua Potable. Reporte de brotes de enfermedades asociadas al agua de Puerto Rico 1976-1998.

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (2004). División de Epidemiología. Sistema de vigilancia de enfermedades de notificación obligatoria en Puerto Rico, 1993-2003. Distribución de casos de gastroenteritis por municipio, Puerto Rico 1999-2003.

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (2007). Procedimientos generales para la toma de muestras de agua potable para análisis químico y radioquímico de contaminantes primarios. *Programa de Certificación de Laboratorios de Higiene*. DS de Puerto Rico Laboratorio de Salud Pública de Puerto Rico.

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (2012*a*). *Informe anual de violaciones de los sistemas públicos de agua potable Puerto Rico 2011*. DS de Puerto Rico División de Agua Potable.

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (2012*b*). Inventario de los sistemas Non PRASA, DS de Puerto Rico División de Agua Potable.

Departamento de Salud de Puerto Rico (DS). (2013). Brotes de enfermedades asociados al agua 1976-2001. DS de Puerto Rico División de Agua Potable.

Departamento de Salud de Puerto Rico. (2013). Sistema Non-PRASA Municipio de Yauco. Muestras bacteriología de vigilancia. División de Agua Potable.

Department of Health, Puerto Rico (DOH) (2004). *Drinking water glossary*. Public Water Supply Supervision Division.

De Sousa, C., Colmenares, M. y Correia, A. (2008). Contaminación bacteriológica en los sistemas de distribución de agua potable: Revisión de las estrategias de control. *Boletín de Malariología y Salud Pública*, 48(1), 17-26.

División de Agua Potable. (2011). *Guía de referencia para reglamentación de agua potable*. Departamento de Salud de Puerto Rico.

División de Agua Potable. (2004). *Informe anual de violaciones a sistemas de agua públicos Puerto Rico – 2004*. Departamento de Salud de Puerto Rico.

División de Salud Pública de Carolina del Norte (NCPH). (2009). *Hoja informativa sobre las bacterias coliformes en los pozos de agua privada*. Recuperado de http://epi.publichealth.nc.gov/oee/docs/Las_Bacterias_Coliformes_WellWaterFactSt.pdf

Doménech, J. (2003). *Crytosporidium* y *Giardia*, problemas emergentes en el agua de consumo humano. *Sanidad Ambiental*, 22(11), 112-116.

Ebacher, G., Besner, M.C., Clément, B. and Prévost, M. (2012). Sensitivity analysis of some critical factors affecting simulated intrusion volumes during a low pressure transient event in a full-scale water distribution system. *Water Res*, 46(13), 4017–4030.

Eisner, T. (2016). *Gastritis*. Medline. Recuperado de https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/001150.htm

Ente Provincial del Agua y de Saneamiento (EPAS). (2010). *Enfermedades hídricas*. Recuperado de http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=150&Itemid=91

Environmental Protection Agency (EPA). (2001, January). *Arsenic and clarifications to compliance and new source monitoring rule: A quick reference guide*. Retrieved of http://water.epa.gov/drink/info/arsenic/upload/2005_11_10_arsenic_quickguide.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2001, May *a*). *Interim enhanced surface water treatment rule: A quick reference guide*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2001_05_23_mdbp_qrg_ieswtr.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2001, May *b*). *Stage 1 Disinfectants and disinfection byproducts rule: a quick reference guide*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2001_05_23_mdbp_qrg_st1.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2001, June *a*). *Filter backwash recycling rule: A quick reference guide*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2001_07_09_mdbp_fbrr_qrg.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2001, June *b*). *Radionuclides rule: A quick reference guide*. Recuperado de http://www.epa.gov/ogwdw/radionuclides/pdfs/qrg_radionuclides.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2002, January). *Long term 1 enhanced surface water treatment rule: A quick reference guide*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2002_04_01_mdbp_lt1eswtr-quick-ref.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2003). *How to conduct a sanitary survey of small water systems: A learner's guide.* Drinking Water Academy, Office of Water. (EPA 816-R-03-012).

Environmental Protection Agency (EPA). (2004, June). *Understanding the Safe Drinking Water Act*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/guidance/sdwa/upload/2009_08_28_sdwa_fs_30ann_sdwa_web.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2004, August). *Comprehensive surface water treatment rules quick reference guide: Systems using conventional or direct filtration*. Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/mdbp/upload/2005_05_11_mdbp_qrg_mdbp_surfacewatertreatment_convent_direct.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2005, June). *Long Term 1 & 2: Enhanced surface water treatment rule (LT1, LT2).* Recuperado de http://www.epa.gov/

Environmental Protection Agency (EPA). (2005, December). *Fact Sheet – Long term 2 Enhanced surface water treatment rule.* Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/lt2/upload/2005_12_15_disinfection_lt2_fs_lt2_finalrule.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2006**,** June *a*). *Long Term 2 Enhanced surface water treatment rule: A quick reference guide for schedule 4 systems.* Recuperado de http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/lt2/pdfs/qrg_lt2_qrg_sch4_final.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2006, June *b*). *Stage 2 Disinfectants and disinfection byproducts rule: A quick reference guide for schedule 2 systems.* Recuperado de http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/stage2/pdfs/qrg_stage_2_dbpr_qrg_sch2_final.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2008**,** June). *Lead and copper rule: A quick reference guide.* Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/lcr/upload/LeadandCopperQuickReferenceGuide_2008.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2009**,** August). *Consumer confidence report rule: A quick reference guide.* Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/ccr/upload/guide_qrg_ccr_2011.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2010**,** March *a*). *Total coliform rule: A quick reference guide.* Recuperado de http://www.epa.gov/ogwdw/disinfection/tcr/pdfs/qrg_tcr_v10.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2010**,** March *b*). *Ground water rule: A quick reference guide.* Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/gwr/upload/grg_gwr.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2003). *El agua del grifo lo que usted debe saber.* Recuperado de http://water.epa.gov/drink/guide/upload/book_waterontap_enespanol_full.pdf

Environmental Protection Agency (EPA). (2012, Marzo *a*). *Estándares del Reglamento Nacional Primario de Agua Potable.* Recuperado de http://water.epa.gov/drink/agua/estandares.cfm

Environmental Protection Agency (EPA). (2012, Marzo *b*). *Water: Surface water treatment rule.* Recuperado de http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/swtr/

Environmental Protection Agency (EPA). (2012, Abril 20). *EPA en español: Glosario.* Recuperado de http://www.epa.gov/espanol/glosario/terminos_a.html

Environmental Protection Agency (EPA). (2012, Mayo 9). *Basic information about pathogens and indicators in drinking water.* Recuperado de http://water.epa.gov/drink/contaminants/basicinformation/pathogens.cfm

Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA). (1997). *Ley para proteger la pureza de las aguas potables de Puerto Rico: Ley núm. 5 de 21 de julio de 1977, según enmendada hasta el 1997.* Recuperado de http://www.lexjuris.com/LEXMATE/ambiental/lexaguapotable.htm

Estado Libre Asociado de Puerto Rico (ELA). (2004). *Ley sobre política pública ambiental: Ley Núm. 416 de 22 de septiembre de 2004 (P. de la C. 4790).* Recuperado de http://www.lexjuris.com/lexlex/leyes2004/lexl2004416.htm

Estupiñán, S., Ávila, S., Celeita, D. y Martínez, E. (2010). Control bacteriológico del agua de la red de distribución "acueducto de las veredas Nápoles, Ponchos y Sebastopol" en San Antonio de Tequendama. *NOVA Publicación científica en ciencias biomédicas*, 8(14), 220-228.

Fereres, E. (1996). *De aquí a 2025 la escasez de agua será una de las grandes causas de conflicto*. Recuperado de http://www.elmundo.es/magazine/m14/textos/agua1.html

Fernández-Crespo, J. y Garcés-Andreu, P. (2003). *Guía de trabajo en el aula para Educación Secundaria: El agua, un recurso indispensable*. Recuperado de http://www.ayudaenaccion.org/contenidos/documentos/El%20agua%20un%20recurso%20indispensable.pdf

Fernández-Delgado, M., Contreras, M., García-Amado, A., Michelangeli, F. y Suárez, P. (2008). Evidencia de la transmisión acuática de *Helicobacter pylori*. *Interciencia*, 33(6), 412-417.

Fernández-Jáuregui, C. y Crespo-Milliet, A. (2008). El agua, recurso único. *El derecho humano al agua: situación actual y retos de futuro,* 19-38.

Ford, T.E. (1999). Microbiological safety of drinking water: United States and global perspectives. *Environ Health Perspect*, 107 (Suppl 1), 191–206.

Fournier, B. (2006). *Gestión del riesgo sanitario en la regeneración del agua*. Universidad Politécnica de Cataluña: Tesina de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3307/1/54986-1.pdf

Friedman, C.R., Hoekstra, R.M., Samuel, M., Marcus, R., Bender, J., Shiferaw, B., … Tauxe, R. V. (2004). Risk factors for sporadic *Campylobacter* infection in the United State: A case-control study in FoodNet sites. *Clinical Infect. Disease*, 38 (Suppl 3), S285- S296.

Frost, F.J., Robert, M., Kunde, T. R., Craun, G., Tollestrup, K., Harter, L. and Muller, T. (2005). How clean must our drinking water be: The importance of protective immunity. *J Infect Dis*, 191(5), 809-814.

García, A. M., Fernández, C., López, C., García, P. y Marín, P. 2004. Brotes Epidémicos de Criptosporidiosis. *Boletín de Control de Calidad SE, MC*, 16 (1), 29-35.

Ghose, A. C. (2011). Lessons from cholera & *Vibrio cholera*. *Indian Journal of Medical Research*, 133(*2*): 164–170.

Gibson, K. E., Opryszko, M. C., Schissler, J. T., Guo, Y. and Schwab, K. J. (2011). Evaluation of human enteric virus in surface water and drinking water resources in Southern Ghana. *Am. J. Trop. Med. Hyg*., 84(*1*), 20-29. Doi: 10.4269/ajtmh.2011.10-0389

González, C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua: La turbiedad. Servicio de Extensión Agrícola. Recuperado de http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-859/maguaturbidez.pdf

Goodgame, R. (2003). Emerging causes of traveler's diarrhea: *Cryptosporidium, Cyclospora, Isospora* and *Microsporidia*. Current Infectious Disease Reports, 5(*1*), 66-73.

