



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Análisis de calidad de agua potable con relación a sus
parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de
Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Gestión y Control de la
Contaminación

AUTOR

Nevis Matilde ESPITIA IRIARTE

ASESOR

Dr. Oscar Rafael TINOCO GÓMEZ

Lima, Perú

2019



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Espitia, N. (2019). *Análisis de calidad de agua potable con relación a sus parámetros fisicoquímicos, biológicos, y crecimiento de Lemna minor en la estancia de Lurín, Lima 2015-2016*. Tesis para optar grado de Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Gestión y Control de la Contaminación. Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

HOJA DE METADATOS COMPLEMENTARIOS

CODIGO ORCID DEL AUTOR: **NO TIENE**

CODIGO ORCID DEL ASESOR: **0000000-0002-7927-931X**

DNI DEL AUTOR: **PASAPORTE AP016050**

GRUPO DE INVESTIGACION: **NO PERTENECE ***

INSTITUCIÓN QUE FINANCIAR PARCIAL O TOTALMENTE LA INVESTIGACIÓN: **AUTOFINANCIADA**

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DONDE SE DESARROLLA LA INVESTIGACIÓN, DEBE INCLUIR LOCALIDADES Y

COORDENADAS GEOGRÁFICAS:

El distrito de Lurín se encuentra asentado en el valle bajo de Lurín, al sur de Lima Metropolitana, Departamento de Lima en Perú y está ubicada a:

- 12° 0' 16'' latitud sur

- 79° 14' 37'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich

Límites del Distrito de Lurín:

Norte : Distritos de Pachacámac, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador

Este : Distrito de Pachacámac

Sur : Distrito de Punta Hermosa

Oeste : Océano Pacífico

Área de estudio: La Urbanización La Estancia de Lurín, al sur del distrito Lurín, Km 39.5 en Antigua

Panamericana Sur :

Longitud oeste: -76.835934

Latitud Sur: -12 27 50

AÑO O RANGO DE AÑOS QUE LA INVESTIGACIÓN ABARCÓ: **FEBRERO 2015 A OCTUBRE 2016**



UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA



En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-Lima, a los veintisiete días del mes de junio del 2019, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del JURADO EXAMINADOR DE TESIS, nombrado mediante Dictamen N.º 320/UPG-FIGMMG/2019 del 28 de mayo del 2019, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE CON RELACIÓN A SUS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS, BIOLÓGICOS, Y CRECIMIENTO DE *Lemma minor* EN LA ESTANCIA DE LURÍN, LIMA 2015-2016»

Que, presenta la Bach. **NEVIS MATILDE ESPITIA IRIARTE**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN**.

El secretario del Jurado Examinador de la Tesis, analiza el expediente N° 06082-FIGMMG-2014 del 01 de setiembre del 2014, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento de los Estudios de Maestría y Doctorado».

Luego de la Sustentación de la Tesis, los miembros del Jurado Examinador procedieron a aplicar la escala descrita en el Art. 61 del precitado Reglamento, correspondiéndole a la graduando la siguiente calificación:

Muy Bueno (18)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la Tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN** a la Bach. **NEVIS MATILDE ESPITIA IRIARTE**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico


 MG. WALTER APARICIO AREVALO GÓMEZ
 Presidente


 MG. JOSÉ JORGE ESPINOZA ECHE
 Secretario


 MG. WALTER JAVIER DÍAZ CARTAGENA
 Miembro


 DR. OSCAR RAFAEL TINOCO GÓMEZ
 Asesor

DEDICATORIA

A Dios, mi país, a mi familia en Colombia, a la UNMSM.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme avanzar, momentos difíciles a perseverar y reforzar mi resiliencia, por sostenerme, ayudarme a no quebrantar mi fuerza, Fe, valores y principios, optimismo, mi alegría, , aún en los momentos difíciles vividos fuera de mi país.. Por: ayudarme en mi crecimiento personal y mantener siempre el amor por la vida, permitirme nacer en una hermosa familia, sin la cual no hubiese podido avanzar en estas circunstancias, y que él bien conoce. Siempre recordaré y agradeceré esta oración como reza parte de ella: “El señor es mi Pastor, nada me faltará,... Dios no se muda...”

Gracias a todos mis amados hermanos por estar allí siempre, por sus oraciones, por tanta unión, preocupación, gestión, apoyo incondicional entre nosotros en cada situación siempre como si estuviésemos juntos en los buenos y malos momentos, Al estar fuera de mi país lejos de ellos y pasando por muchas situaciones difíciles personales, su preocupación, entrega, ayudando a mantenerme en pie, con ellos y por ellos, continuamente acompañándome, por quienes cuando vierto lágrimas son de alegría, agradecimiento, amor. Por esas continuas llamadas, esa voz en el teléfono, de Ena (mi hermana y segunda madre) y Amelia, que fueron claves para estar en pie, con buenas energías, verificando que estuviese bien, me hicieron sentir que no estaba sola, que tenía una hermosa familia, que siempre me rodearía de amor, y fortaleza para que durante dificultades en vividas el extranjero no me derribaran como ser, afianzando mis principios, metas, esperanzas, porque el amor todo lo puede; ese amor cien por ciento correspondido, y que no se disminuye, sino que se ha acrecentado en la distancia y que buscaré retribuir de muchas formas, que fue mi luz en el camino. Gracias por tener la inmensa alegría de tenerlos, y

que Dios nos conserve así como siempre y por siempre. Sin ellos nada de esto se hubiese logrado, bendiciones siempre.

Gracias Perú por acoger a esta hija de un país hermano, y permitirme aprender de su cultura y enseñanzas.

Mi sincero agradecimiento y estima a mi querida Universidad Mayor de San Marcos, al Director de la Unidad de Postgrado, mi profesor, y Decano, Dr. Carlos Cabrera por su profesionalismo, ética, excepcional don de gentes y calidad humana, enseñanza, y como siempre le dije “siempre, siempre, siempre le estaré eternamente agradecida, por ayudar a no claudicar en mis metas de superación y sólo deseo para usted y su familia bendiciones”, porque conoció, entendió mi situación personal y el esfuerzo que fue para mí seguir en el Perú. Como mentor espero no defraudar esforzándome académicamente, gracias por sacar tiempo para asesorar, guiar, escuchar, gracias por su gestión. Mi agradecimiento, respeto y estima, siempre.

Gracias a todas aquellas lindas personas, con alta calidad humana de la Facultad De Ingeniería Geológica de la UNMSM, que con su gestión, orientación, paciencia, ayudaron a que esto fuese posible: a mis profesores, especialmente Profesora Nora Malca, logró destacar por su preocupación por nosotros, para que cada uno de nosotros no desfalleciera, la valoro y estimo mucho. A mi asesor Dr. Oscar Tinoco por su paciencia y orientación. A mi querida amiga y colega Jacquelyne Zarria por todo su apoyo, gestión para culminar este proceso. Al personal administrativo por su gestión eficiente. A mi lindo grupo de compañeros y amigos por la alegría, respeto, estima, entre nosotros, por ser bálsamo que reconfortaba compartir con entusiasmo cada clase con ustedes. Los extrañaré mucho, siempre estarán en mi corazón

A todos ellos, siempre estaré agradecida, mi país siempre será su país, siempre serán bienvenidos, bendiciones.

