



**Facultad de Medicina Humana y Ciencias de la Salud Escuela
Profesional de Farmacia y Bioquímica**

TESIS:

**“PRESENCIA DE RESIDUOS DE ANTIBIÓTICOS EN AGUA POTABLE EN
LIMA METROPOLITANA”**

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

QUÍMICO FARMACÉUTICO

BACHILLER: HILARIO HUARINGA, Karen Gary.

ASESOR: MSc. MALLQUI BRITO, Ethel Vania.

LIMA – PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres quienes me dieron la vida, educación, consejos; a mi hermano que son la motivación constante que me ha permitido ser una buena persona. A todos, que de alguna manera han contribuido en mi formación personal y profesional dándome su apoyo moral.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Alas Peruanas por permitirnos ser mejores profesionales.

A mi asesora Msc. Ethel Vania Mallqui Brito por su apoyo en la realización de la tesis.

A Ing. Miguel De la Cruz Ydelfonso por su aliento y realización de esta investigación.

A todos las personas que colaboraron de alguna u otra forma en la realización de esta investigación.

INDICE

| | |
|-------------------------|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice | iv |
| Índice de tablas | vii |
| Índice de figuras | viii |
| Resumen..... | ix |
| Abstract..... | x |
| Introducción..... | xi |

Capítulo I: Planteamiento del problema

| | |
|--|----|
| 1.1 Descripción de la realidad problemática | 12 |
| 1.2 Problemas de investigación..... | 13 |
| 1.2.1 Problema general..... | 13 |
| 1.2.2 Problemas específicos..... | 13 |
| 1.3 Objetivos de la investigación..... | 14 |
| 1.3.1 Objeto general | 14 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 14 |
| 1.4 Justificación, importancia y limitaciones de la investigación..... | 14 |
| 1.4.1 Justificación de la investigación | 14 |
| 1.4.2 Importancia de la investigación..... | 15 |
| 1.4.3 Limitaciones de la investigación..... | 16 |

Capítulo II: Hipótesis y variables de la investigación

| | |
|---|----|
| 2.1 Hipótesis de la investigación | 17 |
| 2.2 Variables de la investigación..... | 17 |
| 2.2.1 Identificación y clasificación de variables | 17 |
| 2.2.2 Operacionalización de variables | 18 |

Capítulo III: Marco teórico

| | | |
|---------|---|----|
| 3.1 | Antecedentes de la investigación..... | 19 |
| 3.1.1 | A nivel nacional | 19 |
| 3.1.2 | A nivel internacional | 20 |
| 3.2 | Bases teóricas | 22 |
| 3.2.1 | El agua | 22 |
| 3.2.2 | El agua potable | 23 |
| 3.2.2.1 | Contaminación del agua..... | 25 |
| 3.2.2.2 | Contaminantes del agua..... | 26 |
| 3.2.3 | Antibióticos | 29 |
| 3.2.3.1 | Clasificación | 30 |
| 3.2.3.2 | Mecanismo de toxicidad y resistencia bacteriana | 38 |
| 3.2.3.3 | Antibióticos en el agua potable..... | 40 |
| 3.2.4 | Saneamiento del agua potable..... | 42 |
| 3.2.4.1 | Sistema de tratamiento del agua potable en la Planta – La Atarjea | 42 |
| 3.2.4.2 | Procesos de potabilización del agua | 43 |
| 3.2.4.3 | Sistema de distribución de la Planta de Tratamiento – La Atarjea | 43 |
| 3.2.5 | Métodos analíticos para la detección de residuos de antibióticos | 45 |
| 3.2.5.1 | Cromatografía | 45 |
| 3.3 | Definición de términos básicos | 47 |

Capítulo IV: Metodología de la investigación

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Tipo y nivel de la investigación..... | 49 |
| 4.1.1 | Tipo de investigación..... | 49 |
| 4.1.2 | Nivel de investigación | 49 |
| 4.2 | Método y diseño de la investigación..... | 50 |
| 4.2.1 | Método de la investigación..... | 50 |
| 4.2.2 | Diseño de la investigación..... | 50 |
| 4.3 | Población y muestra de la investigación | 50 |
| 4.3.1 | Población | 50 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3.2 Muestra | 50 |
| 4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 51 |
| 4.4.1 Técnicas | 51 |
| 4.4.2 Instrumentos | 51 |
| 4.5 Procedimiento de recolección de datos | 51 |
| | |
| Capítulo V: Presentación, análisis e interpretación de resultados | |
| 5.1 Análisis de tablas y gráficos..... | 55 |
| 5.2 Discusión de los resultados | 62 |
| | |
| Conclusiones..... | 65 |
| Recomendaciones..... | 66 |
| Referencias bibliográficas | 67 |
| Anexos | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla N°1: Clasificación de los antibióticos según interacción con las bacterias | 30 |
| Tabla N°2: Antibióticos según su efecto..... | 32 |
| Tabla N°3: Matrices del sistema de distribución primaria de agua potable | 44 |
| Tabla N°4: Reactivos para la fase móvil de la cromatografía en capa fina | 53 |
| Tabla N°5: Reveladores para la cromatografía en capa fina..... | 54 |
| Tabla N°6: Identificación de penicilina en muestras de agua potable en el reservorio primario “La Menacho” El Agustino | 56 |
| Tabla N°7: Identificación de penicilina en muestras de agua potable en el reservorio primario “San Borja” San Borja..... | 57 |
| Tabla N°8: Identificación de sulfonamidas en muestras de agua potable en el reservorio primario “La Menacho” El Agustino..... | 58 |
| Tabla N°9: Identificación de sulfonamidas en muestras de agua potable en el reservorio primario “San Borja” San Borja..... | 59 |
| Tabla N°10: Identificación de quinolonas en muestras de agua potable en el reservorio primario “La Menacho” El Agustino | 60 |
| Tabla N°11: Identificación de quinolonas en muestras de agua potable en el reservorio primario “San Borja” San Borja..... | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N°1: Contaminación del agua | 26 |
| Figura N°2: Estructuras químicas de algunas sulfas | 37 |
| Figura N°3: Recolección de las muestras de agua potable en el reservorio primario “La Menacho” | 52 |
| Figura N°4: Recolección de las muestras de agua potable en el reservorio primario “San Borja ” | 52 |

RESUMEN

Introducción: En la actualidad resulta muy complicado desarrollar un plan operativo que permita obtener a partir de aguas residuales un agua apta para el consumo de la población, incluyendo libre de patógenos, residuos tóxicos y residuos de antibióticos. **El objetivo** de la investigación fue determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo penicilinas, sulfometoxazol y el grupo de quinolonas; en el agua potable de dos reservorios primarios La Menacho y San Borja, en Lima Metropolitana. **Material y métodos:** Es un estudio descriptivo, básica, transversal y prospectivo. Se determinó la presencia de antibióticos más utilizados en la comunidad, mediante la técnica de cromatografía en capa fina. **Resultados:** La determinación de residuos de antibióticos en agua potable de las dos redes del reservorio primario de La Menacho y San Borja; en Lima Metropolitana se llevó a cabo de manera aleatoria; la investigación de antibióticos de residuos de penicilina, sulfonamidas y quinolonas en agua potable, resultaron ser negativos en las 20 muestras analizadas. Y se concluyó que no hay presencia de residuos de antibióticos en el agua potable en Lima Metropolitana.

Palabra clave: Antibióticos, agua potable, nivel socioeconómico, cromatografía en capa fina.

ABSTRACT

Introduction: At present it is very complicated to develop an operative plan that allows to obtain from wastewater a water apt for the consumption of the population, including free of pathogens, toxic waste and residues of antibiotics. **The objective** of the research was to determine the presence of antibiotic residues of the penicillin group, sulfometoxazole and the quinolone group; in the drinking water of two primary reservoirs La Menacho and San Borja, in Metropolitan Lima. **Material and methods:** It is a descriptive, basic, transversal and prospective study. The three groups of antibiotics most commonly used in the community were determined, using the thin layer chromatography technique. **Results:** The determination of antibiotic residues in drinking water of the two networks of the primary reservoir of La Menacho and San Borja; in Metropolitan Lima it was carried out in a random way; the investigation of antibiotics of penicillin residues, sulfonamides and quinolones in drinking water, turned out to be negative in the 20 samples analyzed. And it was concluded that there is no presence of antibiotic residues in drinking water in Metropolitan Lima.

Keyword: Antibiotics, drinking water, socioeconomic status, thin layer chromatography.

INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países de América del Sur con mayor riqueza *hídrica*, tal es así, que se encuentra en el octavo lugar en el ranking a nivel mundial de los países que presentan este recurso hídrico en mayor cantidad. La costa peruana concentra un poco más del 70% de la población que cuenta con el 1,8% del total de agua. Siendo SEDAPAL, la empresa prestadora de servicio de agua potable y alcantarillado de Lima y Callao, y continúa en el arduo trabajo de ampliaciones de las redes de agua potable.

Las plantas de tratamientos de aguas residuales transportan residuos de las industrias farmacéuticas, institutos, hospitales, clínicas conteniendo desechos domésticos, industriales y farmacéuticos, entre estos se encuentran los residuos de antibióticos presentando metabolitos con diferentes estructuras químicas y propiedades fisicoquímicas. En la actualidad se considera de suma importancia que el agua potable de consumo directo a la población, cuente con las consideraciones mínimas y no excedan en residuos de antibióticos principalmente en las redes de agua potable.

Por lo tanto el objetivo del presente trabajo de investigación, aunque siendo del tipo descriptivo; busca determinar la presencia de residuos de antibióticos de los grupos de penicilina, sulfonamidas y quinolonas en dos reservorios primarios que alimentan a los distritos de El Agustino y San Borja ubicados en Lima Metropolitana.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El Perú cuenta con más de diez empresas prestadoras de servicios de agua potable y alcantarillado, la institución encargada de la regulación y supervisión del recurso hídrico potable está regulada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) que tiene como función normar, supervisar y fiscalizar a las empresas de saneamiento a nivel nacional.¹⁻²

Investigaciones realizadas hacen referencia a la presencia de residuos de antibióticos en agua potable en Lima Metropolitana asociados a diferentes factores, entre ellos se encuentran el incremento de la población y principalmente al incorrecto hábito de eliminación de los antibióticos vertidos directamente al Río Rímac, Río Chillón y Río Lurín.³⁻⁴

Las plantas de tratamiento de agua potable son las responsables de controlar la contaminación de este recurso que debe estar libre de todo residuo, incluyendo a los antibióticos, pues supone un peligro para la salud.

En la actualidad el Perú no cuenta con un manejo integrado y

eficiente del control del recurso hídrico pues se ha demostrado contaminación con residuos de medicamentos, siendo importante promover estudios de análisis de residuos de antibióticos que garantice la calidad de agua potable a cada ciudadano peruano.⁴

Por tal razón el presente trabajo de investigación realizó el análisis empleando el método de cromatografía en capa fina para determinar la presencia de residuos de antibióticos en agua potable de dos reservorios primarios de la Atarjea, en Lima Metropolitana.

1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

PG: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos en el agua potable en Lima Metropolitana?.

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

PE 1: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo de penicilinas en el agua potable en Lima Metropolitana?.

PE 2: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo sulfonamidas en el agua potable en Lima Metropolitana?.

PE 3: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo quinolonas en el agua potable en Lima Metropolitana?.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

OG: Determinar la presencia de residuos de antibióticos en el agua potable en Lima Metropolitana.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OE 1: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo de penicilinas en el agua potable en Lima Metropolitana.

OE 2: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo sulfonamidas en agua potable en Lima Metropolitana.

OE 3: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo quinolonas en agua potable en Lima Metropolitana.