Goodrich, J. A. (February, 2009). *Research needs on water infrastructure adaptation to climate change*. 8th CECIA-IAU Biennial Symposium on Potable Water Issues in Puerto Rico: Science, Technology and Regulation, Universidad Interamericana de Bayamón

Gordis, L. (2009). *Epidemiology* (4th Ed.). Philadelphia: Saunders Elsevier.

Guerrero-Preston, R., Norat, J., Rodríguez, M., Santiago, L. y Suárez, E. (2008). Determinants of compliance with drinking water standards in rural Puerto Rico between 1996 and 2000: a multilevel approach. *PRHSJ*, 27(3), 229-235.

Hassan, E., Ramos, M., Cádiz, J. & García, E. (2010). Outbreak of Cyclosporiasis in a rural community in Puerto Rico, April 2008. *International Conference on Emerging Infectious Diseases.* Atlanta GA, July 11-14, 2010. Poster.

Hellard, M.E., Sinclair, M.I., Forbes, A.B. and Fairley, C.K. (2001). A randomized, blinded, controlled trial investigating the gastrointestinal health effects of drinking water quality. *Environ Health Perspect*, 109(8), 773–778.

Herrera, M. (2009). *Development of a decision support tool to ensure safe drinking water in Non-PRASA communities in Puerto Rico* (Master Theses). University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. Retrieved of http://grad.uprm.edu/oeg/ENGLISH/ThesesDissertations/IngenieriaCivil/#2009

Herwaldt, B. L. (2000). *Cyclospora cayetanensis*: A review, focusing on the outbreaks of cyclosporiasis in the 1990s. *Clinical Infectious Diseases*, 31(*4*), 1040-1057.

Hill, D. R. (2000). Health problems in a large cohort of Americans traveling to developing countries. *Journal of Travel Medicine*, 7(*5*), 259-266. Doi: 10.2310/7060.2000.00075

Hrudey, S.E. and Hrudey, E.J. (2014). Ensuring safe drinking water: learning from frontline experience with contamination. Denver (CO): American Water Works Association. *Reviews key waterborne outbreaks and describes errors responsible*.

Hunter, P. R., Pond, K., Jagals, P. and Cameron, J. (2009). An assessment of cost and benefits of interventions aimed at improving rural community water supplies in developed countries. *Sci Total Environm*, 407(12), 3681-3685.

Hunter, P. R., Ramírez-Toro, G. I. & Minnigh, H. A. (2010). Impact on diarrheal illness of a community educational intervention to improve drinking water quality in rural communities in Puerto Rico. *BMC Public Health*, 10, 219-228.

IBM (2015). *Can SPSS perform a Dunn's nonparametric comparison for post hoc testing after Kruskal-Wallis test?* Retrieved from http://www-01.ibm.com/support/docview.wss?uid=swg21479073

IBM (s.f.). *ANOVA de un factor: Contrastes post hoc*. Recuperado de http://www.ibm.com/support/knowledgecenter/SSLVMB_22.0.0/com.ibm.spss.statistics.help/spss/base/idh_onew_post.htm?lang=es

Junta de Calidad Ambiental (JCA) (2013). *Informe integrado 305(b)/303(d)*. División de Planes y Proyectos Especiales, Área de Evaluación y Planificación Estratégica. Recuperado de http://www2.pr.gov/agencias/jca/Documents/Areas%20Program%C3%A1ticas/Evaluaci%C3%B3n%20y%20Planificaci%C3%B3n%20Estrat%C3%A9gica/Divisi%C3%B3n%20de%20Planes%20y%20Proyectos%20Especiales/Informe%20Integrado%20305(b)-303(d)%20para%20el%202012/2012%20Reporte%20Final%20305(b)%20303(d)%20revisado%20en%20Febrero%202013.pdf

Kerri, K. (1996). *Water treatment plant operation volume I: A field study training program*. California State University/USEPA.

Kleinbaum, D .G. and Klein, M. (2010). *Logistic regression: a self-learning test, Statistics for biology and health* (3er ed.). Doi: 10.1007/978-1-4419-1742-3

Lambertini, E., Borchardt, M.A., Kieke, Jr. B.A., Spencer, S.K. and Loge, F.J. (2012). Risk of viral acute gastrointestinal illness from nondisinfected drinking water distribution systems. *Environ Sci Technol*, 46(17), 9299–9307.

Leav, B. A., Mackay, M. and Ward, H.D. (2003). *Cryptosporidium* species: new insight and old challenges. *Clinical Infectious Diseases*, 36(*7*), 903-908. Doi: 10.1086/368194.

Leclerc H., Schwartzbrod L., & Dei-Cas E. (2002). Microbial agents associated with waterborne diseases. *Crit Rev Microbiology, 28*(4), 371-409.

Lee, E. J. and Schwab, K. J. (2005). Deficiencies in drinking water distribution systems in developing countries. *J Water Health,* 3(2), 109-127.

Lenntech. (2016). *¿Qué es la desinfección del agua?* Recuperado de http://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm

Liu, G., Bakker, G.L., Li, S., Vreeburg, J.H., Verberk, J.Q., Medema, G.J., … Van Dijk, J.C. (2014). Pyrosequencing reveals bacterial communities in unchlorinated drinking water distribution system: an integral study of bulk water, suspended solids, loose deposits, and pipe wall biofilm. *Environ Sci Technol,* 48(10), 5467–5476.

Liu, L., Johnson, H., Cousens, S., Perin, J., Scott, S., Lawn, J., … Black, R. E. (2012). Global, regional, and national causes of child mortality: an updated systematic analysis for 2010 with time trends since 2000. *Lancet,* 379, 2151-2161. Doi: 10.1016/S0140-6736(12)60560-1

López, E. (1998). Tratamiento de la colinealidad en regresión múltiple. *Psicothema,* 10(2), 491-507.

Loret, J.F. and Greub, G. (2010). Free-living amoebae: biological by-passes in water treatment. *Int J Hyg Environ Health*, 213(3), 167–175.

LRV Environmental, Inc. (2003). *Manual de Tratamiento para Operación de Plantas de Agua Potable*. Capítulo 2, 20-21.

Maas, C. J. M. and Hox, J. J. (2005). Sufficient sample sizes for multilevel modeling. *Methodology*, 1(3), 86-92. doi: 10.1027/1614-2241.1.3.86

Malaty, H. M., El-Kasabany, A., Graham, D. Y., Miller, C. C., Reddy, S. G., Srinivasan, S. R., Yamaoka, Y. and Berenson, G. S. (2002). Age at acquisition of *Helicobacter pylori* infection: a follow-up study from infancy to adulthood. *Lancet*, 359(9310), 931-935.

Mara, D. (2003). Water, sanitation and hygiene for the health of developing nations. *Public Health*, 117, 452-456.

Martí, J., Renta, R., y Velázquez, C. (2010). *Actualización del inventario sistemas de acueductos independientes en Puerto Rico ("Non-PRASA").* Recuperado de http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/martir.pdf

Martínez, A. (2015). *Chi-cuadrado Pruebas estadísticas de SPSS*. Recuperado de http://www.spssfree.com/curso-de-spss/tablas-de-spss/chi-cuadrado-estadisticos-en-tablas.html

Martínez-Garrido, C. y Murrillo, F. J. (2014). Programas para la realización de Modelos Multinivel: Un análisis comparativo entre MLwiN, HLM, SPSS y Stata. *Revista Electrónica de Metodología Aplicad*a, 19(2), 1-24.

Martínez, J. (2013). Cómo realizar Encuestas Sanitarias de sistemas pequeños de agua (Non PRASA) para propósitos académicos. División de Protección Ambiental del Caribe (USEPA)

Medema, G.J., Payment, P., Dufour, A., Robertson, W., Waite, M., Hunter, P., … Andersson, Y. (2003). *Safe drinking water: An ongoing challenge*. World Health Organization and the Organization for Economic Co-operation and Development. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/222088977_Safe_drinking_water_an_ongoing_challenge

Merrill, R. M. and Timmreck, T. C. (2006). *Introduction to epidemiology* (4th Ed.). Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers.

Minnigh, H. A. and Ramírez Toro, G. I. (2004). *Regulation and financing of potable water systems in Puerto Rico, A study in failure in governance*. Good Water Governance for People and Nature: What Roles or Law, Institutions, Science and Finance, Dundee, Scotland, UK, American Water Resources Association and International Water Law Research Institute, University of Dundee

Muñoz, S. R. (2012). *Taller: Análisis de datos multinivel*. CIGES & Departamento de Salud Pública, Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera. Recuperado de http://upchmed.pe/red_cochrane_peru/wp-content/uploads/2012/09/Taller_3_Modelaje_en_Bioestad%C3%ADstica_An%C3%A1lisis_Multinivel_Parte_1_Dr.Mu%C3%B1oz1.pdf

Murillo, F.J. (2008). Los Modelos Multinivel como herramienta para la investigación educativa. *Magis, Revista Internacional de Investigación Educativa*, 1(1), 45-62.