No me regreso a mi país con las manos vacías, me voy con ejemplos, fortalezas, amistades hermosas, la invaluable experiencia de compartir en San Marcos, Decana de América.

Gracias a aquella persona quien a pesar de todo, sin proponérselo, indirectamente me hizo más fuerte y que también permitió estar aquí que conociera a mi querida gente de San Marcos.

Contenido

LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
ABSTRACT	XV
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación Problemática	1
1.1.1 Localización del área de estudio.....	1
1.1.1.Historia de la urbanización	4
1.2 Formulación del Problema	13
1.2.1. Problemas específicos.....	13
1.3. Justificación Teórica	14
1.3.1. Justificación Práctica	16
1.4 Objetivos de la Investigación	20
1.4.1 Objetivo General	20
1.4.2 Objetivos Específicos.....	20
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 Antecedentes de Investigación	21
2.2 Bases Teóricas	30
2.2.1. Derecho Humano al agua	31
2.2.2. Enfermedades Hidrotransmisibles	32
2.2.3. Fuentes de contaminación general y en el área	33
2.2.4. Programas de monitoreo del agua para consumo humano.....	36
2.2.5. Determinación de Indicadores de Calidad Sanitaria del Agua:.....	39
2.2.6. Límites permisibles para agua Potable:	41
2.2.7. Calidad de agua embotellada. Preferencia de Consumo de agua en bidones	42
2.2.8 .Parámetros Fisicoquímicos	43
2.2.8.1. Dureza.	44
2.2.8.2. Conductividad.	45
2.2.8.3. Turbidez:.....	46
2.2.8.4. Temperatura.....	50
2.2.8.5. pH	50

2.2.9. Parámetros Biológicos	50
2.2.9.1. Coliformes Totales y Termotolerantes	50
2.2.9.2. Cloro Libre residual	52
2.2.9.2.1 Efectos del exceso de cloro del agua para consumo.....	54
2.2.9.2.2. Efectos de la deficiencia de cloro del agua para consumo humano	54
2.2.10. Criterios Para La Selección De Pruebas Biológicas en Laboratorio para la evaluación ecotoxicológica de sustancias químicas	55
2.2.11. <i>Lemna minor</i> (lenteja de agua)	56
2.2.11.1. Características generales de <i>Lemna minor</i>	57
2.2.11.2. Requisitos de Ensayos con <i>Lemna minor</i>	58
2.2.11.3. Ensayo: bioacumulación diferencial de cromo (vi) en frondes y raíces de <i>Lemna minor</i> 59	
2.2.11.4. Uso de plantas acuáticas para análisis y tratamiento de aguas residuales y fitorremediación	60
2.3 Marco Conceptual o Glosario.....	62
2.4 Abreviaturas.....	65
CAPITULO III. METODOLOGÍA	66
3.1 Tipo y diseño de Investigación	66
3.2 Unidad de análisis	67
3.3 Población de estudio.....	67
3.4 Tamaño de muestra	68
3.5 Selección de muestra	69
3.6. Técnicas de recolección de Datos	70
3.6.1. Muestreo:	71
3.6.1.3. Transporte de las muestras: embalaje y envío	74
3.7 Análisis e interpretación de la información.....	75
3.7.1. Materiales y equipos	76
3.7.1.1 Encuestas	76
3.7.1.2. Arsénico y Cadmio.....	77
3.7.1.3. Dureza total	78
3.7.1.4. Conductividad	78
3.7.1.5. Turbidez.....	80
3.7.1.6.pH y Temperatura	81
3.7.1.7.Coliformes Totales y Termotolerantes	81
3.7.1.8. Ensayo con <i>Lemna minor</i>	82

3.7.2 Procedimiento	83
3.7.2.1.-Encuestas	83
3.7.2.2. Arsénico y Cadmio.....	84
3.7.2.3. Dureza total	88
3.7.2.4. Conductividad	89
3.7.2.5. Turbidez:.....	91
3.7.2.6. pH y Temperatura	93
3.7.2.7. Análisis de Cloro Libre residual	93
3.7.2.7. Coliformes Totales.	94
3.7.2.8. Procedimiento de Coliformes fecales E. (termotolerantes)	98
3.7.2.9. Ensayo Cultivo de <i>Lemna minor</i>	101
3.7.3. Análisis estadístico	107
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	108
4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados	108
4.1.1. Resultados de la encuesta “percepción de calidad de agua de su vivienda” aplicada a 165 viviendas.....	108
4.1.2. Resultado y estadística análisis fisicoquímico	112
4.1.3. Resultado de análisis microbiológico.....	115
4.1.4. Resumen interpretación de resultados análisis fisicoquímico y microbiológico	115
4.1.5. Resultado de análisis crecimiento Lemna minor en los tipos de agua	116
4.2 Interpretación de Resultados	121
CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS.....	140
Anexo A. Hoja de Encuesta	140
Anexo B. Hoja de Registro de muestreo para análisis y ensayo.....	143
Anexo C. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológico de laboratorio.	144
Anexo D. Hoja de Registro de ensayo con <i>Lemna minor</i> :.....	152
Anexo E. Mapa, imagen y coordenadas de la localización de pozos que surten sector 1 del área de estudio.....	153
Anexo F. Parámetros de pozos operativos Distrito Lurín 2007 vigentes al 2016 en Zona A	154
Anexo G. Información técnica pozos 803 y 811 Sedapal que abastecen sector A de Lurín	155
Anexo H. Horario abastecimiento por sectores en Lurín	156

Anexo I Manto freático Valle de Lurín 2005	157
Anexo J. Prevalencia de enfermedades por Zonas en el Distrito de Lurín	158
Anexo K. Interpretación de resultados técnica NMP	159
Anexo L. Normatividad Recurso Agua Potable. A.- Según Digesa. DS N° 031-2010-Sa.	160

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resultado de análisis de agua de pozos	6
Tabla 2. Indicadores básicos en abastecimiento de agua en el área de estudio	8
Tabla 3. Resultados obtenidos de cada uno de los parámetros para los diferentes distritos analizados del cantón de Grecia.....	25
Tabla 4. Procesos y fuentes que afectan la calidad del agua	35
Tabla 5. Número de muestras para análisis de indicadores de contaminación fecal en sistemas de distribución.....	37
Tabla 6. Frecuencia y número de muestras de agua y control de características químicas y microbiológicas definidas en mapa de riesgos de la calidad de agua para consumo humano	37
Tabla 7. Control de calidad de agua, frecuencia de muestreo (muestra/año)	38
Tabla 8. Frecuencias y número de muestras de control de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano que debe ejercer la autoridad sanitaria y la persona prestadora en la red de distribución.....	39
Tabla 9. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse	40
Tabla 10. Puntaje para el índice de continuidad de la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano	41
Tabla 11. Límites máximos permisibles (LMP) en agua potable	42
Tabla 12. Clasificación de la dureza según la OMS	44
Tabla 13. Calidad del agua en relación a su conductividad.....	46
Tabla 14. Efectos del arsénico y cadmio en el organismo.....	47
Tabla 15. Puntajes de riesgo, que superan los LMP en agua potable	53
Tabla 16. Variables de éste estudio	66
Tabla 17. Referencia de métodos de análisis	84
Tabla 18. Cálculos y expresión de resultados en NMP/100ML	100
Tabla 19. Resumen de condiciones y requerimientos del ensayo para determinación del crecimiento de Lemna minor en agua de grifo y embotellada marca San Luis®	106
Tabla 20. Resultados de análisis fisicoquímico de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.	113
Tabla 21. Resultados de análisis microbiológico de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.	115