1.4 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la información proporcionada por el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), dieron a conocer que la producción de agua potable va disminuyendo aproximadamente en 1,8% en metros cúbicos cada año, esta cifra es preocupante pues se trata de 55 millones 258 mil metros cúbicos⁵. A este problema se añade el aumento de la población demográfica principalmente en Lima, la capital; a ello se

suma al consumo indiscriminado de productos farmacológicos el uso y abuso de los antibióticos.^{5,6}

Por su composición química los antibióticos son difíciles de ser totalmente eliminados del medio ambiente, por lo tanto estos generan residuos que se mantienen en las aguas residuales.⁶

El presente estudio de investigación presenta una justificación teórica, por que busca brindar conocimiento sobre la presencia de residuos de antibióticos en agua potable de la planta de tratamiento de agua potable en Lima-Metropolitana.

1.4.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

El Perú es un país con una alta tasa de pobreza, por lo tanto hay poblaciones que no cuentan con el servicio de agua potable y alcantarillado sin embargo, a esta realidad nacional se suma la inadecuada eliminación de desechos y entre éstos se incluye la eliminación de residuos de antibióticos (derivados de la penicilina, sulfonamidas y quinolonas), poniendo en peligro a la población peruana del cual dependen del servicio de SEDAPAL.⁷

Por lo cual esta investigación es de gran importancia cuyo resultado servirá de antecedente a futuras investigaciones en el ámbito de salud pública. De esta manera se podrá contribuir en que las entidades competentes establezcan medidas de control que logren reducciones significativas de antibióticos y otros agentes en el agua ya que por bioacumulación resultan perjudiciosos para la salud en la población peruana.

1.4.3 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- Dificultad para el acceso de datos estadísticos por parte de la empresa SEDAPAL.
- No se encontró información sobre estudios de residuos de medicamentos en agua potable.
- Elevado costo al investigar los analitos por cromatografía.

CAPÍTULO II

HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Por ser un trabajo de investigación de tipo descriptivo, no presenta hipótesis.

2.2 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

2.2.1 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES

Univariable: Presencia de residuos de antibióticos en agua potable.

2.2.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| Variable | Definición conceptual | Dimensión | Indicador | Punto de corte |
|---|---|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Residuos de antibióticos en agua potable. | Productos farmacéuticos, son sustancias químicas sintéticas o naturales que se pueden encontrar como residuos en el agua potable. | Positivo/ Negativo. | Presencia de coloraciones. | Ausencia/ presencia. |

Fuente: Elaboración propia 2017

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 A NIVEL NACIONAL

Larios Meoño J. LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ (2015) Universidad San Ignacio de Loyola. La presente investigación refiere que la población de América Latina se encuentra concentrada en las capitales y/o en las grandes ciudades en más de un 80%. Sin embargo, la provisión de agua es insuficiente. Más aún, el 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento. En el Perú, solamente se ha ejecutado el 30% de la inversión pública en tratamiento de aguas residuales, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006-2015. La contaminación del agua ocurre a niveles primario, secundario y terciario de las fuentes de agua. Las sustancias que contaminan el agua son orgánicas e inorgánicas. En todos los casos, la contaminación del agua potable pone en riesgo y peligro la salud, según manifiesta la Organización Mundial de la Salud (OMS).⁸

Florez Franco R. ANALISIS DEL PROBLEMA DEL AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO: CIUDAD DE PUNO (2014). Universidad Nacional del Altiplano. La presente investigación tuvo por objetivo principal analizar la problemática de los servicios de agua potable en el departamento de Puno, el saneamiento, sus efectos en la salud y el medio ambiente, centrándose en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales producidas por los pobladores, donde se evidencia los receptores de fuentes de contaminación tales como domésticos, industriales, mineros y agrícolas; reduciendo la disponibilidad de agua potable y/o incrementando los costos del tratamiento del agua potable para el abastecimiento humano, llegando a las siguientes conclusiones: las aguas residuales vienen afectando la calidad del agua y no existen plantas de tratamiento con tecnologías adecuadas que permitan cumplir con las normas establecidas, se suma el desempleo para garantizar la sostenibilidad y funcionamiento de una planta de tratamiento.⁹

Chulluncuy Camacho N. TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO (2011). Universidad Mayor de San Marcos, Ingeniería Industrial. El agua es un recurso valioso y escaso, por lo tanto la población debe utilizarla de forma racional, el objetivo del presente estudio hace referencia a las diversas actividades generadas por el hombre que han provocado modificación de los recursos hídricos, alcanzando niveles de contaminación que hacen del agua no apta para el consumo humano, por esta razón los procesos para tratar el agua son cada vez más complejos. El agua potable debe estar libre de microorganismos patógenos, sustancias tóxicas o nocivas y cumplir con las normas

bacteriológicas y fisicoquímicas establecidas.¹⁰

3.1.2 A NIVEL INTERNACIONAL

Gil M, Soto M, Usma J, Gutiérrez O. CONTAMINANTES EMERGENTES EN AGUAS, EFECTOS Y POSIBLES TRATAMIENTOS. BRASIL (2012). La presente investigación tuvo como objetivo revisar los principales contaminantes emergentes como pesticidas, productos farmacéuticos, drogas ilícitas, entre otros y sus efectos nocivos para la salud. Para lo que proponen diversos tratamientos para su eliminación. Debido a que los residuos farmacéuticos llegan al agua potable a través de las plantas de tratamiento de aguas residuales; los fármacos más usados a nivel mundial son los analgésicos, antihipertensivos y antimicrobianos. Los métodos de tratamientos para eliminación de contaminantes emergentes son: i) tratamientos fisicoquímicos: se encuentra procesos tradicionales como coagulación y floculación. ii) tratamiento biológico, iii) tratamientos avanzados: método de oxidación avanzada. Concluyen que los contaminantes emergentes por presentar bajas concentraciones no son eliminadas eficazmente con los tratamientos de agua de forma convencional lo cual podría causar acumulación y causar gran impacto en la salud y medio ambiente¹¹

Quesada I, Jáuregui U, Wilhelm A, Delmas H. CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS CON PRODUCTOS FARMACÉUTICOS ESTRATEGIAS PARA ENFRENTAR LA PROBLEMÁTICA. LA HABANA – CUBA (2008). El estudio demostró que los productos farmacéuticos se

encuentran en aguas residuales provenientes de las industrias, de los hospitales y en los desagües de la población. No todos los productos farmacéuticos son removidos lo suficiente con los sistemas actuales de tratamiento por lo que pueden estar presentes en las aguas residuales de las plantas de tratamiento, en distintos cuerpos de agua e incluso en el agua potable a muy bajas concentraciones. Demostrando que los productos farmacéuticos en el medio ambiente así como en el agua potable para el consumo humano, causan ecotoxicidad, por lo tanto se debe trabajar en presentar estrategias para disminuir el impacto sobre el medio ambiente.¹²

3.2 BASES TEÓRICAS

3.2.1 EL AGUA

Es un compuesto con características únicas, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos. Es esencial para la vida, pero para muchos millones de personas en todo el mundo es un recurso escaso; por eso luchan diariamente para conseguir agua apta para el consumo y para atender a sus necesidades básicas¹². Cubre las tres cuartas partes (71%) de la superficie de la Tierra y representa, entre el 50 y el 90% de la masa de los cuerpos de los seres vivos. A diferencia de otros recursos, es un líquido vital, no tiene sustituto; toda la biosfera sobrevive gracias al agua.¹³

En el Perú el agua se encuentra en tres vertientes;

Pacífico, Atlántico y Lago Titicaca. En el Pacífico se consume menos del 50% del agua disponible, el resto regresa al mar.

En los últimos años se está volviendo escaso, menos del 1% del agua del planeta es dulce y accesible para el hombre, este porcentaje varía de acuerdo al lugar, el clima o la época del año, mostrando el problema de escasez de los recursos hídricos; proviene de los cursos de superficie (ríos y arroyos) y de las recargas subterráneas. La lluvia es la principal fuente para los ecosistemas y para la vegetación. El manejo razonable de este recurso es importante para la sobrevivencia humana. Los cambios de clima, las sequías, la desertificación y las inundaciones han ocasionado que los manantiales y lagos estén en acelerada vía de extinción.¹³

3.2.2 AGUA POTABLE

El historiador *Carl Grimberg*, describió que un gran porcentaje de la población, cerca del 60%, moría a causa de enfermedades relacionadas o transmitidas por el agua de bebida, la creación de los mecanismos que permiten desinfectar el agua de bacterias mejoró de manera radical el nivel de vida de la humanidad.¹³

Por ello, el agua potable, cuando es suministrada dentro de los parámetros establecidos de calidad, garantiza un líquido saludable tanto para beber y cocinar como para realizar las tareas relativas a la higiene personal. Sin embargo en el Perú es todavía más complejo considerando que de un total de 27,1 millones de habitantes, sólo 72,3% viven en zonas urbanas, mientras que 27,7% lo hacen en

zonas rurales, cuyas poblaciones habitualmente tienen menor acceso. De la población urbana, 81,1% tiene acceso directo al agua potable; el resto se abastece mediante piletas u otros sistemas públicos alternativos.¹⁴

La población urbana del Perú recibe el servicio de agua potable y alcantarillado a través de empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS).

Estas empresas abastecen aproximadamente a 13,5 millones de habitantes; de ellos, 7,9 millones son abastecidos por ríos y lagos, y 5,6 millones por pozos, manantiales y galerías de infiltración. Las EPS del país tienen la responsabilidad de brindar a la población, a un costo razonable y en cantidad suficiente, agua que cumpla los estándares de calidad para el consumo humano porque, sea cual sea la manera en que accedemos a ella y sin importar el tipo de fuente de abastecimiento, el agua debe ser de buena calidad y no afectar nuestra salud

3.2.2.1 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POTABLE

Es la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico (río, mar, cuenca, etc.) alterando su calidad. Las sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al agua, estos pueden causar daños a la salud, y al ambiente, tal como se muestra en la figura N° 1.¹⁵

Las agua servidas domésticas e industriales descargadas diariamente a los ríos naturales de Lima y Callao, vierten una concentración de 10^{18} microorganismos de origen fecal por día. Así, podríamos ir evaluando cada parámetro que sirve como referencia para conocer el estado y la calidad de agua que se consume y que van a dar origen a la desestabilización del medio ambiente, polución y contaminación de los ríos, lagos. Nos asombraríamos del daño que el desarrollo y crecimiento urbano e industrial están originando actualmente en nuestros recursos naturales, en especial en el limitado agua potable.^{15,16}

El Perú tiene plantas de tratamiento de aguas potables y residuales, sin embargo, presentan serias deficiencias en el tratamiento de agua potable y saneamiento, afectando seriamente a los grupos de bajos ingresos y áreas rurales. Por ello resulta necesario mejorar la vigilancia de la calidad de este recurso que se traduce en

inocuidad.¹⁶

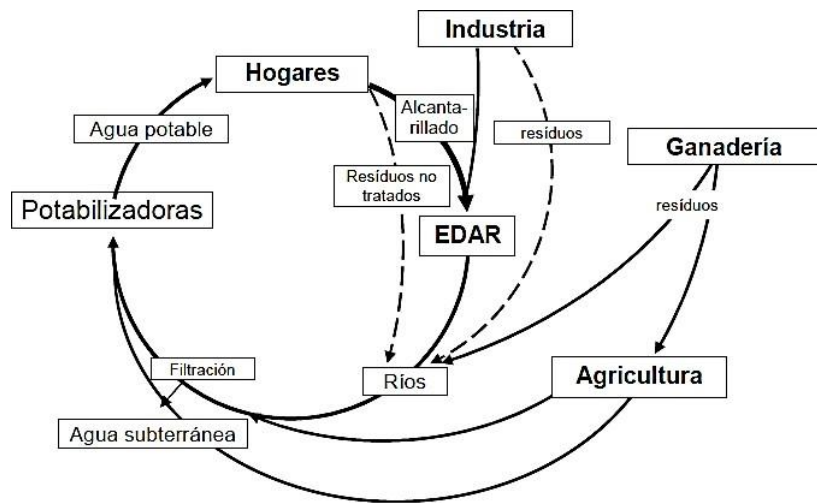


Figura N° 1: CONTAMINACIÓN DEL AGUA
Fuente: Damia Barceló y María José López, 2014.