Natch, K.J., Bloomfield, S.F. and Jones, M. (2006). *Household water storage, handling and point-of-use treatment: A review commissioned by IFH*. Retrieved of http://www.ifhhomehygiene.org

National Research Council (NRC). (2006). Drinking water distribution systems: assessing and reducing risks. Committee on Public Water Supply Distribution Systems: assessing and reducing risks. Water Science and Technology Board, Division on Earth and Life Studies, National Research Council of the National Academies. Washington, DC: *The National Academies Press*; 2006. Doi: 10.17226/11728. Retrieved from http://www.nap.edu/catalog/11728/drinking-water-distribution-systems-assessing-and-reducing-risks

Negociado del Censo de los EE. UU. (2012). *Puerto Rico: 2010, recuento de población y unidades de vivienda: Censo de población y vivienda del 2010*. Recuperado de http://www.census.gov/prod/cen2010/cph-2-53sp.pdf

Oregon Health Authority (OHA) (2014). *Public water systems, definitions*. Oregon administrative rules, Public Health Division. Retrieved of https://public.health.oregon.gov/HealthyEnvironments/DrinkingWater/Rules/Documents/pwsrules.pdf

Orellana, J. A. (2005). *Abastecimiento de agua potable*. Ingeniería ambiental. Recuperado de https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_05_Abastecimiento_de_Agua_Potable.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2006). *Guías para la calidad del agua potable Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1: Recomendaciones*. Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_intro.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). *Valoración económica de los recursos hídricos.* Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Recuperado de http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/valuing-water/

Organización Mundial de la Salud (OMS). (Agosto, 2009). *Enfermedades diarreicas*. Centro de prensa, Nota descriptiva N°330. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2011). *Estadísticas Sanitarias Mundiales 2011.* Recuperado de http://www.who.int/whosis/whostat/ES_WHS2011_Full.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2012). *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).* Nota descriptiva No. 290. Recuperado de http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs290/es/index.html

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2013). *Agua potable salubre y saneamiento básico en pro de la salud.* Recuperado de http://www.who.int/water_sanitation_health/mdgl/es/.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2016). *Envejecimiento y ciclo de vida*. Recuperado de http://www.who.int/ageing/about/facts/es/

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2011). *Agua y Saneamiento: Evidencia para políticas públicas con enfoque en derechos humanos y resultados en salud pública.* Recuperado de http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=15994&Itemid=

Oswald, W.E., Lescano, A.G, Bern, C., Calderón, M. M., Cabrera, L. and Gilman, R.H. (2007). Fecal contamination of drinking water within peri-urban households, Lima, Perú. *Am J Trop Med Hyg*, 77(4), 699-704.

Pan American Health Organization (PAHO). (2007). *Health in the Americas Vol. II-Countries*. Retrieved from http://ais.paho.org/hia_cp/en/2007/Puerto%20Rico%20English.pdf

Pan American Health Organization (PAHO) & World Health Organization (WHO). (2012). *Health in the Americas 2012.* Retrieved from http://www.paho.org/saludenlasamericas/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=43&lang=en

Pérez, C. (2008). *Muestreo estadístico, Conceptos y problemas resueltos*. Pearson Prentice Hall, 374pp.

Peter-Varbanets, M., Zurbrugg, C., Swartz, C. and Pronk, W. (2009). Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Water Research*, 43 (*2*), 245-265. Doi: 10.1016/j.watres.2008.10.030

Pineda, E. y de Alvarado, E. (2008). *Metodología de la Investigación. Organización Panamericana de la Salud*. Tercera Edición, 260pp.

Pinheiro, O. (2015). *Helicobacter pylori*- Síntomas y tratamiento. Recuperado de http://www.mdsaude.com/es/2015/10/helicobacter-pylori.html

Pontius, F. W. (2003). *Environmental justice and drinking water regulations, in Drinking Water Regulation and Health* (ed F. W. Pontius), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. Doi: 10.1002/0471721999.ch21

Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades (PROAPAC). (2009). *Compendio Informativo sobre Enfermedades Hídricas*. Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 5-43.

Peter-Varbanets, M., Zurbrugg, C. Swartz, C. and Pronk, W. (2008). Decentralized systems for potable water and the potential of membrane technology. *Water Res*, 43(2), 245-265.

Puerto Rico Aqueduct and Sewer Authority (PRASA). (2007). *Non-PRASA Systems Layer*. Departamento de Infraestructura.

Quiñones, F. (2010). *Disponibilidad, condición y manejo de los recursos de agua de Puerto Rico.* Simposio de Urbanismo, San Juan, Puerto Rico. Recuperado de http://www.recursosaguapuertorico.com/Texto_y_Presentacion_FQui_ones_SimpUrbanismo_lean_Feb11.pdf

Quiñones, F. (2014). *Uso de agua en Puerto Rico*. Recursos de Agua de Puerto Rico. Recuperado de http://www.recursosaguapuertorico.com/Uso-de-Agua.html

Ramírez-Toro, G. (2013). Ponencia de la doctora Graciela I. Ramírez-Toro sobre propuesta revisión tarifaria al consumidor por parte de la AAA por consumo de agua potable. Recuperado de http://www.revisiontarifa.com/download/ANEJOS/ANEJO%2024A%20-%20Dra.%20Graciela%20Ram%C3%ADrez%2017-04-2013%20Ponencia.pdf

RER Environmental Engineering Services. (2008). Manual dirigido a los sistemas pequeños para desarrollar y mantener capacidad técnica, financiera y administrativa. Departamento de Salud de Puerto Rico.

Robson, K. and Pevalin, D. (2016). *Multilevel modeling in plain language*. Los Angeles: SAGE

Rodríguez, R. J. (2004). *Ayuda SPSS Chi cuadrado – Notas metodológicas*. Recuperado de www.rubenjoserodriguez.com.ar/.../Ayuda_SPSS-Chi_Cuadrado_Notas_Metodologic...

Rosado, C., Martín, A., Martínez, J. A., Cabrerizo, L. L., Gargallo, M. M., Lorenzo, H. H., … Salas-Salvadó, J. (2011). Importancia del agua en la hidratación de la población española: documento FESNAD 2010. *Nutrición Hospitalaria*, 26 (*1*), 27-36. Recuperado de http://library.uprm.edu:2059/ehost/pdfviewer?sid=3c34371b-8aa0-437d-accf-804697843be6%40sessionmgr111&vid=5&hid=127

Rose, J. B., Huffman, D. E. and Gennaccaro, A. (2002). Risk and control of waterborne cryptosporidiosis. *FEMS Microbiol. Rev.*, 26(*2*), 113-123.

Roubert, M., Vélez, H., Colón, L., Díaz, A., Pons, Y., Gaztambide, M. … Andújar, D. (2012). Prevalence of Gastrointestinal Symptoms among Residents of the Caño Martin Peña Communities, San Juan, Puerto Rico. Ponce School of Medicine & Health Sciences, Public Health Program

Roubert, M. L. (2014). *Prevalence of Gastrointestinal Symptoms among Residents of the Caño Martin Peña Communities, San Juan, Puerto Rico*. 2014 citizen Science 11th Workshops in Puerto Rico. Retrieved from https://www3.epa.gov/citizenscience/workshops.html

Schmidt, WP. and Cairncross, S. (2009). Household water treatment in poor populations: is there enough evidence for scaling up now?. *Environmental Science & Technology*, 43(4), 986-992.

Shrivastava, R., Upreti, R, Jain, S., Prasad, K., Seth, P. and Chaturvedi, U. (2004). *Suboptimal chlorine treatment of drinking water leads to selection of multidrug-resistant Pseudomonas aeruginosa*. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15157584

Serrano, R. (2011). *Helicobacter pylori, bacteria que ocasiona cáncer*. Salud y Medicina. Recuperado de http://www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/gastritis/articulos/helicobacter-pylori-bacteria-que-ocasiona-cancer.html

Silva, J., Leite, D., Fernandes, M., Mena, C., Gibbs, P.A. and Teixeira, P. (2011). *Campylobacter* spp. as a foodborne pathogen: a review. *Front Microbiology*, 2, 200.

Slifko, T. R., Smith, H. V. and Rose, J. B. (2000). Emerging parasite zoonoses associated with water and food. *International Journal for Parasitology*, 30(*12-13*), 1379-1393.

Smith, A., Reacher, M., Smerdon, W., Adak, G. K., Nichols, G. and Chalmers, R. M. (2006). Outbreak of waterborne infectious intestinal disease in England and Wales, 1992-2003. *Epidemiology Infection*, 134(6), 1141-1149.

Sniders, T. and Bosker, R. (1999). *Multilevel Analysis: An introduction to basic and advances multilevel modeling*. London: SAGE Publications Ltd.

Sodeberg, C. A. (2008). *Status of Non PRASA in Puerto Rico*. First Rural (Non PRASA) Community Water Supply and Sanitation Workshop. University of Puerto Rico at Mayaguez.

Solarte, Y., Peña, M. y Madera, C. (2006). Transmisión de protozoarios patógenos a través del agua para consumo humano. *Colombia Médica*, 37(1), 74-82.

Swift, L. and Hunter, P. R. (2004). What do negative associations between potential risk factors and illness in analytical epidemiological studies of infectious disease really mean?. *Eur J Epidemiol*, 19(3), 219-223.

Szabo, J. and Minamyer, S. (2014). Decontamination of biological agents from drinking water infrastructure: a literature review and summary. *Environ Int*., 72,124–128.

Torres, J. O. (2008). Situación de los sistemas Non-PRASA en Puerto Rico. Departamento de Salud: División de Agua Potable. *First Rural (Non-PRASA) Community Water Supply and Sanitation Workshop*.

Torres, J. O. (2015). Puerto Rico Non-PRASA Systems Overview. Departamento de Salud: División de Agua Potable. *PR Caribbean Science Consortium/ Non-PRASA Systems Workgroup Joint Workshop*. Retrieved from https://www3.epa.gov/citizenscience/workshops.html

Trevett, A. F., Carter, R. C. and Tyrrel, S. F. (2004). Water quality deterioration: A study of household drinking water quality in Honduras. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(4), 273-283.

UNICEF and WHO. (2011). Drinking water: Equity, safety and sustainability. New York: United Nations Children's Fund and World Health Organization. Retrieved from http://www.wssinfo.org/documents/?tx_displaycontroller%5Btype%5D=thematic_reports

United Nations (UN). (2007). Coping with water scarcity-Challenge of the twenty-first century. UN-Water, World Water Day 2007. Retrieved to http://www.fao.org/nr/water/docs/escarcity.pdf

Reference Resource. Environmental Protection Agency.