Tabla 22. Resumen de interpretación de resultados.....	116
Tabla 23. Resultados de análisis crecimiento de <i>Lemna minor</i> en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.	117
Tabla 24. Análisis de correlación del crecimiento de <i>Lemna minor</i> en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.	117

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa ubicación de urbanización la Estancia de Lurín, Distrito Lurín, Ciudad de Lima.....	2
Figura 2. Detalle urbanización en estudio	2
Figura 3. Lixiviados de establos. Fábricas y cultivos al borde de pared del área de estudio .	4
Figura 4. Viviendas construidas sin ocupar actualmente en el área de estudio	5
Figura 5. La investigadora dentro del área de estudio junto a reservorio de pozos años 2014 y nuevos al 2016.....	7
Figura 6. Coloración filtro usado, sarro y partículas en agua hervida	9
Figura 7. Protestas con vallas sobre calidad del servicio de agua potable	11
Figura 8. Planta acuática <i>Lemna minor</i> : a) relación tamaño b) creciendo “como plaga” en acuario de muestreo de ésta tesis	12
Figura 9. La investigadora encuestando vivienda Mz TJ L-11 del área de estudio con consumo único de agua embotellada en bidones	17
Figura 10. Aniego en zona A Lurín por desborde de laguna de oxidación proyecto Mesías	34
Figura 11. Niveles de arsénico en río Lurín	48
Figura 12. La investigadora durante muestreo en viviendas del área de estudio.....	73
Figura 13. Etiquetas para muestras parámetros microbiológicos y fisicoquímicos	74
Figura 14. Dos cooler usados en éste estudio para preservación de muestras.....	74
Figura 15. Equipo de A.A. utilizado en éste estudio para análisis de arsénico y cadmio	78
Figura 16. Conductímetro utilizado en éste estudio	79
Figura 17. Curva de calibración de arsénico y cadmio	85
Figura 18. Programa de temperatura en medición de As y Cd por horno de grafito	86
Figura 19. Parámetros ópticos para medición de As por horno de grafito	86
Figura 20. Diagrama de Flujo protocolo análisis CD y As	87
Figura 21. Diagrama de Flujo protocolo análisis de dureza	89
Figura 22. Diagrama de Flujo protocolo análisis de conductividad.....	91

Figura 23. Diagrama de Flujo protocolo análisis de turbidez.....	92
Figura 24 Flujograma del método colorimétrico para determinación de cloro libre residual	93
Figura 25. Diagrama de flujo, determinación de coliformes	100
Figura 26. Selección y tratamiento a <i>Lemna minor</i>	101
Figura 27. La investigadora durante pesaje en balanza analítica y sembrado de Lema minor	102
Figura 28. Cultivo de <i>Lemna minor</i> en el laboratorio de Ing. Geográfica de la UNMSM.	103
Figura 29. Pesaje con balanza de 4 cifras significativas al final del ensayo	104
Figura 30. Procedimiento de montaje ensayo de crecimiento de <i>Lemna minor</i> en agua proveniente de grifo del área de estudio y de mesa marca San Luis®	105
Figura 31. Gráfico n°01. Viviendas incluyendo:	108
Figura 32. Gráfico N°02. Detección de una o más características en el agua: deja sarro en teteras, turbidez, partículas blanquecinas al hervirse, poca espuma con detergentes	109
Figura 33. Gráfico n°03. Característica del de grifo: sabor salobre, y/o deja resequead u otro cambio en la piel al bañarse, y/u olor desagradable, y/u olor a cloro, y/o ardor en los ojos	109
Figura 34. Gráfico N°04. Sabor del agua de su grifo es	109
Figura 35. Gráfico N°05. Consideración de la calidad de agua del grifo	110
Figura 36. Gráfico N°06. ¿Tipo de agua usada para tomar en la vivienda?	110
Figura 37. Gráfico N°07. Desde que vive en La Estancia de Lurín en cuanto a problemas estomacales y/o intestinales podría decir que... ..	110
Figura 38. Gráfico N°08. Necesidad de mejorar la calidad del agua de grifo que se le suministra a los hogares en su urbanización?	111
Figura 39. Gráfico N°09. Aceptación de análisis de crecimiento de Planta acuática en vivienda como indicadora de calidad de agua	111
Figura 40. Gráfico N°10. En cuanto a calidad del agua de consumo de Lurín con relación a otros distritos la considera mejor	111
Figura 41. Parámetros fisicoquímicos de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia. Los resultados representan el promedio \pm Error Estándar (n = 2-6).....	114
Figura 42. Comparación del crecimiento de la planta <i>Lemna minor</i> en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia. Los resultados representan el promedio \pm Error Estándar (n = 6-18). (****P<0.0001 y *P<0.05.....	118

RESUMEN

Las comunidades periféricas, como la de éste estudio se hallan expuestas a recibir agua con potabilización deficiente; el derecho al agua de calidad es inalienable, por lo que en el presente trabajo se analiza la calidad del agua proveniente de grifos domiciliarios de la Urbanización la Estancia de Lurín, la cual está inmersa en una zona agropecuaria, industrial, de alta permeabilidad, recibe agua de fuente subterránea, con alta dureza y conductividad, siendo percibidas y rechazada por gran parte de sus habitantes, por sus repercusiones, económicas, factiblemente de salud y por cuanto además existe un gran número de habitantes de mayor riesgo de vulnerabilidad (niños y/ embarazadas, y/o adulto mayor).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar los siguientes parámetros fisicoquímicos: Arsénico, Cadmio, Conductividad, Dureza y Turbidez, y microbiológicos (Coliformes totales y termotolerantes) además de cloro libre residual en agua potable de la Urbanización la Estancia de Lurín, con el fin de establecer si se hallan por fuera de los LMP de DIGESA y Colombia y a su vez establecer la correlación entre calidad de agua potable y el crecimiento de la planta acuática *Lemna minor*. Se realizaron determinaciones por Absorción atómica para los dos metales, Coliformes se analizaron mediante método de tubos múltiples, se compararon resultados acorde a la norma peruana de DIGESA y de Colombia, estableciéndose resultados así: As y Cd no detectado, presenta alta Dureza y Conductividad, pero no supera los LMP de la norma DIGESA, y se halla por encima de los LPM establecidos por la norma de Colombia, al igual que el nivel de cloro residual está deficiente, y además se halló Coliformes totales en el 25% de las muestras. La Turbidez se halla dentro de límites permisibles de ambas normas. La correlación directa entre Calidad de agua y crecimiento diferencial poblacional de la planta acuática *Lemna minor* fue positiva, pudiendo relacionar porcentaje de crecimiento con nivel de calidad de potabilización, por lo cual se puede utilizar como indicadora y alerta de su calidad, para las comunidades.