3.2.2.2 CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE

La insuficiente cobertura y la inadecuada calidad del sistema de tratamiento de los servicios de agua potable y saneamiento no sólo causan efectos nocivos en la salud de la población sino que, además, afectan al medio ambiente, la economía, el comercio exterior.¹⁶

En la actualidad los orígenes de las contaminaciones subterráneas superficiales y del agua potable son variados; el recurso hídrico se convierte en el contenedor de compuestos tóxicos y nocivos para la población y el ecosistema.¹⁷

Un contaminante fundamental lo constituyen los medicamentos provenientes de los hospitales y la Industria Farmacéutica.^{16,18}

- Desechos de hospitales: Las aguas residuales hospitalarias son variables y su composición depende de factores tales como, la cantidad de pacientes y las enfermedades tratadas.
- Industria farmacéutica: Las plantas productoras de medicamentos son polivalentes y sus aguas residuales son intermitentes, fluctuantes y poseen una composición variable dependiendo del régimen de producción y los productos fabricados.

Las aguas residuales de la Industria Farmacéutica y las instalaciones hospitalarias reciben tratamiento antes de ser vertidas al medio, pero los procesos aplicados son biológicos. El paso por el sistema de tratamiento biológico ofrecen una caracterización detallada del comportamiento de un fármaco antes y después de su eliminación o neutralización.¹⁸

CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES DEL AGUA POTABLE

Los contaminantes que se encuentran en el agua se pueden clasificar en tres formas:

- Por su naturaleza: Física química o biológica (compuestos químicos orgánicos e inorgánicos, bionutrientes y microorganismos).^{19,20}
- Por su origen: Urbano, industrial, agrario y farmacológico.^{19,20}
- Por efecto sobre los seres humanos y/o medioambiente: Efecto tóxico o

bioacumulativos, efecto de carácter ecológico y efecto de carácter mixto toxico – ecológico.

19,20

1. CONTAMINANTES QUÍMICOS

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen compuestos químicos en el agua potable y aguas residuales, los efectos producen múltiples acciones, entre los más importantes:

- Acción tóxica y cancerígena.
- Incidencia sobre la producción de alimentos.
- Limitación del uso del agua con fines recreativos.
- Reducción de las posibilidades de su uso industrial y agropecuario.²⁰

2. CONTAMINANTES FÍSICOS

Los contaminantes emergentes que presentan estructuras fisicoquímicas no son fáciles de remover en un sistema de tratamiento convencional de aguas residuales. Es necesario del desarrollo de métodos y análisis para neutralizar o eliminar los compuestos que presentan estructuras fisicoquímicas estables.¹¹⁻²⁰

3. CONTAMINANTES CON FÁRMACOS

Los fármacos representan una nueva clase de

contaminantes del medio ambiente y han sido detectados en aguas superficiales, en aguas subterráneas e incluso en el agua potable. Estos productos incluyen antibióticos, hormonas, analgésicos, tranquilizantes y los productos de la quimioterapia suministrados a pacientes del área de oncología.²¹

La contaminación por medicamentos proviene, fundamentalmente de la remoción insuficiente de estos productos en las plantas de tratamiento, que utilizan principalmente procesos biológicos, por lo tanto se hace indispensable el desarrollo de nuevas técnicas de tratamiento que permitan una remoción más eficiente de los productos farmacéuticos.²¹

3.2.3 ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos son sustancias químicas producidas por varias especies de microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) que suprimen el crecimiento de otros microorganismos por acción bactericida o bacteriostática. En la actualidad el uso del término “antibióticos” se ha ampliado para incluir compuestos sintéticos, como las sulfonamidas y las quinolonas, que presentan también actividad antibacteriana.²²

3.2.3.1 CLASIFICACIÓN

Existen varios tipos de clasificaciones para agrupar a éstas moléculas, según su interacción con las bacterias; según su efecto; según el mecanismo de acción y según su estructura química:

✓ Según su interacción con las bacterias

Las bacterias según su capacidad tintorial se clasifican en bacterias Gram positivas y bacterias Gram negativas. La actividad de los antibióticos frente a las bacterias se clasifican en tres grupos, tal como se muestra en la tabla N°1.²³

TABLA N°1
CLASIFICACIÓN SEGÚN NTERACCIÓN CON
LAS BACTERIAS

| Antibióticos contra Gram positivos | Antibióticos contra Gram negativos | Antibióticos de amplio espectro |
|---|--|---|
| Glicopéptidos Lincosamida Rifampicina | Aminoglucósidos Aminociclitoles Polipéptidos | Cefalosporinas Carbapenémicos Anfenicoles Macrólidos Quinolonas β -Lactámicos Tetraciclinas |

Fuente: María Elena Benito Peña 2006.

A continuación se describe algunos antibióticos de importancia clínica:

- **Penicilinas:**

Las penicilinas constituyen uno de los grupos de antibióticos de mayor importancia a nivel mundial, actualmente son prescritos en atención primaria, útiles en el tratamiento de enfermedades infecciosas, debido a su escasa toxicidad y amplio espectro de actividad, siguen siendo unos de los grupos más importantes y continúan sintetizándose nuevos derivados del núcleo penicilínico básico. El espectro de las penicilinas incluye bacterias Gram positivas, Gram negativas y espiroquetas. No son activas sobre los Micoplasmas ni sobre bacterias intracelulares.²⁴

- **Sulfonamidas:**

Presenta una actividad inhibitoria frente a un gran número de bacterias Gram positivas y Gram negativas.²⁴

- **Quinolonas:**

Son ampliamente utilizados en medicina humana. Inicialmente su uso estaba restringido al tratamiento sobre bacterias Gram negativas. Posteriormente y a raíz de modificaciones estructurales sobre la molécula base, aumentó su espectro de actividad haciéndolas útiles para el tratamiento de infecciones respiratorias y otras de tipo sistémico, mejorándose ampliamente los aspectos farmacocinéticos

asociados como son: absorción oral, penetración intracelular y metabolización.²⁴⁻²⁵

✓ **Según su efecto**

Existen 2 mecanismos principales, las de:

Acción bactericida: destruyendo los microorganismos existentes.

Acción bacteriostática: impidiendo su reproducción, tal como se muestra en la tabla N°2.²⁶

TABLA N°2 ANTIBIÓTICOS SEGÚN SU EFECTO

| Bactericidas | Bacteriostáticos |
|-----------------|------------------|
| β-Lactámicos | Amfenicoles |
| Aminoglucósidos | Lincosamidas |
| Glicopéptidos | Macrólidos |
| Quinolonas | Sulfonamidas |
| Rifampicina | Tetraciclinas |

Fuente: María Elena Benito Peña, 2006.

A continuación se describe algunos antibióticos de importancia clínica:

• **Penicilinas**

Las penicilinas son agentes bactericidas y su efecto es lento y dependiente del tiempo. Inhiben la síntesis de la pared celular bacteriana e inducen un efecto autolítico. Se eliminan a través del riñón

• **Sulfonamidas**

Actúa como bacteriostático impidiendo la producción de agentes microbiológicos.

• **Quinolonas**

Las quinolonas actúan como agentes bactericidas, y por las modificaciones de la estructura química presenta amplio espectro.

26

✓ **Según el mecanismo de acción**

Esta clasificación es en función a la vía que utilizan para actuar sobre los microorganismos.

De este modo encontramos:

Inhibidores de la síntesis de la pared celular:

forman parte de este grupo los antibióticos β -lactámicos (penicilinas).

Modificadores de la función de la membrana

celular: compuestos que actúan de modo indirecto sobre la membrana celular del microorganismo afectando su permeabilidad y permitiendo la fuga de compuestos intracelulares.

Inhibidores de la síntesis proteica:

dentro de este grupo de antibióticos, se puede destacar aquellos que alteran la funcionalidad de las subunidades ribosómicas 30S y 50S causando inhibición reversible de la síntesis proteica (cloranfenicol, tetraciclinas, eritromicina y clindamicina); y aquellos que se unen a la subunidad 30S alterando la síntesis proteica y

dando lugar a la muerte celular (aminoglucoSIDOS).

Inhibidores de la síntesis o función de los ácidos nucleicos: en este grupo destacan la rifampicina, quinolonas o antivirales, que pueden actuar mediante tres mecanismos: interfiriendo la replicación de ADN, impidiendo la transcripción o inhibiendo la síntesis de metabolitos esenciales.^{24, 27}

A continuación se describe algunos antibióticos de importancia clínica:

•Penicilinas

En las bacterias Gram positivas, el peptidoglicano de la pared celular es gruesa, las bacterias Gram negativas tienen una pared celular más fina y más compleja que consta de una membrana externa formada por lípidos y proteínas y de una delgada capa interna de peptidoglucano. Las penicilinas inhiben precisamente esta unión o transpeptidación, última etapa de la síntesis de la pared celular.

²⁷

•Sulfonamidas

Las sulfonamidas son análogos estructurales y antagonistas del PABA (ácido para amino benzoico) e impiden la utilización de este compuesto para la síntesis de ácido fólico. Este a su vez actúa en la síntesis de timina y purina. Esta acción se ejerce compitiendo por la acción de una enzima bacteriana

responsable de la incorporación de PABA al ácido dihidropteroico, precursor del ácido fólico.

•Quinolonas

Estos compuestos actúan sobre los microorganismos inhibiendo la replicación del ácido desoxirribonucleico (ADN) bacteriano, careciendo de efecto sobre la síntesis nuclear de este ácido en las células eucarióticas. El ácido nalidíxico es un inhibidor de la replicación del ADN tanto cromosómico como extracromosómico.²⁷

✓ Según su estructura química

Se fundamenta según los núcleos base de sus estructuras, los cuales les confieren cierta semejanza en sus propiedades físico-químicas y farmacológicas.^{25.27}

•Penicilinas

La estructura básica de las penicilinas está formada por un sistema cíclico β -lactámico unido a un anillo tiazolidínico que origina el ácido 6-aminopenicilánico. Ésta estructura

deriva de la condensación de una molécula de valina y otra de cisteína para dar lugar al doble anillo característico. El propio núcleo de la penicilina es el elemento estructural fundamental para su actividad biológica; la transformación metabólica, o la alteración química, de esta parte de la molécula hacen

que se pierda toda la acción bacteriana.²⁷

●Sulfonamidas

El compuesto base de las sulfonamidas es la sulfanilamida, cuya estructura es similar al PABA, factor requerido por las bacterias para la síntesis del ácido fólico. Importa el grupo amino libre en posición 4, pues se relaciona con su actividad. Las sustituciones a nivel del radical sulfonilo modifican las características farmacocinéticas, pero no la actividad derivada de la condensación de una molécula de valina y otra de cisteína para dar lugar al doble anillo característico. El propio núcleo de la penicilina es el elemento estructural fundamental para su actividad biológica; la transformación metabólica, o la alteración química, de esta parte de la molécula hacen que se pierda toda la acción bacteriana.²⁷

●Sulfonamidas

El compuesto base de las sulfonamidas es la sulfanilamida, cuya estructura es similar al PABA, factor requerido por las bacterias para la síntesis del ácido fólico. Importa el grupo amino libre en posición 4, pues se relaciona con su actividad. Las sustituciones a nivel del radical sulfonilo modifican las características farmacocinéticas, pero no la actividad antibacteriana. Las sustituciones en el grupo amino en posición 4 dan compuestos de

menor absorción intestinal, tal como se demuestra en la figura N°2.²⁸

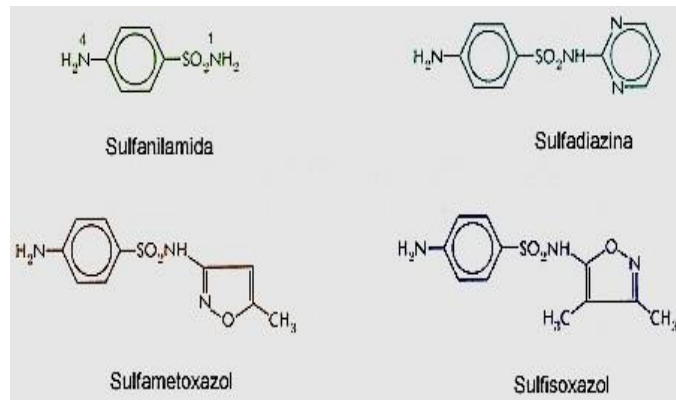


FIGURA N° 2: ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE ALGUNAS SULFAS

Fuente: Saenz Peña 2007.