UN Millenium Project (2005). *Health, dignity, and development: what will it take? Task Force on Water and Sanitation*. Retrieved to http://www.unmillenniumproject.org/documents/WaterComplete-lowres.pdf

Universidad de Puerto Rico recinto de Humacao (UPRH). (2007). Microbiología de agua: coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli*. Laboratorio de microbiología aplicada. Recuperado de http://www1.uprh.edu/esther/lab-micro-aplicada/conferencias/Microbiolog%C3%ADa%20de%20Agua-II%5B1%5D.pdf

United State Environmental Protection Agency (EPA). (2012, November 2). *Drinking Water Pathogens and Their Indicators: A Reference Resource.* Environmental Protection Agency.

United State Environmental Protection Agency (USEPA). (2013). H*ow to conduct a sanitary survey of small water systems: A learner's guide*. Drinking Water Academy EPA 816-R-03-012

United State Environmental Protection Agency (USEPA). (2015). *Drinking water requirements for states and public water systems: Surface water treatment rule.* Retrieved to https://www.epa.gov/dwreginfo/surface-water-treatment-rules

U.S. Census Bureau. (2015). *Poverty thresholds for 2015 by size of family and number of related children under 18 years.* Retrieved from https://www.census.gov/hhes/www/poverty/data/threshld/

Vera, H. (2013). *La pobreza en Puerto Rico: estadísticas, políticas públicas e impacto en la vida de los ciudadanos, una mirada desde la doctrina social de la Iglesia*. Recuperado de http://www2.pr.gov/agencias/mujer/Estadisticas/Pages/default.aspx

Vidal, C. & Lawson, A. (2003). *Un análisis de efectos frontera en epidemiología espacial.* VI Congreso Gallego de Estadística e Investigación de Operaciones. Recuperado de http://www.sgapeio.es/INFORMEST/VICongreso/artigos/sesion7_24.pdf

World Health Organization (WHO)/United Nations Children's Foundation (UNICEF). (2006). *Meeting the MDG drinking water and sanitation target: the urban and rural challenge of the decade*. Geneva, ISBN-13 9789241563253

World Health Organization (WHO)/United Nations Children's Foundation (UNICEF). (2015). *Progress on sanitation and drinking water: 2015 update and MDG assessment.* Retrieved from http://www.unicef.org/publications/files/Progress_on_Sanitation_and_Drinking_Water_2015_Update_.pdf

World Health Organization (WHO). (2008). *The global burden of disease: 2004 update.* Retrieved to http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/2004_report_update/en/

World Health Organization (WHO). (2010). *UN-Water global annual assessment of sanitation and drinking water (GLAAS) 2010: Targeting resources for better results*. Retrieved to http://whqlibdoc.who.int/publications/2010/9789241599351_eng.pdf?ua=1

World Health Organization (WHO). (2011). *Guidelines for drinking-water quality, 4th edition*. Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/dwq_guidelines/en/

World Health Organization (WHO). (2012). *Animal waste, water quality and human health.* Retrieved to http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/animal_waste/en/

World Health Organization (WHO). (2013). *Water-related diseases*. Water Sanitation Health. Retrieved to http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diarrhoea/en/

World Health Organization (WHO). (2014). *Preventing diarrhea through water, sanitation and hygiene: Exposures and impacts in low and middle income countries*. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/150112/1/9789241564823_eng.pdf

Xiao, L. and Fayer, R. (2008). Molecular characterization of species and genotypes of Cryptosporidium and Giardia and assessment of zoonotic transmission. *Int. J. Parasitol*, 38(11), 1239-1255.

Yip Richardson, H., Nichols, G., Lane, C., Lake, I. R. and Hunter, P. R. (2009). Microbiological Surveillance of Private Water Supplies in England- The impact of environmental and climate factors on water quality. *Water Res*, 43(8), 2159-2168.

Anejo 1: Encuesta Sanitaria a Sistemas de Agua Potable

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
CARIBBEAN ENVIRONMENTAL PROTECTION DIVISION

Encuesta Sanitaria a Sistema de Agua Potable

I. Información General
Fecha:_____

1. Nombre del Sistema: _____ PWS ID: _____

2. Dirección Física :
_____

_____

3. Dueño ó Encargado :
_____

4. Dirección Postal :
_____

_____

5. Teléfono: Residencia: _____ Trabajo: _____

6. Tipo de Sistema : ❑ Comunal ❑ No Comunal ❑ Non Transient

7. Esta incorporada : ❑ Sí ❑ No

8. Población Servida :_____ Familias :_____

9. Fuente de Abasto : ❑ Manantial ❑ Pozo ❑ Quebrada ❑ Otros

10. Producción Promedio: _____ (gpm), _____ (gpd)

11. Tratamiento del agua: ❑ Clorinación ❑ Filtración ❑ Ninguno ❑ Otro

12. Cuota Mensual: $_____ Costo de Electricidad: $_____

13. Observaciones

_____

_____

_____

_____

13. Dibuje un esquema que indique la localización de la fuente, línea de distribución, tanque(s) de distribución (si tiene o ¿dónde debe ser instalado? y ¿cuál?), carretera(s) y el norte.

II. Fuente de Abasto

A. Pozos

Sí No

- ❑ ❑ 1. ¿Está cercado el perímetro de la fuente?
- ❑ ❑ 2. ¿Los alrededores de la fuente necesitan desyerbo?
- ❑ ❑ 3. ¿Se le ha provisto rotulación al área?
- ❑ ❑ 4. ¿Existe tapa o piso de hormigón para evitar contaminación de la fuente de abasto?
- ❑ ❑ 5. ¿Tiene clorador en las facilidades del pozo?
- ❑ ❑ 6. ¿Opera el pozo en unión al clorador?
- ❑ ❑ 7. ¿Existe ventosa en la línea o el "casing"?
- ❑ ❑ 8. ¿Lubrica la bomba con aceite?
- ❑ ❑ 9. ¿Lubrica la bomba con agua?
- ❑ ❑ 10. ¿Hay salidero en la línea de lubricación?
- ❑ ❑ 11. ¿Hay grifo para muestreo?
- ❑ ❑ 12. ¿Existe huecos en el piso del pozo permitiendo acceso al acuífero?
- ❑ ❑ 13. ¿Existe desagüe en la tubería de salida del pozo?
- ❑ ❑ 14. ¿Existe camisilla o encofrado de hormigón en la tubería de succión del pozo?
- ❑ ❑ 15. ¿Existe medidor de presión en el pozo?
- ❑ ❑ 16. ¿Existe medidor de flujo en el pozo?
- ❑ ❑ 17. ¿Existe desviación de escorrentía pluvial cercano a la camisilla del pozo?

18. Condición del sistema de bombas:

Capacidad: _____ Modelo: _____

Carga Dinámica Total: _____ Voltaje de Operación: _____

H.P.:_____

- ❑ ❑ 19. ¿Existe control eléctrico para el encendido y apagado automático de la bomba?

Sí No

❑ ❑ 20. ¿La bomba se opera manualmente?

❑ ❑ 21. ¿Existen letrinas, pozos sépticos o fuente de contaminación cercana?

❑ ❑ 22. De existir, ¿está a menos de 50 pies de distancia? ¿Cuál es la profundidad del pozo? ___ pies

23. Observaciones

24. **Esquema de la Fuente -** Dibuje un esquema de la fuente e identifique posibles fuentes de contaminación.

B. Manantial

Si No

❑ ❑ 1. ¿Está cercado el perímetro de la fuente?

❑ ❑ 2. ¿Los alrededores de la fuente necesitan desyerbo?

❑ ❑ 3. ¿Se le ha provisto rotulación al área?

❑ ❑ 4. ¿Existe pared o cámara de hormigón que encierre el área del manantial?
Tamaño del embalse _____

❑ ❑ 5. ¿Existe desviación de escorrentía pluvial alrededor del lecho del manantial?

❑ ❑ 6. ¿Existe rejilla o malla protectora en el tubo de la recolección del manantial?

❑ ❑ 7. Si no existe tubo recolector, ¿qué tipo de canal se utiliza?
(especifique)_____

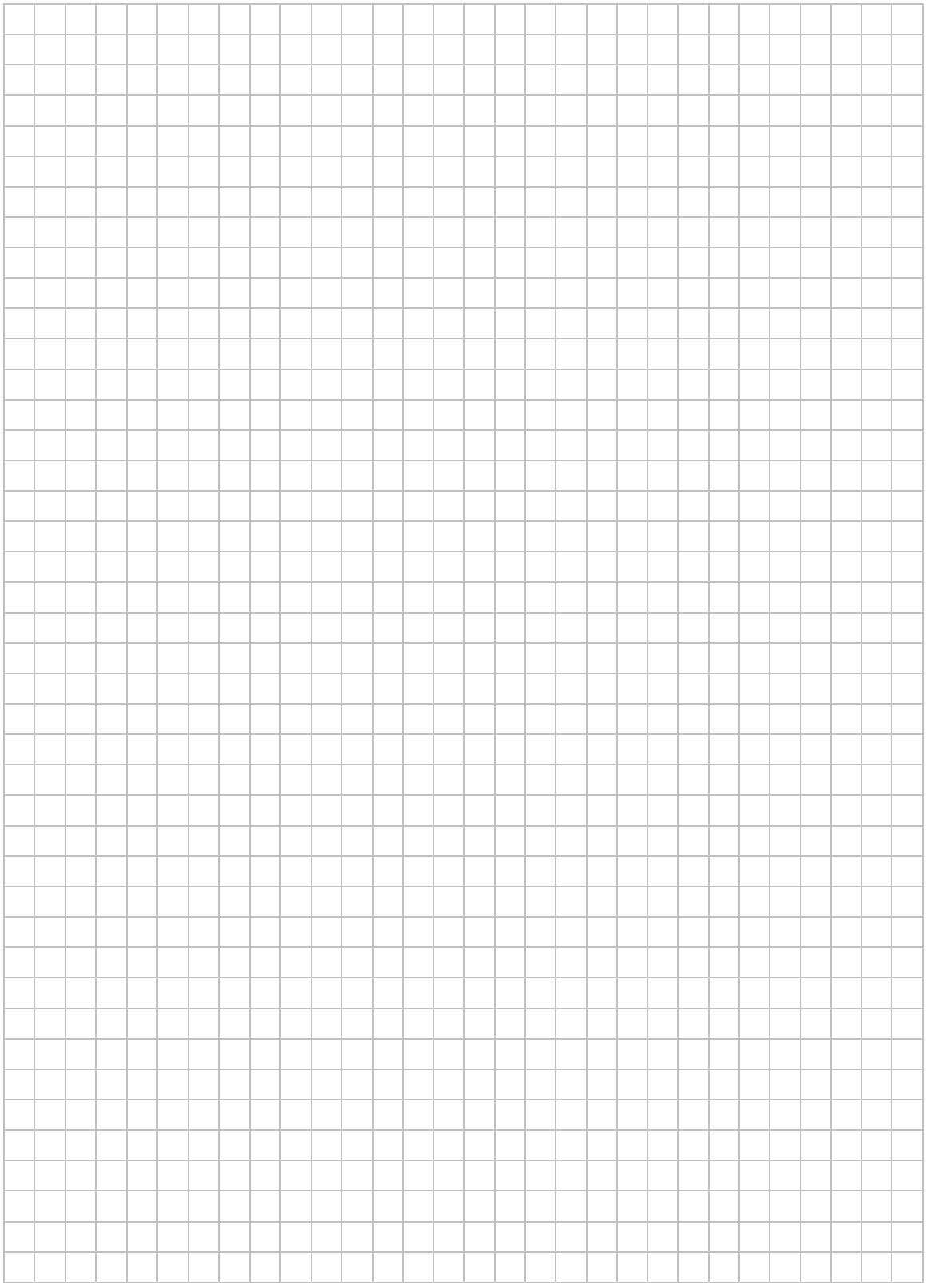
❑ ❑ 8. ¿Se enturbia el agua cuando llueve?