Palabras claves: Parámetros fisicoquímicos, biológicos, calidad agua potable, *Lemna minor*

ABSTRACT

Peripheral communities, such as this study are exposed to receive water with poor water treatment, the right to water quality is inalienable, so in this study the quality of water from household taps Urban analyzed “*Estancia de Lurín*,” which is immersed in an agricultural, industrial zone, high permeability, receives water from underground source, with high hardness and conductivity, being perceived and rejected by most of its inhabitants, its impact, economic and feasibly health , because there is also a large population of greater risk of vulnerability (children and / pregnant, and / or elderly).

This paper aims to analyze the following physicochemical parameters: Arsenic, Cadmium, Conductivity, Hardness and Turbidity and microbiological (total coliforms and thermotolerant) in drinking water Urban “*Estancia de Lurín*”, in order to establish if they are outside DIGESA of LMP and Colombia and in turn establish the correlation between drinking water quality and growth of aquatic plant *Lemna minor*. determinations by atomic absorption for the two metals were performed, coliforms were analyzed by multiple-tube method, results were compared according to the Peruvian standard DIGESA and Colombia, establishing results as well: As and Cd undetected, has high hardness and conductivity, but does not exceed the DIGESA, LMP standard, and is above the LPM standard established by Colombia, as the level of residual chlorine is poor, and also total coliforms were found in 25% of samples. Turbidity is within permissible limits of both standards. The correlation between water quality and aquatic plant growth was positive, may relate percentage of growth with quality of drinking water, which can be used as an indicator of its quality alert for communities. It was established that there was a direct relationship between water quality and population growth differential *Lemna minor*, so it can be taken as an indicator of the level of purification when compared with bottled water quality.

Keywords:

physico-chemical parameters, biological, drinking water quality, *Lemna minor*

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

1.1.1 Localización del área de estudio

El distrito de Lurín se encuentra asentado en el valle bajo de Lurín, al sur de Lima Metropolitana, Departamento de Lima en Perú y está ubicada a:

- 12° 0' 16'' latitud sur

- 79° 14' 37'' de longitud oeste del meridiano de Greenwich

Tiene una extensión de 200 km², se extiende desde el Km. 24 de la Autopista Panamericana Sur hasta el Km. 42. Límites del Distrito de Lurín:

Norte : Distritos de Pachacámac, Villa María del Triunfo y Villa El Salvador
Este : Distrito de Pachacámac
Sur : Distrito de Punta Hermosa
Oeste : Océano Pacífico

Área de estudio: La Urbanización La Estancia de Lurín, se halla en una planicie que presenta a sus espaldas colinas desérticas se halla localizada al sur del distrito, Km 39.5 en Antigua Panamericana Sur, y a 2 Kms de Playa Arica (ver Figura 1).

Se halla dentro de la Zona clase "A" la cual está integrada por balnearios, fábricas, empresas, y asentamientos humanos. Limita al frente con el Condominio Fundo Paso Chico y Fundo Interactivo la Querencia, además del "Parque Industrial Los Eucaliptos". Limita en la parte posterior y lateral con establos, zonas de cultivos, y fábricas, ajustándose más esta zonificación como industrial por la prevalencia mayormente de fábricas en sus alrededores (ver figura 2)

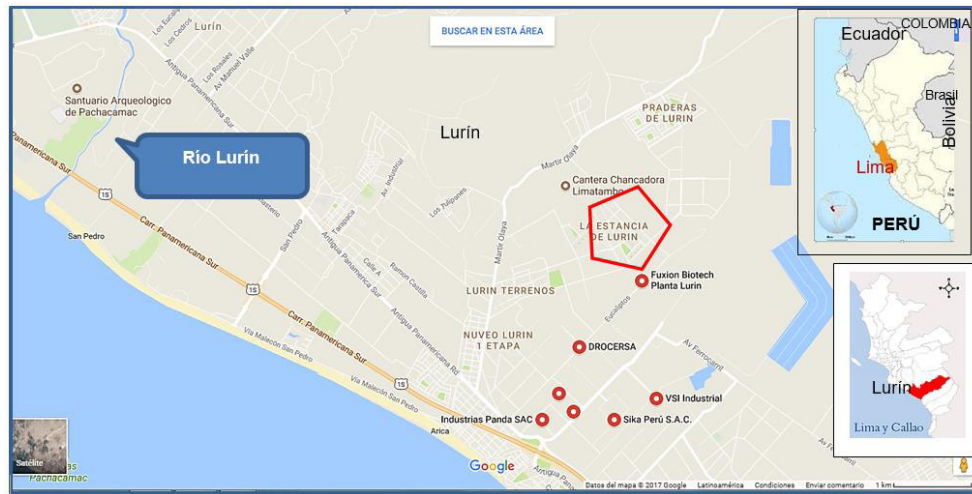


Figura 1. Mapa ubicación de urbanización la Estancia de Lurín, Distrito Lurín, Ciudad de Lima
 Fuente. Google Maps.

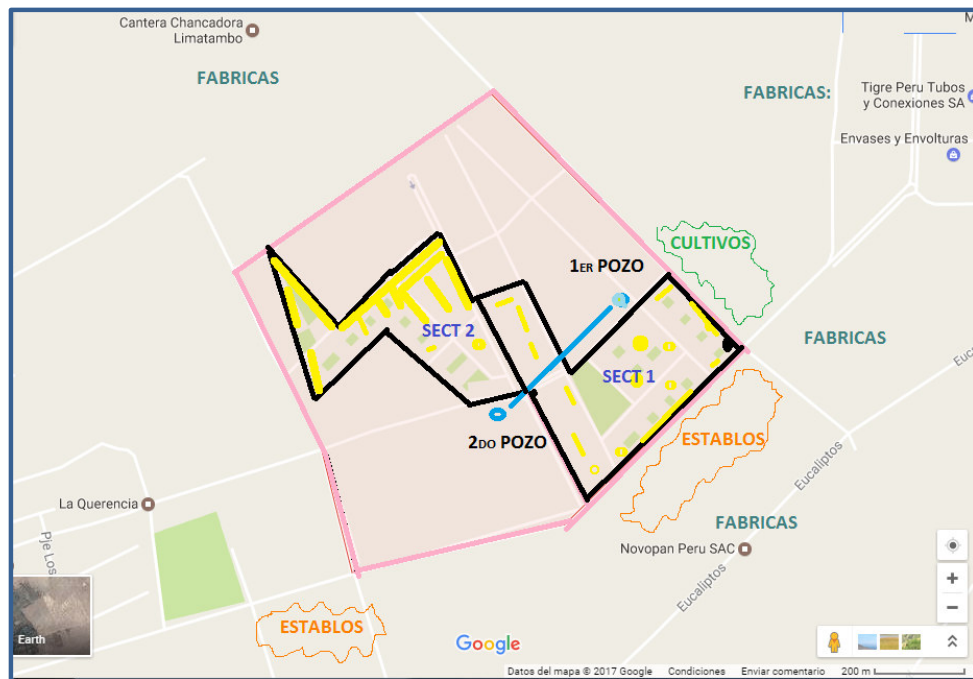


Figura 2. Detalle urbanización en estudio
 Nota área línea color rosa perímetro urbanización. Línea negra área construida
 Fuente: Adaptación basada en Google maps