A continuación se describe algunos antibióticos de importancia clínica:

•Quinolonas

Las quinolonas representan una clase de antibióticos homogéneos desde el punto de vista químico. Aunque no tienen una estructura química básica idéntica, sí comparten un esqueleto tipo que es el anillo 4-oxo-1,4- dihidroquinolona. Todas ellas derivan de ácidos carboxílicos heterocíclicos clasificados en cuatro grupos:

1. Las 8-N-quinolonas, dentro de este grupo se incluyen el ácido nalidíxico, la enoxacina y la trovafloxacina.
2. Las 2-N-quinolonas, a este grupo pertenece la cinoxacina.
3. Derivados de la quinoleina, a este grupo encontramos a la norfloxacina, amifloxacina,

ofloxacina, difloxacina, fleroxacina y flumequina.

4. Las 6,8-N,N-quinolonas, a este grupo tenemos a los ácidos piromídico y pipemídico.²⁶⁻²⁹

3.2.3.2 MECANISMO DE TOXICIDAD Y RESISTENCIA BACTERIANA

El uso generalizado e indiscriminado de agentes antibacterianos en medicina ha provocado el desarrollo de cepas medioambientales resistentes a dichos compuestos, afectando peligrosamente a los ecosistemas. La comunidad científica ha manifestado una gran preocupación por el alarmante incremento de la resistencia de las bacterias a los antibióticos que se traduce en un problema para el tratamiento de enfermedades infecto-contagiosa.²⁹

Los antibióticos son susceptibles a presentar toxicidad bacteriana y ser potencial para inducir resistencia antibacteriana. Pueden desarrollar varios mecanismos de resistencia. El control genético de estos mecanismos puede ser cromosómico, plasmídico o por transposones. La resistencia cromosómica aparece por mutación, mientras que los plásmidos y los transposones pueden ser autotransferibles entre bacterias.²⁹

A continuación se describen algunos antibióticos y su resistencia:

- **Penicilinas**

Las penicilinas producen alteraciones de la permeabilidad celular, la presencia de la membrana externa en los bacilos Gram negativos dificulta la penetración de sustancias hidrofílicas de las penicilinas.

- **Sulfonamidas**

Las sulfonamidas provoca una alteración en la constitución de la célula bacteriana que causa: i) afinidad más baja por sulfonamidas por la sintasa de dihidropteroato, ii) disminución de la permeabilidad bacteriana o salida activa del medicamento, iii) una vía metabólica alternativa para la síntesis de un metabolito esencial y iv) un aumento de la producción de un metabolito esencial o antagonista del fármaco.

- **Quinolonas**

La resistencia a las quinolonas está relacionada principalmente a la acción de la topoisomerasa II ya los cambios en el contenido de lipopolisacáridos en la pared celular y alteraciones simultáneas de su permeabilidad.²⁹

3.2.3.3 ANTIBIÓTICOS EN EL AGUA POTABLE

Actualmente existe un creciente interés por los contaminantes emergentes como los residuos de antibióticos. Han pasado en gran medida inadvertidos, causando problemas ambientales y de riesgo para la salud. Estos compuestos se encuentran diseminados en el ambiente y se han detectado en fuentes de abastecimiento de agua, aguas subterráneas e incluso en agua potable.

En la última década ha aumentado la medición de residuos farmacéuticos. Dado que los fármacos se diseñan específicamente para causar efectos farmacológicos en organismos vivos, no es de extrañar que un número creciente de estudios hayan demostrado que los fármacos tienen efectos adversos en la flora y la fauna y en la salud de los ecosistemas.

Evaluar los riesgos potenciales a largo plazo de residuos de antibióticos en el agua potable conforma todo un reto, sobre todo si tenemos en cuenta que en la actualidad el agua potable no es objeto de monitorización sistemática. Esta situación ha desencadenado la preocupación pública en relación con la calidad estético-higiénica del agua potable.³⁰

RESIDUOS DE ANTIBIÓTICOS: PENICILINA, SULFONAMIDA Y QUINOLONA EN AGUA POTABLE

Tras pasar por el cuerpo, los ingredientes activos de

los antibióticos son excretados o bien en su misma forma activa, o bien como sustancia metabolizada. Los sistemas de aguas residuales municipales recogen una gran variedad de fármacos humanos (y sus metabolitos), tales como penicilina, sulfonamida y quinolona, administrados principalmente en hogares y hospitales. Los medicamentos sin utilizar desechados inadecuadamente en lavaderos y sanitarios también desembocan en el sistema de aguas residuales municipal. Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales convencionales, incluyendo los procesos de fangos activados, no consiguen eliminar en su totalidad los antibióticos de las aguas. De este modo, los residuos llegan a ríos, lagos y acuíferos subterráneos. Además, se ha demostrado que las instalaciones de fabricación de productos farmacéuticos desprenden ingredientes activos en corrientes de aguas cercanas.³¹

3.2.4 SANEAMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LIMA

Considerando que Lima se encuentra en una región árida sin precipitación (10 mm al año), el agua siempre será una preocupación. Si bien los ríos Rímac, Chillón y Lurín atraviesan la ciudad, estos tienen muy poco caudal en la época de estiaje. A esta situación, se suma la alta contaminación del agua por las descargas industriales, domésticas y agrícolas.³²

La empresa prestadora de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Lima y Callao (SEDAPAL), viene desarrollando ampliaciones y mejoramientos en las *Redes*

de Agua Potable, estos trabajos se deben al crecimiento demográfico en la ciudad; al mismo tiempo estas mejoras son también a nivel operacional, en el manejo de sus redes primarias y secundarias, lo cual permitirá una eficiente distribución del agua a la población. Actualmente, de los 49 distritos que existen en la Provincia de Lima y la Provincia Constitucional del Callao, 48 están bajo la administración total de SEDAPAL, y uno está administrado por su respectiva municipalidad.^{30,32}

3.2.4.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO – LA ATARJEA

El sistema de almacenamiento de agua potable, refiere a los depósitos, los cuales son estructuras aptas para retener cierto volumen de agua, estas estructuras deben contar además, con las instalaciones complementarias precisas para cumplir con las variaciones de caudal durante el día y asegurar el servicio.³²

3.2.4.2 PROCESOS DE POTABILIZACIÓN DEL AGUA

SEDAPAL cuenta con un manual de operación y mantenimiento, en estos se detallan las actividades y tareas diarias, semanales, mensuales y anuales que se ejecutan, el personal encargado de cada sistema (redes y conexiones, estaciones de bombeo, tanques de regulación y/o almacenamiento).

El fin de estos manuales es reducir el costo de las actividades de mantenimiento y operatividad del sistema; además, cumplen con la directiva sobre desinfección del agua de consumo humano de la SUNASS (R.S. N° 190-97-SUNASS).³²

3.2.4.3 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO – LA ATARJEA

En el caso del sistema de distribución de SEDAPAL, cuenta con reservorios principales de gran capacidad (entre 140000 m³ y 30000 m³), los cuales están encargados de distribuir el agua a reservorios de menor capacidad denominados reservorios secundarios, los que se encuentran distribuidos y trabajan para un determinado sector.³²

Los Reservorios Primarios, son grandes reservorios que se ubican en la planta de tratamiento de La Atarjea, estos reservorios primarios se distribuye hacia los Reservorios Secundarios de menor volumen; a través de las

Líneas Matrices que se inician a la salida de las Plantas de Tratamiento.

Reservorios de almacenamiento de gran capacidad son los principales reservorios, se encuentran ubicados en el área de la planta de tratamiento, en La Atarjea y la planta del Río Chillón.³²

TABLA N°3
MATRICES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN
PRIMARIA DE AGUA POTABLE

| LÍNEAS PRINCIPALES – SE INICIAN A LA SALIDA DE LA ATARJA | |
|---|--|
| Matriz Atarjea – Comas. | Abastece a los distritos de la zona Norte de Lima. |
| Matriz Atarjea – Villa El Salvador. | Abastece a los distritos de la zona Sur de Lima. |
| Matriz Atarjea – Centro. | Abastece a los distritos de la zona Centro de Lima. |
| Matriz Atarjea – La Menacho. | Abastece a las zonas de Barrios Altos y Centro Histórico del Distrito de Lima. |
| Matriz Atarjea – La Molina. | Abastece a los distritos de La Molina y Santa Anita. |

Fuente: Maria Edith Salvador Ricra, 2013.

3.2.5 MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA DETECCIÓN DE RESIDUOS DE ANTIBIÓTICOS

3.2.5.1 CROMATOGRAFÍA

La cromatografía se define como la separación de una mezcla de dos o más compuestos por distribución entre dos fases, una de las cuales es estacionaria y la otra fase es móvil. Varios tipos de cromatografía son posibles, dependiendo de la naturaleza de las dos fases involucradas: sólido - líquido (capa fina, papel o columna); líquido - líquido y gases - líquido (fase vapor).

Todas las técnicas cromatográficas dependen de la distribución de los componentes de la mezcla entre dos fases inmiscibles: una fase móvil, llamada también activa, que transporta las sustancias que se separan y que progresa en relación con la otra, denominada fase estacionaria. La fase móvil puede ser un líquido o un gas y la estacionaria puede ser un sólido o un líquido.

Todos los sólidos finamente pulverizados tienen el poder de adsorber en menor o mayor grado otras sustancias sobre su superficie; y, similarmente todas las sustancias pueden ser adsorbidas, unas con más facilidad que otras. Este fenómeno de adsorción selectiva es el principio fundamental de la cromatografía.³³

CROMATOGRAFÍA EN CAPA FINA

En este tipo de cromatografía se utiliza una placa recubierta con fase estacionaria manteniendo un pequeño espesor constante a lo largo de la placa. El eluyente ascenderá, por capilaridad por la placa y arrastrará los componentes a lo largo de ésta produciendo "manchas" de los componentes.

El grado de elución de las sustancias depende tanto de su propia polaridad como de la polaridad del eluyente utilizado. El adsorbente se coloca en forma de una capa delgada adherida sobre un soporte rígido, que pueden ser placas de vidrio, aluminio o poliéster. Para realizar esta tipo de cromatografía se requiere de eluyentes, reveladores y adsorbentes.

- **Factores que influyen en una separación por cromatografía de capa fina:**

1. A menor temperatura las sustancias se adsorben más en la fase estacionaria.
2. La cromatografía debe llevarse a cabo en un área sin corrientes de aire.
3. Muchas placas están contaminadas con grasa o agentes plastificantes o adhesivos. Para el trabajo a pequeña escala, éstas deben limpiarse corriendo primero una mezcla de cloroformo y metanol y después dejar secar completamente antes de aplicar la muestra.
4. Pureza de los disolventes.^{34,35}

3.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✓ Agua: Es inodora, insípida e incolora, esencial para la vida de todos los seres vivos, el 71% del planeta ésta cubierta de agua.
- ✓ Agua potable: Agua que cumple con los requisitos físicos, químicos y radioactivos y microbiológicos que aseguran la inocuidad y aptitud para el consumo humano.
- ✓ Calidad de agua: Se refiere a los parámetros que debe presentar el agua para ser inocua y no causar impacto de salud pública.
- ✓ Aguas residuales: Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y por su calidad requieren tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.
- ✓ Contaminación ambiental: Es la presencia o incorporación al ambiente de sustancias o elementos tóxicos que son perjudiciales para el hombre o los ecosistemas.
- ✓ Fármaco: Es una sustancia con composición química exactamente conocida y que es capaz de producir efectos o cambios sobre una determinada propiedad fisiológica quien lo consume.
- ✓ Medicamento: Se refiere a la combinación de uno o más fármacos con otras sustancias farmacológicamente inactivas llamadas excipientes, que sirven para darle volumen a la presentación farmacéutica y que facilitan la producción, el transporte, el almacenamiento, la dispensación y la administración de los fármacos.
- ✓ Analito: Componente en la muestra que se quiere determinar su presencia o cantidad.
- ✓ Antibióticos: Fármaco microbiano, procedente de cultivos de microorganismos o producido de forma sintética, utilizado para tratar las infecciones.