❑ ❑ 9. ¿Existe pozo séptico o fuente de contaminación cercana?

❑ ❑ 10. De existir, ¿está a menos de 50 pies de distancia?

11. Observaciones:

12. **Esquema de la Fuente -** Dibuje un esquema de la fuente e identifique posibles fuentes de contaminación.



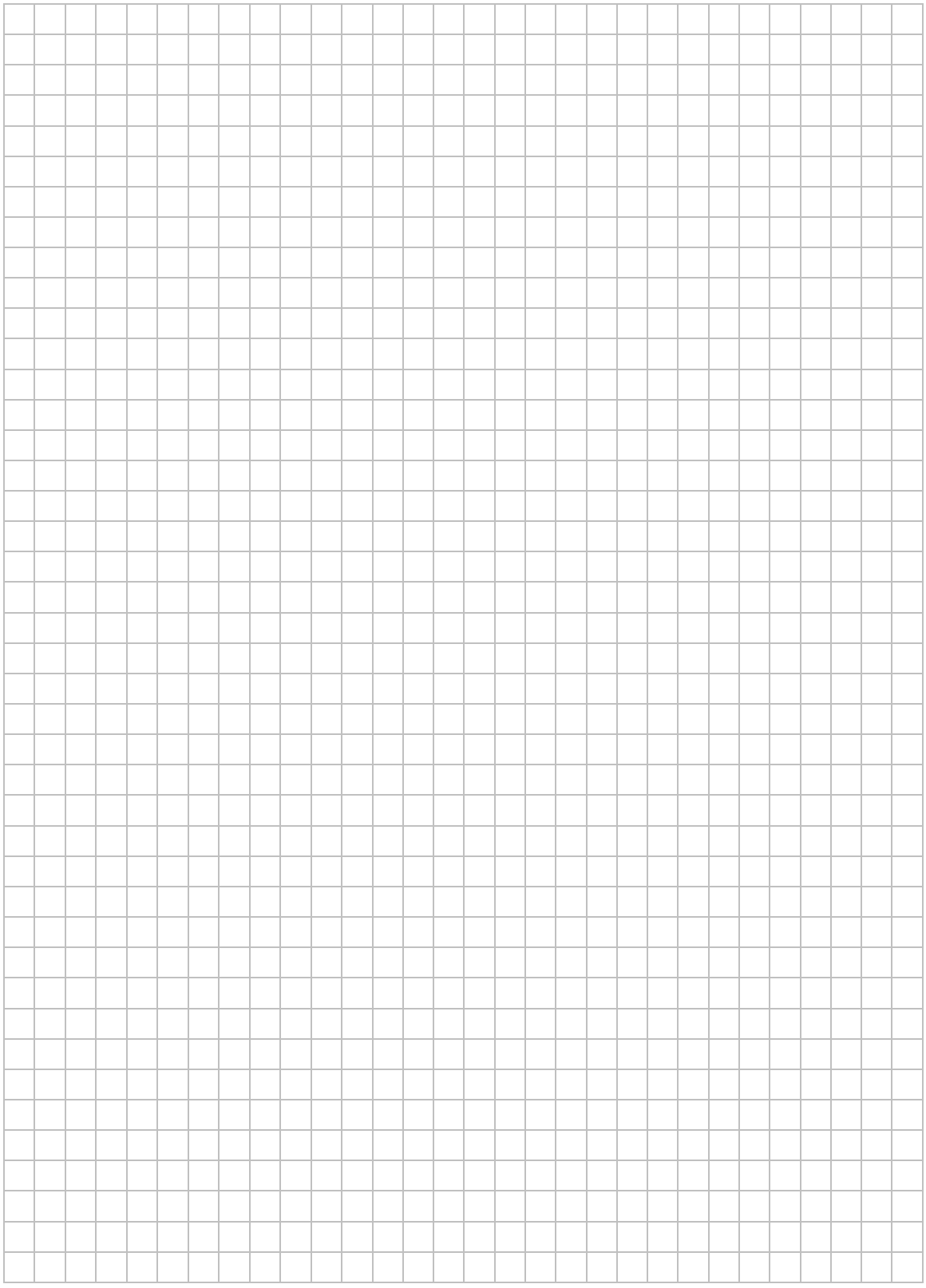
C. Fuente Superficial

Si No

- ❑ ❑ 1. ¿Está cercado el perímetro de la fuente?
- ❑ ❑ 2. ¿Se le ha provisto rotulación al área?
- ❑ ❑ 3. ¿Tiene rejilla la toma de agua en la represa?
- ❑ ❑ 4. ¿Existe alguna estación de bomba en la represa? De contestar "Si" - llene hoja « Inspección de Bombas »
- ❑ ❑ 5. ¿Existe algún tanque del sistema en la represa? De contestar "Si" - llene hoja « Inspección de Tanques »
- ❑ ❑ 6. ¿Existe letrina, pozo séptico o fuente de contaminación cercana?
- ❑ ❑ 7. De existir, ¿está a menos de 50 pies de distancia?
- ❑ ❑ 8. ¿Tiene aereación natural?
- ❑ ❑ 9. ¿Se encuentra en buen estado la estructura de la represa?
- ❑ ❑ 10. ¿Se extrae agua de óptima calidad?

11. Observaciones:

11. **Esquema de la Fuente -** Dibuje un esquema de la fuente e identifique posibles fuentes de contaminación.



III. **Sistema de Tratamiento**

A. Desinfección

Si No

❑ ❑ 1. Se aplica cloro:

¿Dónde es el cloro aplicado?
_____

_____

2. Tipo de cloro usado: ❑ Gas ❑ Tabletas ❑ Líquido ❑ Polvo

3. Nombre y número de modelo del equipo de cloración:

Nombre: _____

Modelo: _____

❑ ❑ 4. ¿Lleva el operador un registro de cloro residual?

5. ¿Qué tanto químico es usado? Lbs/día _____ Tabletas/día _____ galones/día_____

❑ ❑ 6. ¿Existe caseta de almacenaje de cloro y protección del clorador?

❑ ❑ 7. ¿Es el equipo operado y mantenido adecuadamente?

❑ ❑ 8. ¿Es adecuado el cloro residual que mantienen?

¿Dónde es medido?
_____

_____

9. Estime la distancia entre el punto de clorinación y el primer punto de uso. _____ (pies)

10. Observaciones:

_____
_____
_____
_____

B. Filtración

1. ¿Utilizan Filtración como parte del tratamiento? ❑ Sí ❑ No

2. Qué tipo de filtración, ❑ Convencional (utilizar forma de Inspección de Planta)
   ❑ Directa (utilizar forma de Inspección de Planta)
   ❑ Diatomácea
   ❑ Arena Lento
   ❑ Otro

3. ¿Posee manual de "Operación y Mantenimiento"? ❑ Sí ❑ No

4. ¿Qué tipo de limpieza utiliza para el mantenimiento del equipo?
   Describa:_____
   _____
   _____
   _____

5. ¿Qué cantidad de agua se utiliza para este fin? _____ galones

6. ¿Cantidad de turbiedad que puede tratar? _____ NTU

7. Producción de Diseño: _____ gpm, _____ gpd, _____ MGD

8. Producción Promedio: _____ gpm, _____ gpd, _____ MGD

C. Otros

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

IV. HOJA DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE RESERVA Y DISTRIBUCIÓN

1. Sistema: _____ PWS I.D. #:_____

2. Nombre del tanque: _____

3. Localización: _____

4. Capacidad (MG): Largo: _____ x Ancho: _____ x Alto: _____ x (7.48/1MG)=_____

5. Descripción del tanque: ❑ Hormigón ❑ Acero ❑ Otro: _____
❑ Elevado ❑ Sobre Suelo ❑ Bajo Suelo
❑ Circular ❑ Rectangular ❑ Cuadrado ❑Otro: _____

6. Tipo de agua que almacena y distribuye: ❑ Tratada ❑ Cruda

7. Tipo de tanque:
❑ Flotante ❑ Distribución ❑ Romper Presiones ❑ Otros: _____

8. Total de días que suple: _____

9. **Deficiencias**:

- ❑ Carece de verja o la existente es inadecuada y/o inservible.
- ❑ Carece de rotulación y candado en los portones.
- ❑ Alta maleza, escombros, desechos en los alrededores del tanque.
- ❑ Válvulas, "Check Valve", "Float Valve" u otros corroídos e inoperantes.
- ❑ Existe conexión cruzada entre tubo de entrada o salida de agua potable con el tubo de desagüe.
- ❑ Existe escape de agua en juntas, válvulas, tuberías y paredes del tanque.
- ❑ Ventiladores, tubo de desborde y drenaje sin rejillas, malla protectora o "Flap Valve".
- ❑ Carece de escalera, o la misma carece de canasto aunque sobre pasa los 18 pies.
- ❑ Tapas, escotillas del tanque, corroídas, en malas condiciones y sin candado.
- ❑ Escotillas circulares (tapa manhole) sin barras y candado.
- ❑ Tapas, escotillas del tanque, Escotillas circulares (tapa manhole) a 2 pulgadas o menos sobre el nivel del piso.