Descripción del área de estudio. La densidad poblacional de habitantes por vivienda en el Esquema del Distrito de Lurín es a nivel general de 5,12 habitantes [...] y por Zona A 5.09;. Consorcio Valle Sur (2012)

El Distrito Lurín se halla en la siguiente distribución socioeconómica A: 2,6%, B: 3,2%, C: 26,6%, D: 50,0% E: 17,7%. La mayor parte de la población se halla en estrato D 50,0%, Salvador (2013). Este Distrito presenta entre otras, actividad agrícola (30% del uso del suelo con tendencia a disminución) e industrial creciente. Con clima extremadamente árido y semi-cálido de temperaturas de 18,5 C aprox., La humedad relativa alcanza un promedio de 83% [...] con precipitación desde 2,4 mm. mensual, [...] Huamán (2014), la formación presenta vegetación natural de tipo xerofítica en la zona-

El sector existe insuficiente gestión de ordenamiento territorial, presentándose actividad habitacional, agrícola, ganadera e industrial así: numerosas fábricas (ver figura 2) en inmediaciones: “Tigre Perú Tubos y Conexiones SA”, Cantera Chancadora Limatambo, Explosivos EXSA, Cerámicas, Planta de Concreto Lurín, aglomerados Novopan, Madera Andina, productos químicos para la construcción en Mapei entre otros, así como 3 establos de ganado vacuno con dimensiones entre 100x 200 mts aproximadamente, entre los cuales está la Querencia y Ganadera Santa Helena, la cual limita con la pared posterior de ésta urbanización generando problemas ambientales y emanación de lixiviados de los establos que por la permeabilidad de éste suelo se infiltran fácilmente (ver figura 3).



Figura 3. Lixiviados de establos. Fábricas y cultivos al borde de pared del área de estudio
 Fuente. Elaboración propia.

1.1.1. Historia de la urbanización

La urbanización La Estancia de Lurín fue un proyecto de Fovipol (Fondo de Vivienda Policial). La empresa Desarrollo de Proyectos Inmobiliarios SAC (DPI GROUP) a cargo de ésta urbanización proyecta construir en total 2664 viviendas. Al momento de la realización de las encuestas y muestreo se halla parcialmente ocupada y sólo se encuentran habitadas 500 de las vendidas, las demás están por habitar (ver figura 4). Las viviendas de ambos sectores de éste estudio cuentan con las siguientes características: construidas en material noble, servicios básicos de conexión de luz, desagüe, conexión domiciliaria de agua con grifos exteriores e interiores (en ducha, lavamanos, lavaplatos) a ambos sectores se les suministra agua clorada.



Figura 4. Viviendas construidas sin ocupar actualmente en el área de estudio

Fuente: Elaboración propia

Descripción de sistema actual de agua potable

Fuentes de abastecimiento: Lurín cuenta con dos fuentes de agua, superficial (La Atarjea) y subterránea (Pozos). El agua subterránea, mediante los pozos profundos P-803 y P-811; localización (ver Anexo E) surten al reservorio R-Centinel, ver figura 6 para de allí abastecer a Lurín Pueblo, Nuevo Lurín y Balnearios. El sistema está conformado por pozos, cisterna de rebombeo, líneas de impulsión, líneas de conducción, líneas de aducción, reservorios. El tramo de línea de impulsión del Pozo P-803 hasta el punto de intersección con la línea de impulsión del pozo P-811 se encuentra en mal estado, pero se sigue utilizando para combinar con el agua que sale del P-811 que tiene problemas de calidad de agua. Consorcio Valle Sur (2012). Los parámetros de bombeo se detallan en Anexo F

El “mantenimiento preventivo es básicamente el mismo en todos los Centros de Servicio y son las siguientes: • Limpieza y desinfección de reservorios. De acuerdo a la normatividad vigente se programa 2 veces por año la limpieza y desinfección de las estructuras de almacenamiento”. (Salvador, 2013, p. 66)

Las conexiones domiciliarias existentes son de PVC. En la tabla 1 y anexo G se describe el resultado de análisis de agua efectuado por Sedapal de los pozos de su propiedad que surten a Lurín.

Tabla 1
Resultado de análisis de agua de pozos

Parámetros	Unidad	Pozos				*
		P-803 30/03 /2006	P- 803 21/03 /2007	P-811 30/03 /2006	P- 811 21/03 /2007	LMP SUNASS
Conductividad	μS/cm	725	715	2060	2030	1500
Dureza Total	mg/L	288	257	926	933	500

Fuente: Consorcio Valle Sur (2012) Equipo de Evaluación de Calidad – Sedapal,

*Pozos actualmente paralizados

La calidad del agua que es extraída de los pozos el P-811 supera los Límites Máximos Permisibles determinados en la SUNASS; los parámetros que sobrepasan los límites: Conductividad, Dureza Total y Sulfatos. En cuanto a los otros pozos la calidad del agua es adecuada para el consumo humano.

El pozo P-811 ha sido descartado como alternativa de solución por superar los límites máximos permisibles en su lugar se va a utilizar el pozo P-365 con 7 l/s, el cual SEDAPAL ha vuelto a poner en funcionamiento, Consorcio Valle Sur (2012)

Como se detalla en Anexo F y H, el abastecimiento del RE-01 es racionado, en horas de la mañana dan agua en las partes altas por tener el tirante de reservorio elevado y en las tardes las partes bajas

El responsable del servicio del suministro en el sitio es la empresa Inmobiliaria DPI, quien tiene convenios con Sedapal ésta última suministra agua potable clorada, al Sector 1 proveniente de fuentes subterráneas a partir de los pozos tubulares 811, y 833 surtiendo agua alrededor de 10 a 12 horas diarias, de acuerdo a la altura del terreno, ya que las viviendas de los terrenos más altos obtienen menos horas de abastecimiento en sus grifos, por lo que es desigual en la zona 1 y hasta parte del 2016 pagaban una tarifa estándar de S/45,60 mensuales, estimados en estudio de Sedapal de acuerdo a capacidad de pago (Consorcio

Valle Sur. 2012). En la actualidad de los posibles daños producidos que afecten en el sector 1 se encarga Sedapal.

Para el sector 2 la Inmobiliaria DPI abastece de agua proveniente totalmente de pozos excavados directamente al interior de la urbanización en su parte norte, contando a mediados del 2015 con sólo 4 tanques de almacenamiento de 25 mil litros ubicados hacia el fondo de ésta, y aumentando al 2016 su capacidad de almacenamiento a 8 tanques de 25 mil litros cada uno y equipo de cloración, ubicados al lado del pozo (ver Figura 5),



Figura 5. La investigadora dentro del área de estudio junto a reservorio de pozos años 2014 y nuevos al 2016

Fuente: Elaboración propia

Al sector 2 le fue asignada tarifa de S/20 mensuales por cuanto allí es menor el abastecimiento de agua, ya que en éste último sector el suministro menos horas al día e incluso de acuerdo a sus habitantes hay días en que no llega el agua. El mantenimiento y operación en el sector 2 está a cargo de la Inmobiliaria y cuando hay problemas o hay que

hacer mantenimiento éste sector ha quedado sin agua hasta por varios días, mitigando esta empresa la necesidad del suministro a las viviendas con carrotanques.