- ✓ Antimicrobiano o anti-infeccioso: Son los compuestos obtenidos de forma natural o biocinética, así como los conseguidos totalmente en el laboratorio. Un agente antimicrobiano debe cumplir tres condiciones como mínimo: poseer actividad antimicrobiana, desarrollarla a bajas concentraciones y ser tolerado por el huésped.
- ✓ Penicilinas: Constituyen el grupo de antibióticos más usados, tolerados y con menor incidencia de RAM (reacción adversa al medicamento).
- ✓ Sulfonamida: Es una sustancia química sintética, bacteriostática y de amplio espectro.
- ✓ Quinolona: Familia de fármacos con propiedades antibióticas, obtenidos por síntesis química.
- ✓ Mecanismo de acción: Los mecanismos que los antibióticos alteran la biología de los microorganismos.
- ✓ Resistencia bacteriana: Se refiere a acciones de resistencia individuales y resistencia poblacional en microorganismos que están produciendo una infección.³⁶

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

4.1.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

- **Básica:** Porque describe la ausencia o presencia de residuos de antibióticos en agua potable.
- **Transversal:** Porque la variable es medida en una sola ocasión.
- **Prospectivo:** Los datos se recopilaron después del inicio de la investigación.

4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

- **Descriptivo:** Considerada así porque se profundizan los conocimientos mediante el planteamiento del problema y los análisis realizados.

4.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.2.1 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

- **Deductivo:** La Planta de tratamiento de agua potable y los dos reservorios primarios estudiados son los puntos de recolección de muestras para el análisis de presencia o ausencia de residuos de antibióticos en agua potable.

4.2.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

- **No experimental:** No se manipulo la variable de estudio. Sólo se analizaron por el método de cromatografía en capa fina las muestras de agua tomadas de la Planta de Tratamiento La Atarjea.

4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1 POBLACIÓN

Agua potable de la Planta de Tratamiento “Gustavo Solís o Planta N° 1. La Atarjea.

4.3.2 MUESTRA

Se tomaron 10 muestras del Reservorio Primario de agua potable La Menacho (El Agustino) y 10 muestras del Reservorio Primario de agua potable San Borja (San Borja). Los distritos de acuerdo a los niveles socioeconómicos presentan características diferentes. ANEXO N° 10.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.4.1 TÉCNICAS

La técnica empleada fue la observación directa del procedimiento que se desarrolló mediante cromatografía en capa fina.³⁵

4.4.2 INSTRUMENTOS

Se utilizó como instrumento la ficha de recolección de datos y en él fueron registrados los resultados. ANEXO N° 3.

4.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a. Recolección de la muestra:

Reservorio Primario La Menacho y San Borja

- La recolección se realizó bajo la supervisión del personal a cargo del área.
- Se recolectaron en condiciones de esterilidad y con los implementos necesarios de uso personal (mandil, gorra, guantes y mascarilla).
- Se almacenó en un recipiente limpio, libre de humedad y a temperatura ambiente.
- Se transportó en una caja térmica y fueron llevados al laboratorio para su posterior análisis, tal como se observa en la figura N° 3 y 4.
- Se recolectaron 10 muestras de cada Reservorio Primario a intervalo de un día.

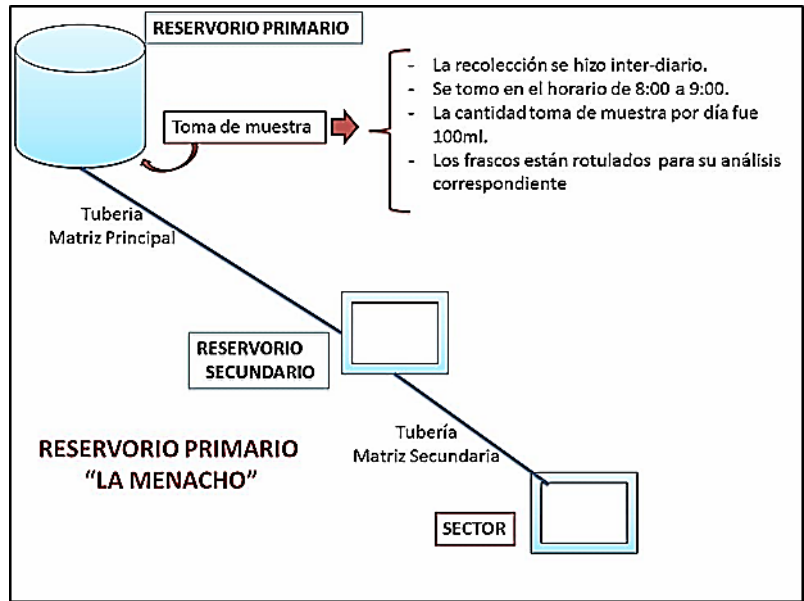


Figura N° 3: RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO "LA MENACHO"
 Fuente: Elaboración propia 2017.

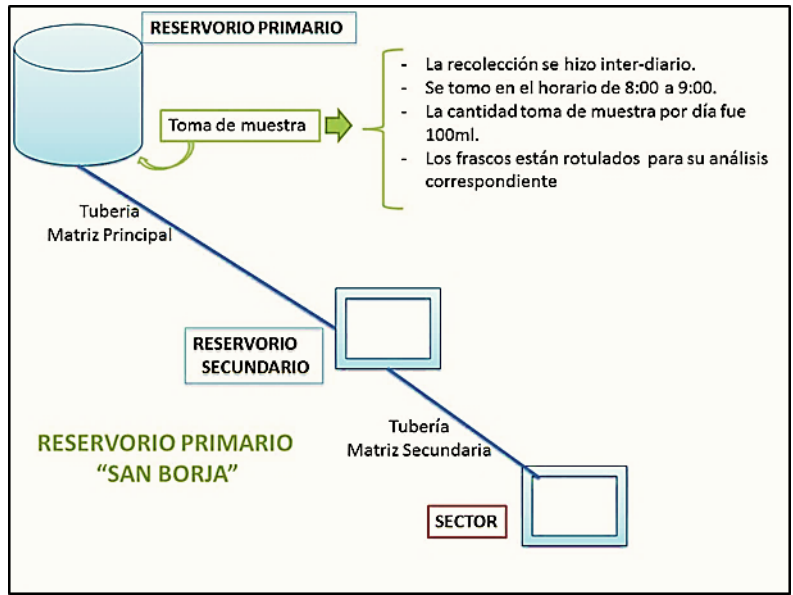


Figura N° 4: RECOLECCIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA EN EL RESERVORIO PRIMARIO "SAN BORJA".
 Fuente: Elaboración propia 2017.

b. Determinación de residuos de antibióticos por el método de cromatografía en capa fina.

Esta técnica se aplicó a todas las muestras recolectadas (20) para la búsqueda de residuos de penicilina, sulfonamidas y quinolonas, realizados en la Clínica Santa Leonor. ANEXO N°2.

Se prepararon las fases estacionaria, móvil y reveladores.

FASE ESTACIONARIA:

- Cromatofolio sílica gel 60 F254.
- Sílica gel (SiO₂).
- Tamaño de partícula 9,5 – 11,5 µm.
- Grosor de capa 250 µm.
- Indicador de fluorescencia 244 nm.

FASE MÓVIL:

Las fases móviles son diferentes para cada grupo de ensayos, tal como se muestran en las tablas N° 4, 5 y 6.

Tabla N° 4

Reactivos para la fase móvil de la cromatografía en capa fina

| | REACTIVO | INDICE DE POLARIDAD |
|---------------------|------------------|----------------------------|
| Penicilinas | Acetato de etilo | 4.4 |
| | Agua | 10.2 |
| Sulfonamidas | Cloroformo | 5.1 |
| | Metanol | 5.1 |
| Quinolonas | Cloroformo | 4.1 |
| | Metanol | 5.1 |

Fuente: Elaboración propia 2017.

REVELADORES:

Los reveladores son diferentes para cada grupo de ensayos, tal como se muestra en las tablas N° 5.

Tabla N° 5
Reveladores para la cromatografía en capa fina

| | REVELADOR | COLORACIÓN |
|---------------------|--|-------------------|
| Penicilinas | Permanganato de potasio al 1%. | Amarillo |
| Sulfonamidas | Ácido paraaminobenzoico. Ácido clorhídrico. | Amarillo |
| Quinolonas | Ácido clorhídrico. | Amarillo |

Luz UV 365nm, fluorescencia azul.

Fuente: Elaboración propia 2017.

c. Procedimiento

- Se prepararon las soluciones estándar para penicilina, sulfonamida y quinolona respectivamente.
- Se prepararon los solventes para cada antibiótico así como las placas cromatográficas.
- Se procedió a realizar el ensayo con las muestras tomadas (20).
- Trascurrido el tiempo, se observó los resultados, se analizó e interpretó. ANEXO 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS

Se determinó la presencia de residuos de antibióticos en agua potable de los Reservorios Principales “La Menacho” y “San Borja” de Lima Metropolitana., mediante la técnica de Cromatografía en Capa Fina, realizado en la Clínica Santa Leonor. La evaluación de los datos obtenidos se analizó mediante el uso de datos estadísticos con el nivel de confianza al 95%. A continuación se presentan los resultados:

TABLA N° 6
IDENTIFICACIÓN DE PENICILINA EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVOIRIO PRIMARIO “LA MENACHO” EL
AGUSTINO

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|------|-------------------|
| | UV 365 | Permanganato 1% | | |
| Bencilpenicilina procaína | Fluorescencia azul | Amarilla fondo rosado | 0.34 | |
| MUESTRAS | | | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 6, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de penicilina en el Reservoirio Primario La Menacho. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de penicilina en el agua potable. ANEXO N° 4.

TABLA N° 7
IDENTIFICACIÓN DE PENICILINA EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO “SAN BORJA” SAN
BORJA

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|------------------------------|-----------------------|--------------------------|------|-------------------|
| | UV 365 | Permanganato 1% | | |
| Bencilpenicilina procaína | Fluorescencia azul | Amarilla fondo rosado | 0.33 | |
| MUESTRAS | | | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 7, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de penicilina en el Reservoirio Primario San Borja. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de penicilina en el agua potable. ANEXO N° 5.

TABLA N° 8
IDENTIFICACIÓN DE SULFONAMIDAS EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO “LA MENACHO” EL
AGUSTINO

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------|-------------------|
| | UV 365 | PABA/HCl | | |
| Sulfometoxazol | Fluorescencia azul | Amarilla fondo blanco | 0.48 | |
| MUESTRAS | | | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 8, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de sulfonamidas en el Reservorio Primario La Menacho. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de sulfonamidas en el agua potable. ANEXO N° 6.

TABLA N° 9
IDENTIFICACIÓN DE SULFONAMIDAS EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO “SAN BORJA” SAN
BORJA

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|-----------------|--------------------|-----------------------|------|-------------------|
| | UV 365 | PABA/HCl | | |
| Sulfometoxazol | Fluorescencia azul | Amarilla fondo blanco | 0.50 | |
| MUESTRAS | | | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 9, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de sulfonamidas en el Reservorio Primario San Borja. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de sulfonamidas en el agua potable. ANEXO N° 7.