- ❑ Sedimentos, escombros u otros en el interior del tanque, falto de limpieza.
- ❑ El interior del tanque presenta corrosión o incrustaciones.
- ❑ No existe programa de limpieza y mantenimiento del tanque.
- ❑ Acceso de agua contaminada o sabandijas, etc. por el tubo de guía de la boya u otra abertura en el tanque.

10. Medidas de Campo:

pH: _____
Temperatura (ºC): _____
Turbidez (NTU): _____
Cloro Residual (ppm): _____
Otros(_____): _____

11. Observaciones y/o comentarios adicionales:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

12. Recomendaciones y requerimientos inmediatos:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Inspeccionado por: _____

Título: _____

Fecha: _____

V. Sistema de Distribución

❑ ❑ 1. ¿Se utilizó plomo para unir cualquiera de las conexiones de tubos en la red de distribución?

❑ ❑ 2. ¿Existen áreas de baja presión o servicios intermitentes?

❑ ❑ 3. ¿Existen conexiones cruzadas en la distribución?

Explique :_____

_____

_____

_____

4. Condición de las líneas de distribución:

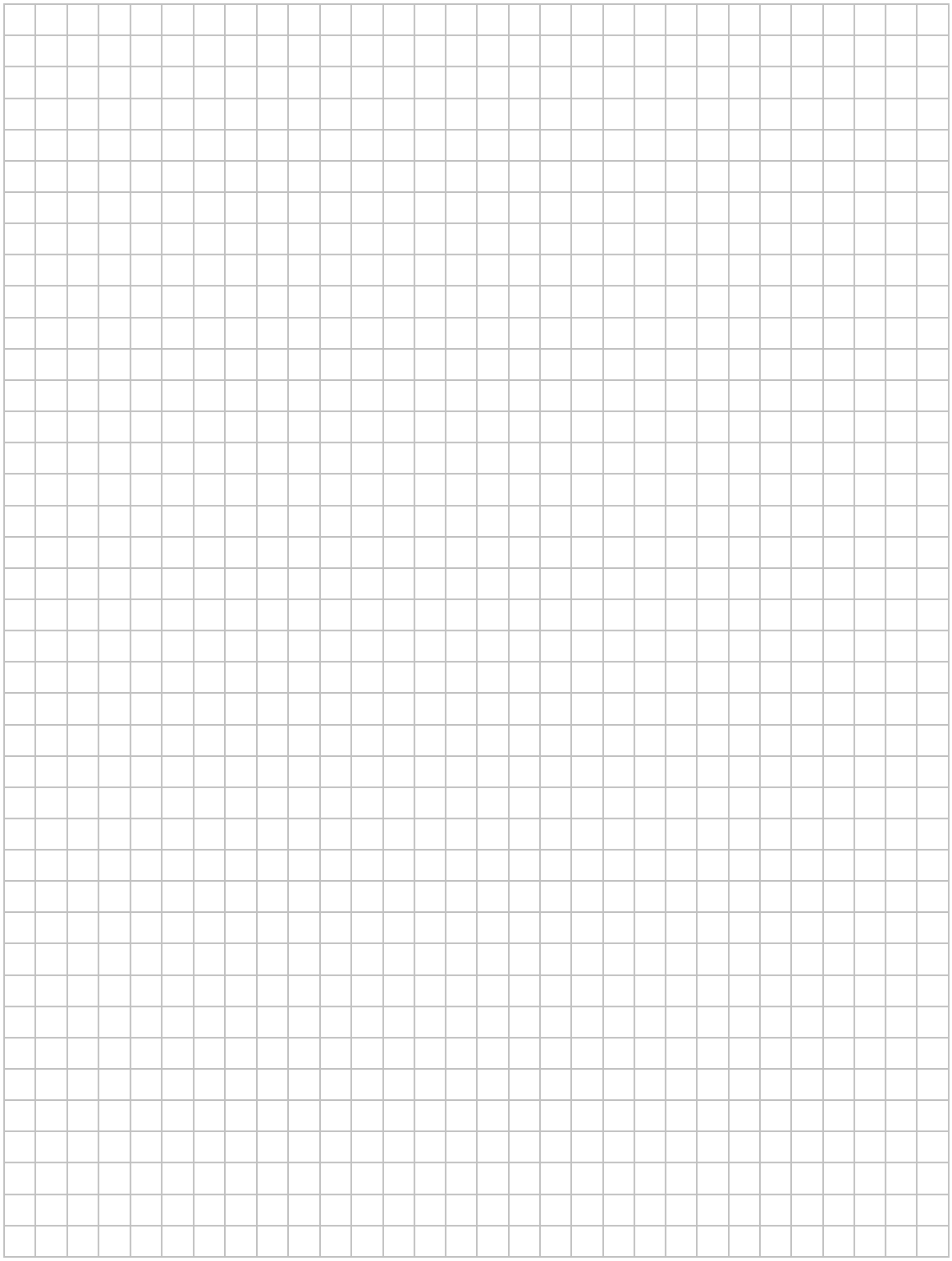
Material	Diámetro	Soterrada		Rotura		Uso
		Sí	No	Sí	No	
Hierro		❑	❑	❑	❑	
PVC		❑	❑	❑	❑	
Galvanizado		❑	❑	❑	❑	
Asbesto Cem.		❑	❑	❑	❑	
Cobre		❑	❑	❑	❑	
Otro:		❑	❑	❑	❑	

5. Puntos de muestreos

Dirección	Fijo	Alterno	Condición

6. Observaciones:

6. Esquema de el(los) tanque(s) de distribución - Dibuje esquema de el(los) tanque(s) del sistema indicando dimensiones, capacidad, drenajes, la entrada, las salidas, caseta de boya, bombas, etc.



VI. EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA PÚBLICO
* FACILIDADES Y CONTROLES DE BOMBAS Y ESTACIONES DE BOMBEO *

Sistema: _____ PWS ID: _____

Estación de Bombas	Localización	Regular (R) o Emergencia (E)	Tipo	Capacidad	HP

Estación de Bombas	Fuente de Emergencia	Control Aut. O Man.	Fecha de Instalación	Función	Succión			Descarga		
					Tamaño (Pulg.)	Combinado o Separado	Carga (Pies)	Tamaño (Pulg.)	Combinado o Separado	Carga (Pies)

Comentarios: _____

VII. CERTIFICACIÓN DE OPERADOR

Operador: _____

Clasificación: _____

Número de Licencia: _____ Vigencia:_____

Licencia en lugar visible: ❑SÍ ❑NO

Entrenamientos

Equipos:

- ❑ Prueba de Jarra (“Jar Test”)
- ❑ Equipo de Turbidez
- ❑ Equipo de Cloro Residual y Total
- ❑ Equipo de pH
- ❑ Termómetro
- ❑ Equipo de Oxígeno Disuelto
- ❑ Equipo Continuo de Turbidez
- ❑ Equipo Continuo de Cloro Residual
- ❑ Equipo Continuo de pH
- ❑ “Streaming Current Monitor”
- ❑ _____
- ❑ _____
- ❑ _____

Operación

- ❑ Dosificación
  - ❑ Polímero Primario
  - ❑ Polímero Secundario
  - ❑ Alúmina Granular
  - ❑ Cal
  - ❑ Cloro
- ❑ Lavado de Filtros
- ❑ Escape de Cloro Gas
- ❑ Ajuste de Flujo
- ❑ _____
- ❑ _____
- ❑ _____

Observaciones

_____

_____

_____

_____

VIII. Operación y Mantenimiento

Sí No

❑ ❑ 1. ¿Existe manual de operación del sistema?

2. ¿Se proveyó plan de contingencia para operar el sistema en caso de emergencia debido a:

❑ ❑ contaminación?
❑ ❑ fallas mecánicas?
❑ ❑ calidad de agua?

❑ ❑ 3. ¿Actualmente, existe programa de limpieza y desinfección de tanque y líneas de distribución?

4. ¿Existe programa de toma de muestra para:

❑ ❑ bacteriología?
❑ ❑ químicos?

5. ¿Existe personal adiestrado en funciones tales como:

❑ ❑ tomas de muestras?
❑ ❑ lectura de cloro residual?
❑ ❑ lectura de pH?

6. ¿El encargado del sistema tiene lo siguiente:

❑ ❑ turbidímetro?
❑ ❑ comparador de pH?
❑ ❑ comparador de cloro residual?
❑ ❑ envases para la toma de muestras?
❑ ❑ libretas de registros de lecturas?