Se puede observar el estado en que quedan los filtros en tanques de viviendas, en los cuales se retiene gran parte de estas sustancias, ocasionando cambio de color del filtro de blanco a color ladrillo (ver figura 6) como además por el desabastecimiento e insatisfacción en la calidad del agua (incluyendo sabor y olor en ocasiones) algunos se ven forzados a comprar frecuentemente agua embotellada en bidones, lo que acarrea muchos gastos para una gran cantidad de pobladores, y genera protestas (ver figura 10).

Siendo la calidad del agua objeto de éste estudio, a continuación en la Tabla 2 se detallan los indicadores básicos en abastecimiento de agua en el área de estudio:

Tabla 2

Indicadores básicos en abastecimiento de agua en el área de estudio

Operación Abastecimiento Mantenimiento de servicio de agua en viviendas		
Responsable	Sector 1 : Sedapal	Sector 2 : Inmobiliaria DPI
Origen	Pozos de Lurín: de los Huertos de Lurín y Nuevo Lurín	Pozos en La Urbanización en estudio. Utilizan Cisternas cuando hay cortes de suministro
Cantidad	Buena presión	oscilante
Calidad	Materia de Investigación	Materia de Investigación, aún menor satisfacción en usuarios
Continuidad	10 a 12 Horas máx. por día disminuyendo según la altura del terreno	Inestable, promedio 2 horas diarias. En ocasiones suspenden el servicio algunos días
Cobertura	100% conexión domiciliaria	100% conexión domiciliaria
Costos	S/.45.60 mensuales Pagados a Sedapal	S/20. Mensuales ,Pagados a la Inmobiliaria

Fuente: Elaboración propia.

El nivel freático, del área de estudio es superficial en ciertas zonas, su suelo es muy arenoso, por ende bastante permeable, y de alto riesgo sísmico, lo que podría generar problemas de suministro de agua optima en caso de fuerte sismo, Ministerio de Agricultura (2005), situación ésta en estado latente.

El agua presenta sólidos en suspensión, los cuales luego de hervir el agua se observan formando sarro en teteras metálicas, como se observa en la figura 6.

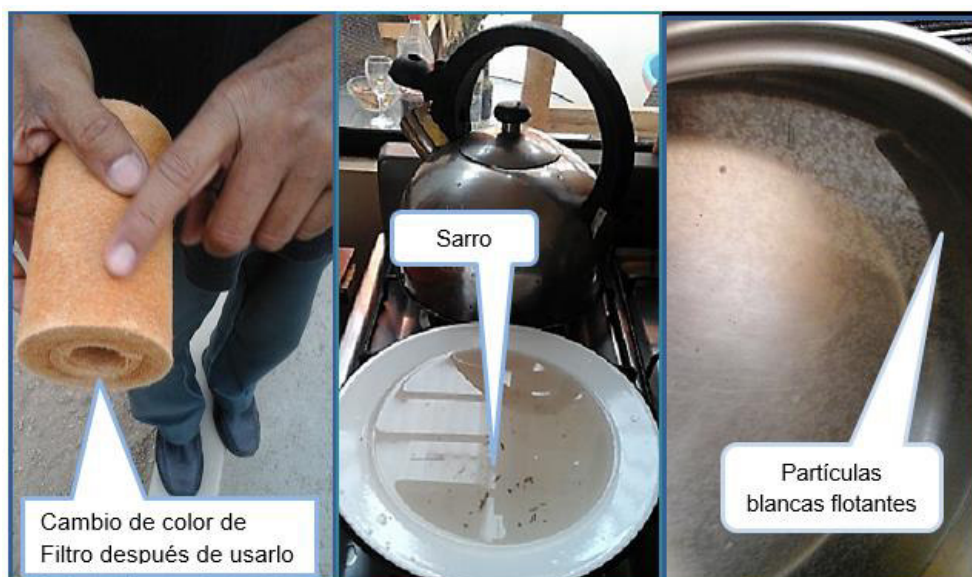


Figura 6. Coloración filtro usado, sarro y partículas en agua hervida

Fuente: Elaboración propia

También se observa que un mismo detergente hace menos espuma que lo usual, causa más resequedad en la piel, que cuando se usa agua potable de otra fuente, de mayor calidad. Igualmente se evidencia que el sabor del agua es salobre y diferente al del agua de excelente nivel de potabilización como la embotellada San Luis @entre otras. Por otro lado algunos moradores no toleran usar esta agua, el sabor es inaceptable para moradores con umbral de detección más alto, como además manifiestan oscilación en la calidad y señalan haber comenzado a manifestar trastornos gastrointestinales al comenzar a usar ésta agua, tales

como cólicos intensos diarios y estreñimiento los primeros 6 meses de consumo de esta agua, dichos cólicos paulatinamente fueron disminuyendo posiblemente a un proceso de adaptación y resistencia del individuo a esta agua, siendo que estos trastornos (síntomas) no ocurrieron al consumir agua embotellada. Por todo lo anterior presumiblemente el agua viene con deficiencias y se plantea que posiblemente no cuenta con las características necesarias para ser apta para el consumo humano.

Para la comunidad de la Estancia de Lurín al igual que en otras el uso de agua correctamente potabilizada es un derecho invulnerable, inaplazable y una necesidad apremiante como seres humanos, ya que ellos utilizan este preciado líquido en todos los ámbitos de su vida, y es así como el gobierno no debe escatimar esfuerzos para potabilizarla adecuadamente.

Se ha establecido que las enfermedades hidrotansmisibles, están en las primeras causas de fallecimientos en América Latina. La Estancia de Lurín al ser una comunidad periférica se encuentra en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas como también ha ocurrido a nivel mundial con tantas comunidades periféricas de las ciudades dado que regularmente viven sin acceder a agua potable y a servicios de salubridad. Los abundantes lixiviados, de establos y efluentes de fábricas (ver figura 2 y 3). que podrían llegar al subsuelo, por ser permeable arenoso en la zona de Lurín facilita el desplazamiento de sustancias al nivel freático, lo que podrían influenciar la calidad del agua subterránea, (que en muchos sectores de Lurín puede encontrarse a 2 metros de profundidad), (Ministerio de Agricultura 2005). La zona de los Huertos de Lurín (con inadecuado plan de ordenamiento territorial) de donde está viniendo parte del agua que usan los habitantes del Sector 2 también se encuentra afectada por contaminación agrícola, pecuaria e industrial. Las quejas no se hacen esperar por la contaminación generada, 85 industrias existen en la zona del trapecio cuenca baja de Lurín, según estimación del Grupo de Emprendimientos Ambientales (GEA) al 2006. Muchas de ellas con poca regularización. (Diario La República a2011, b2014).