TABLA N° 10
IDENTIFICACIÓN DE QUINOLONAS EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO “LA MENACHO” EL
AGUSTINO

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|-----------------|---------------|----------------|------|-------------------|
| | UV 365 | FeCl2 en HCl | | |
| Ciprofloxacino | Fluorescencia | Amarilla fondo | 0.67 | |
| MUESTRAS | azul | blanco | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 10, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de sulfonamidas en el Reservorio Primario La Menacho. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de quinolonas en el agua potable. ANEXO N° 8.

TABLA N° 11
IDENTIFICACIÓN DE QUINOLONAS EN MUESTRAS DE AGUA
POTABLE EN EL RESERVORIO PRIMARIO “SAN BORJA” SAN
BORJA

| | REVELADORES | | Rf | Observaciones |
|-----------------|---------------|--------------------------|------|-------------------|
| | UV 365 | FeCl ₂ en HCl | | |
| Ciprofloxacino | Fluorescencia | Amarilla fondo | 0.65 | |
| MUESTRAS | azul | blanco | | |
| 1 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 2 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 3 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 4 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 5 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 6 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 7 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 8 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 9 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |
| 10 | No detectado | No detectado | - | No hay coloración |

FUENTE: Elaboración propia 2017.

En la tabla N° 11, se observa los resultados de los análisis cualitativos de detección de sulfonamidas en el Reservorio Primario San Borja. De las 10 muestras analizadas y tomadas en forma interdiaria; ninguna realizó el recorrido cromatográfico, dando como resultado negativo (no se evidenció coloración), por lo tanto no hay residuos de antibióticos de quinolonas en el agua potable. ANEXO N° 9.

5.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La presencia de residuos farmacéuticos y en especial residuos de antibióticos en agua potable es muy importante sobre todo por el impacto ecológico y el bienestar de la salud que se ven seriamente afectados, motivo por el cual, hoy en día los investigadores están tomando mayor interés.

Los resultados del análisis cualitativo de detección de residuos de antibióticos como: penicilina, sulfonamidas y quinolonas, utilizando cromatografía en capa fina de muestras de agua potable de los Reservorios Primarios “La Menacho” y “San Borja” en Lima Metropolitana, resultaron ser negativos en las 20 muestras recolectadas de forma interdiaria, por lo tanto, las aplicaciones técnicas, métodos y operaciones que está ejecutando SEDAPAL son correctas con el cumplimiento de los “límites máximos permisibles” de las normas establecidas por la SUNASS y otras entidades reguladoras.

Las plantas de tratamiento de agua potable son instalaciones donde el agua cruda (no apta para el consumo humano) es sometida a diversos procesos de análisis, físicos, químicos y biológicos, con el objetivo de eliminar microorganismos, contaminantes hasta los límites aceptables que estipula las normas, para minimizar el potencial de riesgo a la salud pública y ambiental, así como lo refiere **Gil M y colaboradores**, en su investigación, en la cual tuvo como objetivo revisar los principales contaminantes emergentes, pesticidas, productos farmacéuticos, drogas ilícitas y otros; como dicho contaminantes que no están incluidos en el monitoreo de programas de tratamiento de agua en Brasil, por consecuente presenta un problema de salud pública, a diferencia del Perú si se incluye dicho programa por parte de la empresa SEDAPAL.

En la investigación realizada por **Larios Meoño J**, evaluó que en América Latina la población se encuentra principalmente en las capitales donde más del 70% de las aguas residuales no tienen tratamiento y en Perú sólo un 30% de aguas residuales son tratadas según el Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural, determinando que la contaminación ocurre en los reservorios primario, secundario y terciario, el presente estudio solo trabajó con dos reservorios primarios que alimentan al Agustino y San Borja.

El estudio realizado por **Flores Franco J**, en Puno determinó que las aguas residuales se encuentran muy contaminadas por los residuos mineros, agrícolas, industriales y domésticos, originando una reducción en la disponibilidad de agua ya que se requiere altos costos para el tratamiento del agua potable, el estudio no determinó residuos de antibióticos, tan solo las fuentes de contaminantes, a diferencia de la presente investigación se trabajó con el agua potable de 2 reservorios primarios en Lima Metropolitana, con una situación geográfica e industrial muy diferentes, por lo tanto se analizó los residuos de antibióticos por cromatografía en capa fina, no detectando ningún residuo en las muestras analizadas.

La investigación realizada por **Chulluncuy Camacho N**, hace referencia a la importancia de un adecuado tratamiento de los recursos hídricos y el agua para el consumo humano, coincidimos que el agua debe estar libre de microorganismos patógenos y sustancia tóxicas; el presente estudio analizó residuos de antibióticos en agua potable como potencial tóxico en la salud de la población, no encontrando presencia de antibióticos de los reservorios primarios analizados.

El estudio realizado por **Quesada I y colaboradores**, analizaron la problemática de las aguas con productos farmacéuticos, demostrando que existen residuos de fármacos en los cuerpos de agua y en el medio ambiente causando ecotoxicidad, concluyeron que se debe implementar mejores estrategias para disminuir la contaminación de productos farmacéuticos provenientes de las industrias, hospitales y población en general; el trabajo presentado sólo analizó agua potable de los reservorios primarios de La Menacho y San Borja, ubicados en Lima Metropolitana, con el análisis por cromatografía en capa fina para la detección de residuos de antibióticos, resultando ser negativos en las aguas analizadas.

CONCLUSIONES

1. Se puede concluir que el estudio por cromatografía en capa fina de residuos de antibióticos en agua potable el Lima Metropolitana resultó ser negativa, es decir no hay presencia de residuos de antibióticos.
2. Utilizando el método cromatográfico en capa fina, se puede concluir que no existe presencia de residuos de antibióticos del grupo de penicilinas en el agua potable en Lima Metropolitana.
3. Utilizando el método cromatográfico en capa fina, se puede concluir que no existe presencia de residuos de antibióticos del grupo de sulfonamidas en el agua potable en Lima Metropolitana.
4. Utilizando el método cromatográfico en capa fina, se puede concluir que no existe presencia de residuos de antibióticos del grupo de quinolonas en el agua potable en Lima Metropolitana.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios, análisis y procedimientos sobre presencia y/o ausencia de antibióticos en agua potable en los diferentes distritos de Lima Metropolitana a fin de confirmar los hallazgos del presente estudio.
- Utilizar un método analítico más sensible que permita identificar y cuantificar trazas de antibióticos en muestras de agua potable, de esta manera, si fuera el caso, se podría determinar si estas exceden los “límites máximos permisibles” según las Normas Técnicas.
- Realizar más evaluaciones sobre los riesgos que producen los productos farmacéuticos en nuestros recursos naturales y estimar el daño real que representan los medicamentos para el medio ambiente teniendo en cuenta, los volúmenes de venta, el metabolismo, la toxicidad, las concentraciones y la biodegradabilidad.
- Realizar estudios relacionados con el grado y velocidad de degradación en plantas de tratamiento de aguas residuales y aguas superficiales. La velocidad de degradación de muchos productos farmacéuticos en el medio aún es desconocida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. La Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). Lima 2016 [citado: 2017 julio 7]. Disponible en: <http://www.sunass.gob.pe/websunass/index.php>.
2. Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA. Edición; 2011.
3. **Miracle M.** Consideraciones y casos entorno al ciclo de agua. Revista Latinoamericana. Centro de investigación Sociedad y Políticas. España; 2006.
4. Organización Mundial de la Salud. Guías para la calidad del agua potable, primer apéndice a la tercera edición Volumen 1. Catalogación por la Biblioteca de la OMS, Organización Mundial de la Salud; 2006.
5. **Hendriks J, Boelens R.** Acumulación de derechos de agua en el Perú, Lima 2016 <http://dx.doi.org/https://doi.org/10.18800/antropologica.201602.001>
6. Bernex N. et al. El Agua en el Perú: Situación general del agua en el Perú 2017. Centro de investigación en Geografía Aplicada. Publicación electrónica. <http://ciga.pucp.edu.pe/publicaciones/el-agua-en-el-peru-situacion-y-perspectivas/>

7. **Briñez K, Guarnizo J, Arias S.** Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2012; 30(2): 175-182.
8. **Larios J. et al,** Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Universidad San Ignacio de Loyola. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL. Vol. 2, N° 2. Segundo semestre 2015. pp. 09-25. ISSN 2311 – 7915 (versión impresa). ISSN 2311 – 7613 (versión electrónica). Disponible en: <http://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>
9. **Florez R.** Análisis del problema del agua potable y saneamiento: Ciudad de Puno situación actual y realidad, Universidad Nacional del Altiplano, Rev. Investig. Altoandín. 2014; Vol 16 N° 1: 05 – 08, <http://www.unap.edu.pe/oui/ria/>
10. **Chulluncuy N.** Tratamiento de agua para consumo humano. Universidad Nacional Mayor de San Marcos Ingeniería Industrial N° 29, 2011, ISSN 1025-9929, pp. 153-170 Recibido: 23 de mayo del 2011 / Aprobado: 16 de junio del 2011. Disponible en: https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/232/208.
11. **Gil J et al.** Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. Producciones. Brasil; 2012.
12. **Quesada I. et al.** Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática. Revista CENIC Ciencias Biológicas, Vol. 40, No. 3; 2009.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/1812/181221662005/>

13. **Carbajal A y Gonzales F.** En: Propiedades y funciones biológicas del agua. Departamento de Nutricion, Facultad de Farmacia. Universidad Computense de Madrid.2011
14. Organización Mundial de la Salud, Artículo Centro de noticias, Centro de prensa, agua medidas de seguridad; 2017.
15. **Yubaille D.** Evaluación De La Calidad Física, Química, Microbiológica Y Resistencia Bacteriana Del Agua De Consumo Humano De La Parroquia Punín Cantón Riobamba, Provincia De Chimborazo. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.Ecuador. 2017. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6354/1/56T0068>
16. **Prados J.** Tratamiento de Aguas para la Eliminación de Antibióticos Nitromidazoles mediante Adsorción sobre Carbón Activado y Tecnologías Avanzadas de Oxidación. Editorial de la Universidad de Granada Granada; 2010.
17. **Alvariño C.** Medicamentos de consumo humano en el agua, propiedades físico químicas. Revista cubana de higiene y epidemiología; 2009.
18. **Callaba A, Díaz J,** et al. Módulo 5: Toxicología y Sanidad Ambiental. En Ampliación de Postgrado en Toxicología. . Ilustre Colegio Oficial de Químicos. Sevilla; 2013.

19. Organización Mundial de la Salud. Las guías: Un marco para la seguridad del agua de consumo. Catálogo de consulta. Organización Mundial de la Salud 2012. Los problemas socioeconómicos que afectan la calidad de vida. Revista electrónica [Citada 2017 julio 8]; 2004.
20. **Tejeda C., Quiñonez E. y Peña M.** Contaminantes emergentes en aguas: Metabolismo de fármacos. Volumen 10, N°1, página 80-101. Universidad Militar Nueva Granada; 2014.
21. **Moreno V et al.** Los medicamentos de receta de origen sintético y su impacto en el medio ambiente. Rev Mex Cienc Farm 44 (4). México, 2013.
22. **Carvajal A. y Oletta L.** Agentes bacterianos asociados al agua de consumo humano. Red de Sociedades Científicas Médicas Venezolanas. Comisión de Educación Médica Continua. Comisión de Epidemiología. Noticias Epidemiológicas N °4 de abril de 2012. Disponible en: <http://files.jorge-ee0e39e1ddb/Agentes%20bacterias-%20asociados%20al%20agua%20de%20consumo%20humano.pdf>
23. **Chabner B. y Knoll B. Goodman y Gilman.** Las bases farmacológicas de la terapéutica. Laurence L. Brunton, PhD. Mc Graw Hill 12 Edición; 2011.
24. **Weber F., Beek A., Bergmann A.** et al. Fármacos en el medio ambiente, la perspectiva global Incidencia, efectos y acción cooperativa potencial bajo. German Environment Agency. Diciembre ;2014.
25. **Goodman Y Gilman.** Las bases farmacológicas de la terapéutica, 12° Edición, Laurence Brunton y Bruce Chabner y Bjorn Knoll, 2014.