7. Observaciones:

_____

_____

_____

_____

_____

IX. Medida de campo al momento de la Inspección:

Punto de Muestreo	Cloro Residual (ppm)	Turbidez (NTU)	pH	Temperatura (°C)	Otros

X. Resultados de muestreos Bacteriológicos y Químicos

A. Bacteriología:

Dirección del punto de muestreo

_____

Laboratorio que analizó la muestra

_____

Data de Análisis Bacteriológico							
Mes y Año	**Número de Muestras**	**Residual de Cloro**	**Método**			**Resultado**	
			MPN	**MF**	**OTRO**	**CT**	**CF**

B. Químicos:

Dirección del punto de muestreo

_____

Laboratorio que analizó la muestra

_____

1. Características Físicas

Parámetro	NMC	Resultado
Color	15 Unidad de Color	
Olor	3 Unidad de Olor	
Residuos totales a 103°C (TDS)	500 mg/L	
Residuos totales filtrables a 180°C		
Índice de Langerlier	-2.00 mg/L	

2. Turbidez

Turbidez		
Mes y Año	**Número de Muestra**	**Resultado NMC = 0.5 NTU**

3. Constituyentes Inorgánicos No Metales y Metales

Parámetros Inorgánicos					
Parámetro	**NMC**	**Resultado**	**Parámetro**	**NMC**	**Resultado**
Aluminio	0.05 - 0.2 (mg/L)		Manganeso	0.05 (mg/L)	
Antimonio	0.006 (mg/L)		Mercurio	0.002 (mg/L)	
Arsénico	0.05 (mg/L)		Níquel	0.1 (mg/L)	
Asbestos	7 MFL (longer that 10 μm)		Nitrato	10.0 (mg/L)	
Bario	2.0 (mg/L)		Nitrito	1.0 (mg/L)	
Berilio	0.004 (mg/L)		Plata	0.1 (mg/L)	
Cadmio	0.005 (mg/L)		Plomo	0.015 (mg/L)	
Cianuro	0.2 (mg/L)		Selenio	0.05 (mg/L)	
Cobre	1.3 (mg/L)		Sodio	20 (mg/L)	
Cromio	0.1 (mg/L)		Sulfato	250 (mg/L)	
Fluoruro	4.0 (mg/L)		Talio	0.002 (mg/L)	
Hierro	0.3 (mg/L)		Zinc	5.0 (mg/L)	

4. Químicos Orgánicos Volátiles

Químicos Orgánicos Volátiles					
Parámetro	**NMC**	**Resultado**	**Parámetro**	**NMC**	**Resultado**
Vinyl Chloride	0.002 (mg/L)		Chlorobenzene		
Benzene	0.005 (mg/L)		m – Dichlorobenzene		
Carbon Tetrachloride	0.005 (mg/L)		Chloroform		
1,2 Dichloroethane	0.005 (mg/L)		Bromodichloromethane		
Trichloroethylene	0.005 (mg/L)		Chlorodibromomethane		
p – Dichlorobenzene	0.075 (mg/L)		Bromoform		
1,1 – Dichloroethylene	0.007 (mg/L)		Dibromomethane		
1,1,1 – Trichloroethane	0.2 (mg/L)		1,1 – Dichloropropene		
cis - 1,2 – Dichloroethylene	0.07 (mg/L)		1,1 – Dichloroethane		
1,2 – Dichloropropane	0.005 (mg/L)		1,1,2,2 – Tetrachloroethane		
Ethylbenzene	0.7 (mg/L)		1,3 – Dichloropropane		
Monochlorobenzene	0.1 (mg/L)		Chloromethane		
o – Dichlorobenzene	0.6 (mg/L)		Bromomethane		
Styrene	0.1 (mg/L)		1,2,3 – Trichloropropane		
Tetrachloroethylene	0.005 (mg/L)		1,1,1,2 – Tetrachloroethane		
Toluene	1.0 (mg/L)		Chloroethane		
trans – 1, 2 – Dichloroethylene	0.1 (mg/L)		2,2 – Dichloropropane		
Xylenes (Total)	10 (mg/L)		o – Chlorotoluene		
Dichloromethane	0.005 (mg/L)		p – Chlorotoluene		
1,2,4 – Trichlorobenzene	0.07 (mg/L)		Bromobenzene		
1,1,2 – Trichloroethane	0.005 (mg/L)		1,3 – Dichloropropene		

5. Químicos de Tratamientos

Trihalometanos (THM)

Parámetro	**NMC**	**Resultado**
Cloroformo		
Bromodiclorometano		
Clorodibromometano		
Bromoformo		
THM's total(0.10 mg/l) =		

6. Químicos Orgánicos & Sintéticos

Químicos Orgánicos & Sintéticos					
Parámetro	**NMC**	**Resultado**	**Parámetro**	**NMC**	**Resultado**
Alachlor*	0.002 (mg/L)		Dinoseb*	0.007 (mg/L)	
Atrazine*	0.003 (mg/L)		Diquat*	0.02 (mg/L)	
Aldicarb*	0.003 (mg/L)		Endothall*	0.1 (mg/L)	
Aldicarb Sulfone*	0.004 (mg/L)		Endrin*	0.002 (mg/L)	
Aldicarb Sulfoxide*	0.002 (mg/L)		Glyphosate*	0.7 (mg/L)	
Carbofuran*	0.04 (mg/L)		Hexachlorobenzene*	0.001 (mg/L)	
Chlordane*	0.002 (mg/L)		Hexachlorocyclopentadiene*	0.05 (mg/L)	
Dibromochloropropane*	0.0002(mg/L)		Oxamyl (Vydate)*	0.2 (mg/L)	
2,4 – D*	0.07 (mg/L)		Picloram*	0.5 (mg/L)	
Ethylene Dibromide*	0.00005(mg/L)		Simazine*	0.004 (mg/L)	
Heptachlor*	0.0004(mg/L)		2,3,7,8 TCDD (Dioxin)*	3×10^{-8}(mg/L)	
Heptachlor Epoxide*	0.0002(mg/L)		Aldrin		
Lindane*	0.0002(mg/L)		Butachlor		
Methoxychlor*	0.04 (mg/L)		Carbaryl		
Polychlorinated biphenyls*	0.0005(mg/L)		Dicamba		
Toxaphene*	0.003 (mg/L)		Dieldrin		
2,4,5, - TP*	0.05 (mg/L)		3 – Hydroxycarbofuran		
Pentachlorophenol*	0.001 (mg/L)		Metolachlor		
Benzo (a) pyrene*	0.0002(mg/L)		Metribuzin		
Dalapon*	0.2 (mg/L)		Methomyl		
Di (2-ethylhexyl) adipate*	0.4 (mg/L)		Propachlor		
Di (2-ethylhexyl) phthalate*	0.006 (mg/L)				

XI. Recomendaciones y Requerimientos Inmediatos

Inspeccionado por: _____

Titulo: _____

Fecha: _____

Anejo 2: Cuestionario

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE PONCE
PROGRAMA DE SALUD PÚBLICA

PREVALENCIA DE ENFERMEDAD GASTROINTESTINAL Y SU RELACION CON EL CUMPLIMIENTO MICROBIOLOGICO EN COMUNIDADES QUE UTILIZAN SISTEMAS NON PRASA EN YAUCO, PUERTO RICO

CUESTIONARIO

Fecha de la entrevista __/____/20__

Hora de inicio: ____ am/pm

Hora de finalizada: ____ am/pm

Entrevistador: _____

NÚMERO DE CONTROL: _____ _____- _____ _____ _____-_____
Grupo Vivienda # Cuestionario

Comentarios del entrevistador:

_____

_____

_____

SECCIÓN A: CARACTERÍSTICAS DE SU HOGAR

Comenzaremos el cuestionario con algunas características de su hogar

A1. En la actualidad, ¿Cómo considera la presión de agua potable?

____1. Excelente ____3. Regular ____5. Pésima ____9. No Contestó
____2. Buena ____4. Mala ____8. No Recuerda / No Sabe

A2. En la actualidad, ¿Cómo considera la calidad del agua potable (del grifo o pluma)?

____ 1. Excelente ____ 3. Regular ____ 5. Pésima ____ 9. No Contestó
____ 2. Buena ____ 4. Mala ____ 8. No Recuerda / No Sabe

Explique:
_____

_____

A3. ¿Cómo es la apariencia (color) del agua que sale de la pluma (grifo)?

___ 1. Trasparente
___ 2. Turbia (amarillento, oscuro)
___ 3. Otra, (Explique) _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A4. Luego de un episodio de lluvia, ¿Cómo es la apariencia (color) del agua que sale de la pluma (grifo)?

___ 1. Trasparente
___ 2. Turbia (amarillento, oscuro)
___ 3. Otra, (Explique) _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A5. ¿Cómo <u>huele</u> el agua que sale de la pluma (grifo)?

ENTREVISTADOR LEA LAS ALTERNATIVAS Y MARQUE TODAS LAS QUE APLIQUEN

___ 1. Hierba y terroso
___ 2. Humedad
___ 3. Pescado
___ 4. Cloro
___ 5. Medicinal /Farmacéuticos
___ 6. Frutoso
___ 7. Metálico Oxidado
___ 8. Huevo Podrido

___ 9. Ajo
___ 10. No tiene ningún olor
___ 11. Otro, *Explique*_____
___ 888. No Recuerda / No Sabe
___ 999. No Contestó

A6. ¿Cómo <u>sabe</u> el agua que sale de la pluma (grifo)?

ENTREVISTADOR LEA LAS ALTERNATIVAS Y MARQUE TODAS LAS QUE APLIQUEN

___ 1. Hierba y terroso
___ 2. Humedad
___ 3. Pescado
___ 4. Cloro
___ 5. Medicinal /Farmacéuticos
___ 6. Frutoso
___ 7. Metálico Oxidado
___ 8.Huevo Podrido
___ 9.Ajo
___ 10. Otro, Explique
_____
___ 888. No Recuerda / No Sabe
___ 999. No Contestó

Ahora vamos a hablar de preguntas relacionadas a su vivienda

A7. En esta vivienda, ¿se utiliza filtro en la pluma (grifo) del fregadero?
___ 0. No
___ 1. Si
___ 9. No Contestó

A8. En esta vivienda, ¿se utiliza filtro en la nevera?
___ 0. No
___ 1. Si
___ 9. No Contestó

A9. En esta vivienda, ¿se hierve el agua de la pluma (grifo)?
___ 0. No
___ 1. Si, Con tapa _____ Sin tapa _____
___ 9. No Contestó

A10. ¿Se va el agua en esta vivienda?
___ 0.No
___ 1.Si, ¿con qué frecuencia? __veces a la semana __veces al mes __veces al año
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A11. En esta vivienda, ¿cómo dispone usted las aguas del inodoro y el fregadero (aguas usadas o negras)?