Además de incrementar gastos por compra de filtros, bidones de agua (ver figura 10). En la comunidad de la Estancia de Lurín reclaman ante Inmobiliaria (ver figura 8).



Figura 7. Protestas con vallas sobre calidad del servicio de agua potable Sector 2 del área de éste estudio

Fuente: Elaboración propia

La potabilización y la desinfección efectiva del agua mejoran la calidad de ésta. Mas en áreas periféricas se observan ciertas circunstancias que transgreden su ejecución. Dichas circunstancias se circunscriben con ejes políticos, socioeconómicos y culturales. Más sin embargo ésta comunidad muestra su inconformismo a través de marchas, carteles como se observa en la figura 9.

.Pero en principio se hace determinante y necesario diagnosticar, evaluar cuál es la composición del agua que viene utilizando los habitantes de La Estancia de Lurín para que a partir de allí, los entes respectivo y comunidad más adelante puedan tomar las medidas respectivas frente al caso, dado que esta comunidad periférica nueva, presenta el inconveniente que al parecer el agua que suministra la empresa prestadora de servicio de agua de Lima, no realiza los controles suficientes respectivos y el agua podría no ser óptima para su consumo, dado observaciones directas que hacen cuestionar su calidad.

Los pobladores no cuentan con los recursos suficientes para realizar por si mismos análisis completos que les den total claridad de la composición del agua que consumen, ni cuentan con una alternativa actual rápida, y fácil de señal de alerta sobre calidad de agua potable, necesitan una nueva alternativa para poder así alertar y gestionar ante los entes responsables de la calidad del agua y poder así solucionar esta situación. Por lo cual se plantea:

La planta *Lemna minor* (ver figura 8^a) suele proliferar en aguas eutróficas, aumentando allí rápidamente su crecimiento (ver figura 8b) y demostrando crecimiento limitado en aguas limpias. Podríamos tener un seguimiento por parte de la población (que no tiene el presupuesto para hacer monitoreos cuando se sospeche que el agua viene deficiente en potabilización, siendo que los entes a cargo tampoco realizan controles en los conos regularmente, pese a todo) si se tuviera un indicador de alerta temprana de calidad de agua para los pobladores: Al establecer si el agua del área de estudio no cumpliera con los estándares fisicoquímicos y biológicos de agua potable, y además permitiera mucho mayor crecimiento de *Lemna minor* que el que ocurriría en un agua que tuviera certificación de cumplimiento de altos estándares calidad de agua potable, sería un buen indicador para los pobladores, siendo esto utilizado como mecanismo de indicador para alerta previa y de alarma para los pobladores, para de allí con bases gestionar los análisis confirmatorios a los entes respectivos de control, como es el caso de DIGESA.

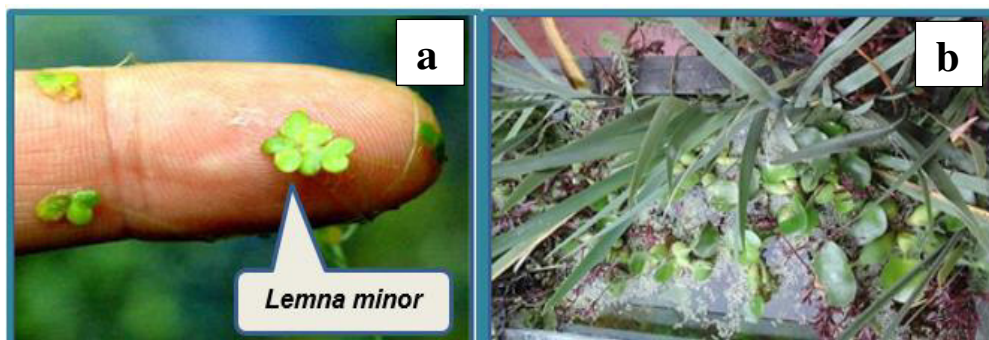


Figura 8 Planta acuática *Lemna minor*: a) relación tamaño b) creciendo “como plaga” en acuario de muestreo de ésta tesis

Fuente: Imagen a) Citada por García 2012, imagen b) Muestra de *Lemna* creciendo como plaga de acuario donde se extrajo para tesis

1.2 Formulación del Problema

La comunidad de la urbanización de la Estancia de Lurín, del Distrito del mismo nombre, en la actualidad están recibiendo agua de origen subterráneo, para consumo humano la cual al parecer podría carecer de insuficiente tratamiento previo, o de uno ineficiente, dado su aspecto físico y sabor siendo además posiblemente influenciada por contaminación de lixiviados de establos de la zona, y efluentes de fábricas de los alrededores que podría infiltrarse en el manto freático afectado presumiblemente la calidad del agua subterránea. Suponemos además que al parecer no se está efectuando un programa de monitoreo y remediación para dicha comunidad, por parte de los entes respectivos y que la comunidad debería conocer el estado real de dicha agua, para así poder tomarse los controles respectivos, dado que el uso de agua potable es una necesidad vital. También nos preguntamos el rango de crecimiento de *Lemna minor* con relación a composición fisicoquímica del agua de consumo humano, puede servir de indicador inicial y de alerta temprana y predecir calidad de ésta agua. Por lo cual realizamos el siguiente interrogante:

¿Cuál es la composición fisicoquímica y biológica del agua para consumo humano de fuente subterránea que llega a los grifos domiciliarios y su relación con el porcentaje de crecimiento de Lenteja de Agua (*Lemna minor*) en la Urbanización La Estancia de Lurín (Lurín) en los años 2015 y 2016?

1.2.1. Problemas específicos

¿En qué medida los niveles de Turbidez, Conductividad Eléctrica, Dureza, Cadmio, Arsénico están dentro de los parámetros de los Límites máximos permisibles por DIGESA y por los estamentos Internacionales en el agua de los grifos domiciliarios para consumo humano en la urbanización La Estancia, Lurín, Lima, Perú, 2015-2016

¿Cuál es el nivel de Coliformes Totales y Termotolerantes y de cloro libre residual presentes en el agua para consumo humano en la urbanización la Estancia de Lurín?

¿Cuál es la relación del porcentaje de crecimiento de *Lemna minor* en ésta agua con el estado de potabilización del agua para consumo humano?

1.3 Justificación Teórica

Existen niveles de parámetros fisicoquímicos en el agua potable, que están por encima del rango aceptado por la legislación de algunos países, pero entran en el rango de aceptación de la norma DIGESA y que pueden causar intolerancia e incluso posibles alteraciones en la salud de algunas personas por sus propiedades organolépticas; como la Conductividad y Dureza. Como además niveles microbiológicos por encima de todas las normas nacionales e internacionales y que además estos dos tipos de parámetros tienen consecuencias económicas (gasto en compra de agua embotellada y servicios de salud, inasistencia a labores, por trastornos gastrointestinales en los consumidores). Muchos países latinoamericanos han optado por controles más estrictos debido a estas razones. Si la comunidad rechaza el agua es debido a que no se sienten identificados con las consecuencias de su uso con las condiciones en que llega. Por lo tanto hay que evaluar la necesidad de ajustar la norma. La presencia de coliformes totales es inadmisibles en muestras de agua de consumo humano, por lo cual es relevante su determinación especial en poblaciones periféricas con posible insuficiente supervisión del estado.