26. **Seija V, Vignoli R.** Capítulo 34 Principales grupos de antibióticos [Citado 2017 julio 8]. Disponible en: <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/BacteCEFA34.pdf>.
27. **Paredes F. y Roca J.** Acción de los Antibióticos. Revista de farmacología. Volumen 23, número 3, Marzo; 2004.
28. **Jiménez C.,** Contaminantes orgánicos emergentes en el ambiente: producto farmacéutico. Artículo de revisión, Revista la allistas de investigación. Volumen 8, numero 2. Colombia; 2011.
29. Asociación peruana de empresas de la investigación de mercado APEIM. Niveles socioeconómicos en Lima Metropolitana y Callao. Miraflores, Abril de 2015.
30. Servicio Nacional De Meteorología e Hidrología con el título Monitoreo de la calidad de agua de los ríos en el Perú; 2012.
31. **Salvador M.** “Estudio general del sistema de almacenamiento de agua potable en los distritos de Lima Sur y Lima Centro”. Para optar el título profesional de: Ingeniero Sanitario. Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Ambiental; 2013.
32. **Cristóbal F.** Descripción Hidráulica de la Bateria de Filtros de Planta No. 1 de La Atarjea. Tesis digital Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM.).
33. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Química. Química Orgánica I. Manual de Prácticas. Cromatografía; 2007. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/6.-CROMATOGRAFIA_26249.pdf
34. **Vejar E.** Prácticas de Bioquímica Descriptiva. Universidad de sonora. Editorial UniSon; 2005. Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=xv8LNjwigGQC&pg=PA161&dq=cromatografia+en+capa+fina+pdf+scielo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiLyLznpvXAhXGOCYKHT9EB94Q6AEIJDA#v=onepage&q=cromatografia%20en%20capa%20fina%20pdf%20scielo&f=false>

35. Laboratorio de Química Orgánica Aplicada. Práctica # 1: Cromatografía en Capa Delgada y en Papel Detección de los Componentes en Mezclas. Disponible en: <http://www.bib.uia.mx/gsd/didactico/didactico/IngCienciasQuimicas/lqqa001.pdf>

36. Organización Mundial de la Salud. Las guías: Un marco para la seguridad del agua de consumo. Catálogo de consulta. Organización Mundial de la Salud; 2012. Los problemas socioeconómicos que afectan la calidad de vida. Revista electrónica [Citada 2017 julio 8]; 2004.

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: “PRESENCIA DE RESIDUOS DE ANTIBIOTICOS EN AGUA POTABLE EN LIMA METROPOLITANA”

| PROBLEMA | OBJETIVO | TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION | METODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN | VARIABLES | POBLACION Y MUESTRA |
|---|---|---|---|--|---|
| <p>Problema general: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos en el agua potable en Lima Metropolitana?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>P.E.1: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo de penicilinas en el agua potable en Lima Metropolitana?</p> <p>P.E.2: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo sulfonamidas en el agua potable en Lima Metropolitana?</p> <p>P.E.3: ¿Existe presencia de residuos de antibióticos del grupo quinolonas en el agua potable en Lima Metropolitana?</p> | <p>Objetivo general: Determinar la presencia de residuos de antibióticos en el agua potable en Lima Metropolitana.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>O.E.1: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo de penicilinas en el agua potable en Lima Metropolitana.</p> <p>O.E.2: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo sulfonamidas en agua potable en Lima Metropolitana.</p> <p>O.E.3: Determinar la presencia de residuos de antibióticos del grupo quinolonas en agua potable en Lima Metropolitana.</p> | <p>Tipo de Investigación: Basica. Transversal. Prospectivo.</p> <p>Nivel de investigacion: Descriptivo.</p> | <p>Método de Investigación: Deductivo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> | <p>Univariable: Residuos de antibióticos en agua potable,</p> | <p>Población: Agua potable de la Planta de Tratamiento “Gustavo Solís” o Planta N°1 La Atarjea.</p> <p>Muestra: 10 muestras del Reservorio Primario de agua potable La Menacho (El Agustino) y 10 muestras del Reservorio Primario de agua potable San Borja (San Borja).</p> |

Fuente: Elaboración propia 2017.

ANEXO N° 2



CLÍNICA
SANTA LEONOR

Av. Defensores del Morro (Ex Huaylas) N°
2697 Urb. Santa Leonor 3era Etapa - Chorrillos

CONSTANCIA

Lima, 29 de Setiembre del 2017

Por medio de la presente, se hace constar que nuestra representada ha realizado el análisis químico y analítico sobre "presencia de residuos de antibióticos" en muestras de agua potable recolectadas de los dos Reservorios Principales "La Menacho" y "San Borja", con un total de 20 muestras. Dicho análisis se realizó a solicitud de la Srta KAREN GARY HILARIO HUARINGA, con DNI 70883790. Las muestras fueron analizadas por el método de cromatografía de capa fina

Muestras:

- ✓ Reservorio Principal "La Menacho": 10 muestras
- ✓ Reservorio Principal "San Borja": 10 muestras

Familia de antibióticos analizados:

- Penicilinas
- Sulfonamidas
- Quinolonas

Los resultados obtenidos del análisis cromatografico se adjunta en el informe.

Se emite la presente constancia, a solicitud de la interesada para los fines que considere conveniente

Atte:



Dennis Sancosán Jimenez
QUÍMICO FARMACÉUTICO
CQFP 12171

Email: consultas@clinicasantaleonor.com

Clínica Santa Leonor

ANEXO N° 3
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

| Lugar: | | | |
|---|-------|--------------------------------------|---------------|
| Distrito | | | |
| Muestra: | | | |
| Cantidad: | | | |
| Frecuencia de recolección: | | | |
| Diario <input type="checkbox"/> | | Interdiario <input type="checkbox"/> | |
| Semanal <input type="checkbox"/> | | | |
| N° | Fecha | Hora | Observaciones |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Realizado por:

Verificado por:

ANEXO 4

Examinación de las placas cromatográficas (PENICILINA) – RESERVORIO PRMARIO LA MENACHO

A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con permanganato de potasio 1%.



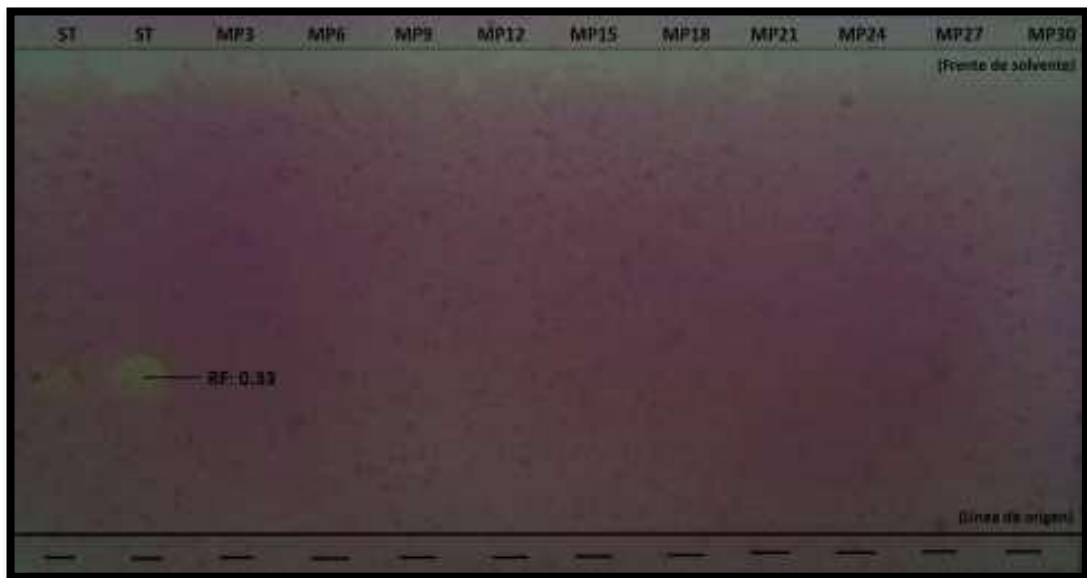
ANEXO 5

Examinación de las placas cromatográficas (PENICILINAS) – RESERVORIO PRIMARIO SAN BORJA

- A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



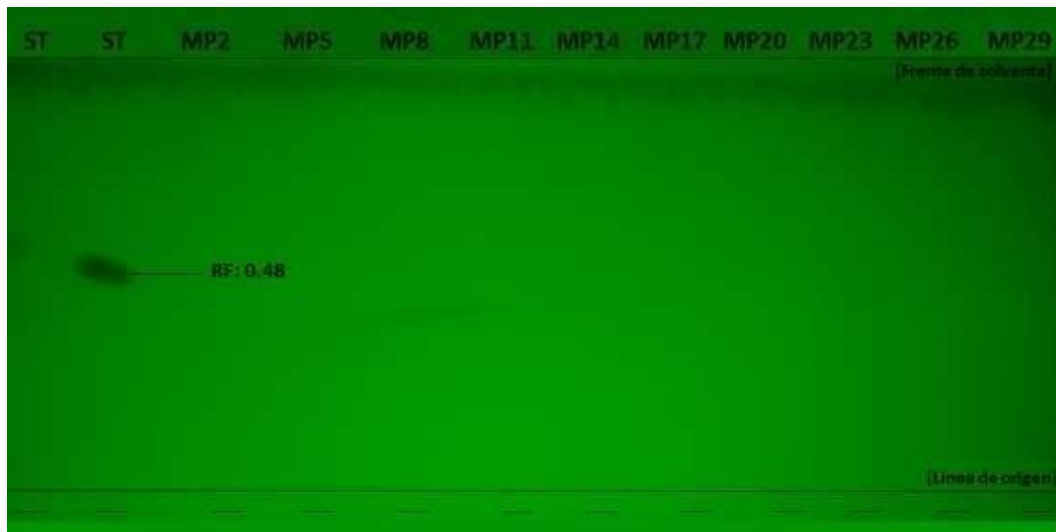
- B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con permanganato de potasio 1%.