___ 1. Tengo un pozo séptico privado
___ 2. Estoy conectado a un pozo séptico comunal
___ 3. Estoy conectado al sistema pluvial (lluvia)
___ 4. Otro, *Explique* _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe

A12. ¿El pozo séptico privado tiene piso de cemento?

___ 0. No
___ 1. Si
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A13. ¿Cuántas veces al año vacía el pozo séptico? _____

A14. ¿Su pozo séptico tiene un montículo de infiltración?

___ 0. No
___ 1. Si
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A15. ¿Su pozo séptico tiene un campo de infiltración?

___ 0. No
___ 1. Si
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

SECCIÓN B: CONDICIONES DE SALUD Y SÍNTOMAS

Durante la siguiente sección le preguntaremos sobre su estado de salud.

B16. ¿Cómo considera su estado de salud en estos momentos?

___ 1. Excelente ___ 3. Regular ___ 5. Pésimo ___ 9. No Contestó
___ 2. Bueno ___ 4. Malo ___ 8. No Recuerda / No Sabe
*Explique:*_____

_____

_____

B17. ¿Cuál es su peso actual? _____lbs. ____8. No Recuerda/No Sabe ___9. No Contestó

B18. ¿Cuál es su estatura? ___pies ___pulgadas ___8. No Recuerda/No Sabe ___ 9. No Contestó

B19. En los últimos 3 meses, ¿ha tomado algún medicamento recetado?

___ 0. No
___ 1. Si, ¿Cuál (es)? _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A continuación se le pedirá que nos indique si ha padecido de algunos síntomas en las últimas 24 horas.

B20. En las últimas 24 horas, ¿algún dolor de estómago o náuseas le ha impedido llevar a cabo las actividades diarias?

___ 0. No
___ 1. Sí
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

B21. En las últimas 24 horas, ¿usted ha tenido _____?	**0. No**	**1. Sí, ¿Cuántas veces?**	**8. No Recuerda/ No Sabe**
a. vómitos			
b. náuseas			
c. dolor de estómago			
d. vómitos con sangre			
e. heces (caca) negras			
f. sangre en la excreta (caca)			
g. indigestión			
h. acidez			
i. estreñimiento			
j. calambres estomacales			
k. ha tomado laxante			

B22. En las últimas 24 horas, ¿usted ha tenido tres o más episodios de diarrea?

___ 0. No
___ 1. Sí
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

A continuación le voy a mencionar diferentes tipos de bebida, indique si usted bebe alguna de estas.

*A continuación se le pedirá que nos indique si ha tenido algunos síntomas en los **últimos tres meses**.*

B23. En los últimos 3 meses, ¿algún día usted ha tenido _____?	**0. No**	**1. Sí, ¿Cuántos días?**	**8. No Recuerda/ No Sabe**
a. vómitos			
b. dolor de estómago			
c. náuseas con dolor de estómago al mismo tiempo			
d. vómitos con sangre			
e. excreta negra			
f. sangre en la excreta			
g. indigestión			
h. acidez			
i. estreñimiento			
j. calambres estomacales			
k. ha tomado laxante			

B24. En los pasados tres meses, ¿usted ha tenido tres o más episodios de diarrea en un mismo día?

___ 0. No
___ 1. Sí, ¿Cuántos días? _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

B25. En los pasados tres meses…	**0. No**	**1. Sí**	**8. No Recuerda/ No Sabe**
a. ¿Algún dolor de estómago o náuseas le ha impedido llevar a cabo las actividades diarias?			
b. ¿Algún dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea le ha impedido ir al trabajo?			
c. ¿Ha tomado remedios caseros para aliviar síntomas estomacales como dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?			
d. ¿Ha tenido que tomar medicinas no recetadas para aliviar síntomas estomacales como dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?			
e. ¿Ha visitado al médico por dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?			
f. ¿Le han recetado medicamentos para aliviar síntomas estomacales como dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?			
g. ¿Ha visitado la sala de emergencia por dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?			

B26. En los últimos 3 meses, ¿Ha sido hospitalizado por alguna condición gastrointestinal como dolor de estómago, náuseas, vómitos o diarrea?

___ 0. No
___ 1. Sí, ¿Cuál hospital? _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

B27. ¿Alguna vez un médico le ha dicho (diagnosticado) Que padece de____?	0. No	1. Sí	8. No Recuerda/ No sabe
a. gastritis			
b. gastroenteritis			
c. pólipos			
d. úlceras			
e. colitis			
f. divertículos			
g. enfermedad de Crohn			
h. síndrome del colon irritable			
i. reflujo o acidez			

SECCIÓN C: ESTILOS DE VIDA

C28. Aproximadamente, ¿cuántas horas al día pasa usted en su vivienda durante los días en semana (lunes a viernes)? _____ horas

___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C29. Aproximadamente, ¿cuántas horas al día pasa usted en su vivienda durante los fines de semana (sábados y domingos)? _____ horas

___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C30. ¿Usted bebe agua?

___ 0. No
___ 1. Sí, ¿En general cuántos vasos de 8 onzas bebe al día? **_____ (mostrar vaso de 8 oz)**
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C31. ¿Usted toma (bebe) agua de la pluma (grifo) de su vivienda?

___ 0. Nunca
___ 1. Pocas veces
___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C32. ¿Usted toma (bebe) agua de botella?

___ 0. Nunca
___ 1. Pocas veces
___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C33. ¿Usted bebe_____?

ENTREVISTADOR LEA LAS ALTERNATIVAS Y MARQUE TODAS LAS QUE APLIQUEN

___ 1. Jugo concentrado preparado con agua de la pluma (grifo)
___ 2. Jugo en polvo preparado con agua de la pluma (grifo)
___ 3. Café preparado con agua de la pluma (grifo)
___ 4. Té preparado con agua de la pluma (grifo)
___ 5. Chocolate preparado con agua de la pluma (grifo)

C34. ¿Usted usa hielo para enfriar sus bebidas?

___ 0. Nunca → **PASAR A LA PREGUNTA C36**
___ 1. Pocas veces
___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C35. ¿El hielo que utiliza lo prepara con agua de la pluma (grifo)?

___ 0. Nunca
___ 1. Pocas veces
___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C36. ¿Usted lava los alimentos con agua de la pluma (grifo) de su vivienda?

___ 0. Nunca
___ 1. Pocas veces
___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C37. ¿Usted cocina con agua de la pluma (grifo) de su vivienda?

___ 0. Nunca
___ 1. Pocas veces

___ 2. A veces
___ 3. Casi siempre
___ 4. Siempre
___ 9. No Contestó

C38. Usualmente, ¿Cuántas veces usted se baña? _____ día _____ semana
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C39. Usualmente, ¿Cuántas veces usted se lava las manos al día? _____veces
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C40. **¿Cuántas veces usted va al baño a defecar (hacer caca)?** _____día _____semana
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

C41. ¿Se ha bañado o nadado de forma recreacional en los últimos <u>3 meses</u> en alguna playa o río?
___ 0. No
___ 1. Si, ¿Cuántas veces? _____
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

SECCIÓN D. CARACTERÍSTICAS SOCIO-DEMOGRÁFICAS

Terminaremos el cuestionario con una serie de preguntas generales sobre usted.

D42. **Sexo** ___ 1. Masculino ___ 2. Femenino ___ 9. No Contestó

D43. ¿Cuál es su edad? _____ ___ 9. No Contestó

D44. ¿En qué país nació usted?
___ 1. Puerto Rico
___ 2. Estados Unidos
___ 4. Otro, ¿Cuál? _____

D45. ¿**Cuál es su estado civil?**
___ 1. Soltero(a) / Nunca casado(a)
___ 2. Casado(a)
___ 3. Unión Consensual
___ 4. Divorciado(a)
___ 5. Viudo(a)

___ 6. Separado(a)
___ 888. No Recuerda / No Sabe
___ 999. No Contestó

D46. ¿Cuál fue el último grado escolar o nivel educativo que usted completó?

___ 00 No fui a la Escuela
___ 01 ___02 ___03 ___04 ___05 ___06 ___07 ___08 ___09 ___10 ___11
___ 12 Cuarto año de Escuela Superior
___ 13 Grado Asociado (2 años de universidad con un título)
___ 14 Años de universidad pero no terminé ningún grado
___ 15 Bachillerato (4 o 5 años de universidad con grado completado)
___ 16 Estudios graduados
___ 17. Otros _____
___ 88. No Recuerda / No sabe
___ 99. No Contestó

D47. A continuación le voy a indicar diferentes fuentes de ingreso. Por favor indíqueme si usted recibe dinero de alguna de las fuentes que le voy a mencionar.

(ENTREVISTADOR LEA TODAS LAS FUENTES DE INGRESO Y MARQUE TODOS LOS QUE APLIQUEN)

___ Su salario
___ Salario de su pareja
___ Seguro Social
___ Pensión o Retiro
___ Ayuda económica de hijos o hijas
___ Ayuda económica de los padres
___ Ayuda económica de familiares
___ Ayuda económica del gobierno
___ Rentas del alquiler de propiedad o viviendas
___ Negocio propio
___ ¿Alguna otra fuente de ingreso?_____

D48. Aproximadamente, ¿Cuánto dinero entra a su hogar mensualmente considerando todas las fuentes de ingreso?

$_____ mensual $_____ anual
___ 8. No Recuerda / No Sabe
___ 9. No Contestó

D49. ¿Tiene usted algún seguro de salud/plan médico actualmente?

___ 0. No

___ 1. Público (Mi Salud/ Reforma)
___ 2. Privado
___ 3. Medicare
___ 4. Otro _____
___ 8. No Recuerda / No sabe
___ 9. No Contestó

D50. ¿Hace cuánto tiempo reside en esta vivienda? _____meses _____años

___ 8. No Recuerda / No sabe
___ 9. No Contestó

Hemos concluido con la entrevista. ¡Muchas gracias por su participación!