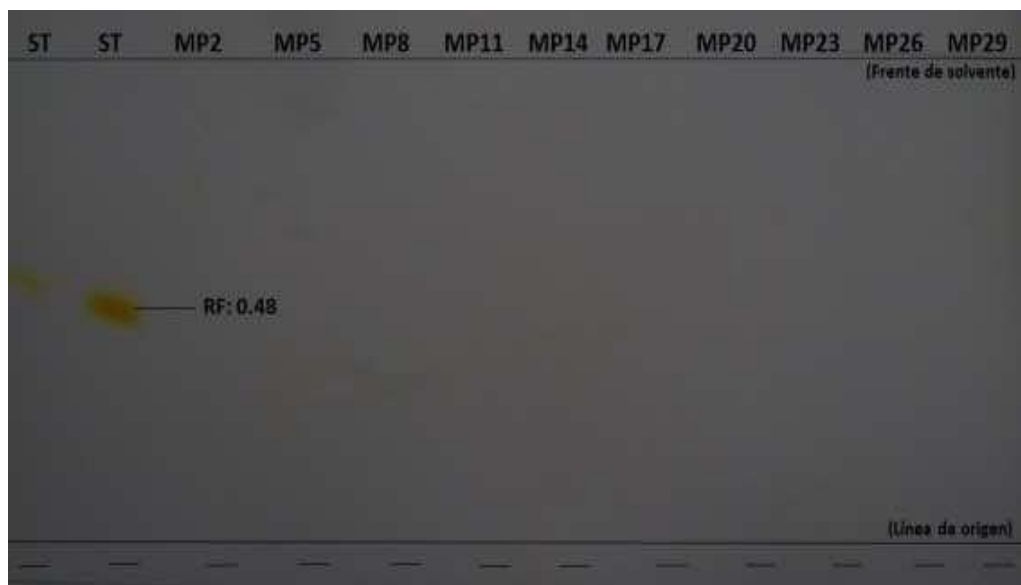
ANEXO 6

Examinación de las placas cromatograficas (SULFONAMIDAS) RESERVORIO PRIMARIO LA MENACHO

A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



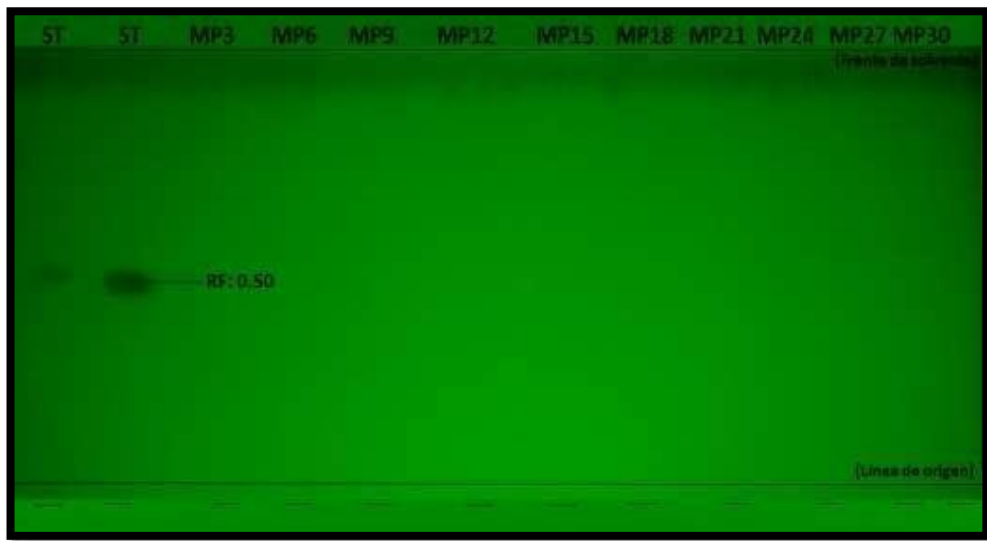
B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con PABA/Ácido clorhídrico.



ANEXO 7

Examinación de las placas cromatográficas (SULFONAMIDAS) RESERVORIO PRIMARIO SAN BORJA

- A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



- B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con PABA/Ácido clorhídrico



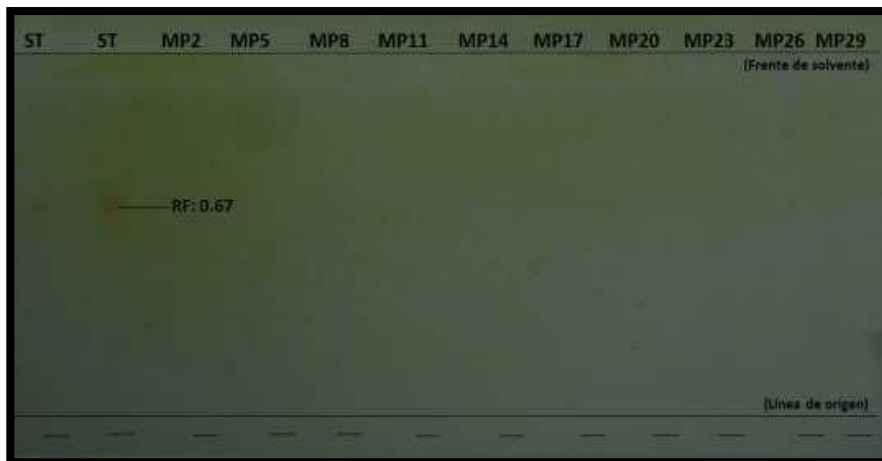
ANEXO 8

Examinación de las placas Cromatografica (QUINOLONA) RESERVORIO PRMARIO LA MENACHO

- A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



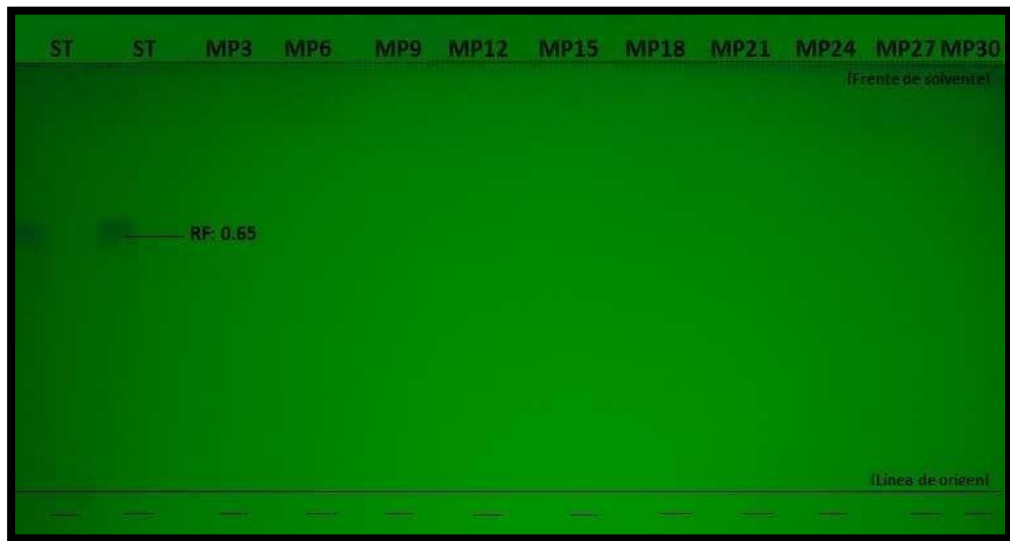
- B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con Ácido fosfomolibdico/cloruro férrico en ácido clorhídrico.



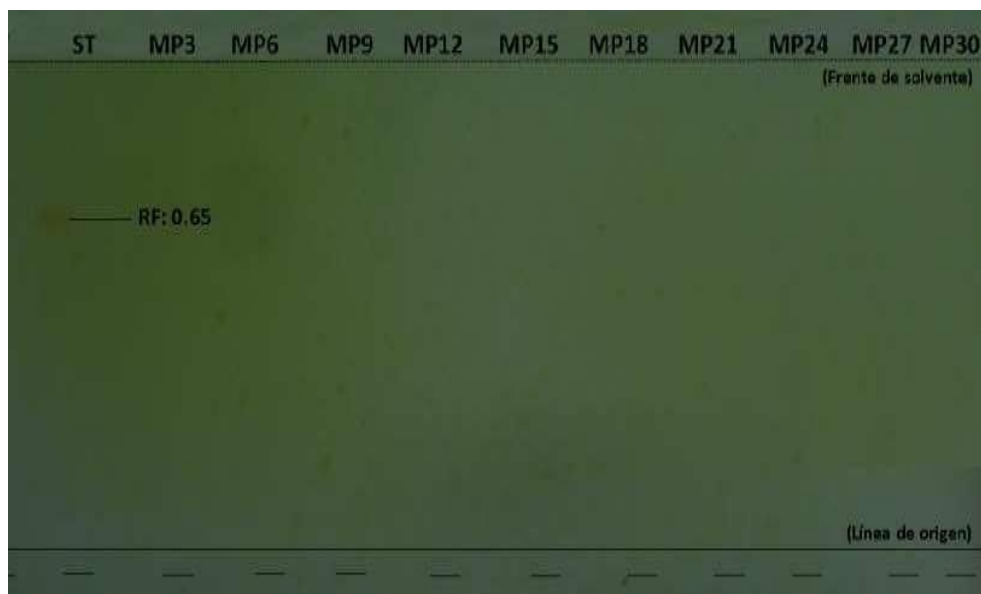
ANEXO 9

Examinación de las placas Cromatografica (QUINOLONA) RESERVORIO PRMARIO SAN BORJA

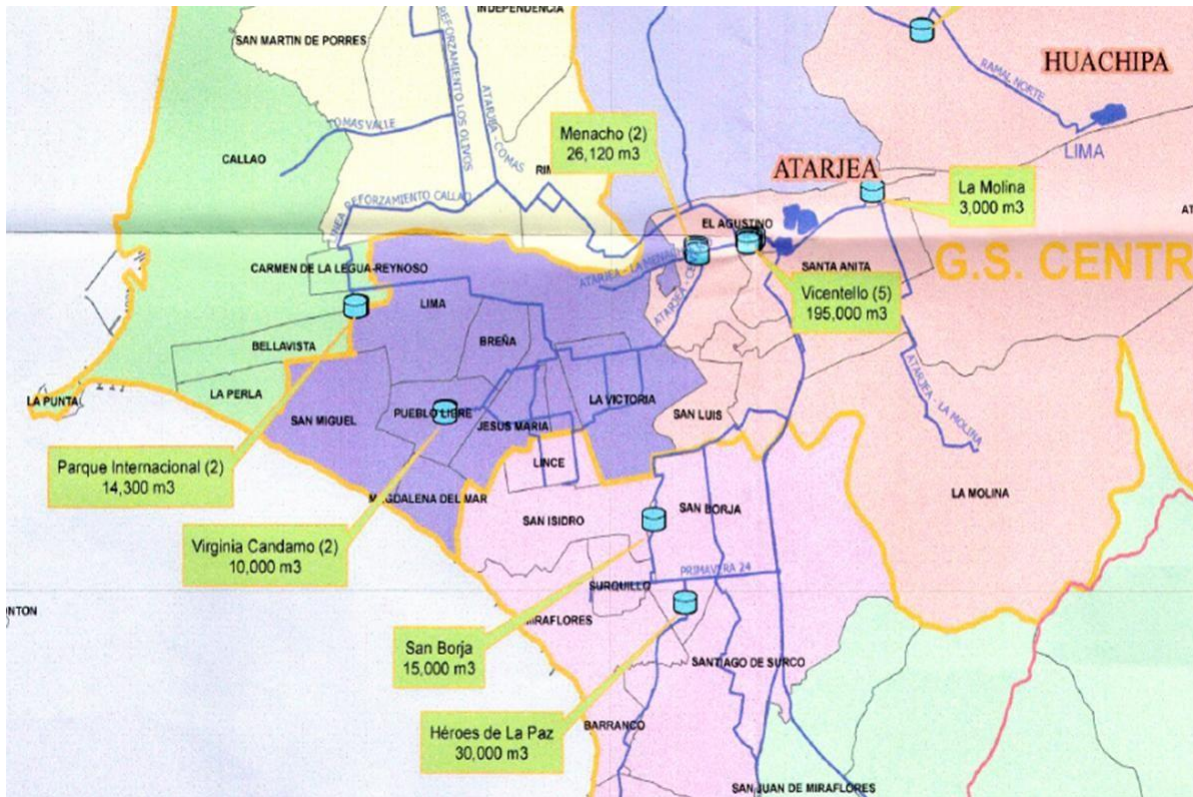
- A) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con luz UV 365nm.



- B) Visualización del recorrido de las muestras de agua potable revelada con Ácido fosfomolibdico/loruro férrico en ácido clorhídrico.



ANEXO N° 10
Mapa del centro del sistema de tratamiento de agua potable y las tuberías matriz – Atarjea.



Legend

-  Reservorios Primarios
 -  PTAP
 -  Red Primaria de Agua Potable
 -  GERENCIA DE SERVICIOS
- LIMA METROPOLITANA**
- Centro de Servicios**
-  C.S ATE VITARTE
 -  C.S BREÑA
 -  C.S CALLAO
 -  C.S COMAS
 -  C.S SAN JUAN DE LURIGANCHO
 -  C.S SURQUILLO
 -  C.S VILLA EL SALVADOR
 -  NO ADMINISTRADO
 -  Isla El Frontón
 -  Isla San Lorenzo
 -  Islas
 -  LÍMITE DE CUENCA