El arsénico y Cadmio se encuentran en nivel prioritario de los principales contaminantes del medio ambiente, incluido cuerpos de agua a escala global, hallándose en concentraciones altas en aguas de todo el mundo (Mayorga, s.f.). De acuerdo a informes efectuados en el área de estudio se han detectado valores de cadmio ligeramente por encima del rango aceptable IMARPE (1997). Como además en agua potable de más de un distrito de Lima, (Gonzales *Et al*, 2014) y (Flores, 2009) “y a nivel internacional en varios países de América Latina como Argentina, Chile, México, El Salvador; Nicaragua, Perú y Bolivia, por lo menos cuatro millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de arsénico, que ponen en riesgo su salud en tal magnitud que en algunos países se ha convertido en un problema de salud pública,” (Castro 2006). Como también se reportan caso extremo de intoxicación en

Bangladesh, y Canadá, para cadmio y arsénico por cuanto se hace necesario realizar seguimiento de la variación de éste parámetro, por cuanto son de primordial vigilancia por su alto grado de peligrosidad para la salud y vida de la población, dado que estos dos elementos suelen estar presentes como productos de actividades humanas como efluentes de las fábricas y zonas de cultivo, de la zona, como además hallarse en estado natural como producto de la erosión natural de rocas en suelos de todo el mundo. En este caso relacionada al volcanismo terciario-cuaternario manifestado en Cordillera de Los Andes. Además se bioacumula por hasta por 40 años, por lo cual se hace necesario verificar que se esté consumiendo agua segura.

Normalmente los controles de calidad de agua se efectúan trimestralmente rutinariamente para grandes poblaciones, sobre todo para ciertos parámetros que son de obligatorio cumplimiento, entre los cuales están 6 de nuestro estudio; pero al tratarse de pequeños grupos poblacionales periféricos es distintos, sólo se efectúan esporádicamente. Los pueblos jóvenes suelen recibir agua, que es escasamente monitoreada, y que presenta en ocasiones niveles más altos en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, no pudiendo tener ningún sistema de alerta temprana sobre calidad de agua potable. En muchos estudios se utilizan plantas acuáticas en ensayos de ecotoxicología, más sin embargo no se han reportado estudios utilizándolas como indicadores de calidad de agua potable, lo que sería de gran utilidad inicial.

Lemna minor es una especie acuática, que puede ser usada como indicadora de calidad de agua ya que suele crecer en ambientes contaminados, es usada continuamente por ser capaz de crecer en ambientes inhóspitos, siendo bioacumuladora de metales pesados y otros tóxicos, suele vivir en sitios de alta concentración de iones, aguas duras, y en pH altos, ya alto rango de temperatura, lo cual permite utilizarla como indicadora de calidad de agua en muchos ensayos ecotoxicológicos, como lo reporta la Universidad Autónoma Metropolitana (2005) e innumerables estudios más, por cuanto presenta facilidad y pocos requerimientos para su cultivo y mantenimiento, siendo idónea para replicar ensayos a nivel de la población civil, si fuese necesario, dado que la población en sí no cuenta con análisis propios, ni al alcance de su presupuesto. Por tanto la prueba se basa en el análisis del efecto de la calidad del agua sobre la tasa de crecimiento de la población de *Lemna minor*. Cuando *Lemna minor*

se halla en condiciones dables para su crecimiento, tiene la capacidad de incrementar su población. El presente estudio mide el rango de crecimiento de *Lemna minor*, mas no establece tasa de acumulación de sustancias químicas, pues no hace parte de los objetivos de la tesis. Esta tasa de crecimiento sería menor si el agua no cuenta con niveles altos de dureza, conductividad, entre otros componentes fisicoquímicos, como sería en agua embotellada en condiciones óptimas de potabilización, tal y como arrojan los resultados de análisis fisicoquímicos de laboratorio.

1.3.1 Justificación Práctica

A:

El riesgo de estar probablemente consumiendo agua con calidad deficiente proveniente de grifos domiciliarios en la comunidad en estudio: Urbanización periférica de La Estancia de Lurín con valores de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos por encima de los máximos permisibles a nivel internacional se hace palpable por: la manifestación de reiteradas protestas sus habitantes que rechazan su sabor, su apariencia entre otros (ver figura 8); por lo significativo de los resultados de análisis de laboratorio en la presente investigación a nivel microbiológico (principal estándar tenido en cuenta por la OMS) ya que un 25% de las muestras se hallaron por encima de los valores permisibles; el nivel del cloro residual de algunas muestras, se halló en condiciones no aptas para el consumo humano. Sumado a esto la encuesta realizada al interior de ésta investigación da cuenta del rechazo de la población de sus propiedades organolépticas: percepción de sabor desagradable y salobre, observación de sólidos en suspensión (los cuales se sedimentan posteriormente al estar en reposo), y que vemos acumulados como sarro al interior de las teteras, como además la evidencia reacciones de esta agua ante detergentes y legía, mediante cambio de coloración no usual entre otros, y de problemas estomacales e intestinales presentados al llegar a vivir allí, da a entender que podría no ser apta para su consumo humano, y que podría generar gastos médicos, incapacidad laboral y detrimento del presupuesto laboral, aunado en que además incide en que muchos hogares actualmente ven afectado su presupuesto ya se ven obligados a tener sobrecostos semanalmente en compra de bidones, pues no toleran sus características, organolépticas (ver figura 9). Más sin embargo los que no tienen capacidad de comprar bidones sólo les resta hervirla, aun cuando

esto no cambia su composición química, sólo elimina las bacterias. En algunos casos evitan tomarla consumiendo sólo el agua presente en los alimentos, lo que está por debajo del consumo de agua recomendado diario, lo que va en detrimento de las necesidades del cuerpo para la homeostasis del organismo.



Figura 9 La investigadora encuestando vivienda Mz TJ L-11 del área de estudio con consumo único de agua embotellada en bidones

Fuente: Elaboración propia

B: No hay aplicación de medidas de vigilancia que permitan tomar medidas de alerta temprana y evitar problemas de salud. Es de conocimiento de los organismos gubernamentales el derecho de las comunidades a contar con calidad de agua óptima para consumo humano, como también las repercusiones para la salud que se tiene al no contar con un servicio de agua en condiciones apropiadas para su consumo. Las comunidades periféricas, tal es el caso de La Estancia de Lurín por su lugar de ubicación no cuentan con políticas muy efectivas, como además con infraestructuras, ni monitoreos suficientes por parte del estado, ni de las empresas prestadoras del servicio de suministro de agua. Además estas comunidades nuevas no cuentan con la suficiente organización, conocimiento, asesoría para velar y exigir por el derecho fundamental al agua de calidad.

La comunidad de la Estancia de Lurín, la Municipalidad, y demás entes asociados a la reglamentación, monitoreo y control del agua potable así como además las entidades a cargo prestación de del servicio de suministro, de agua, deben conocer el estado actual del agua

que utilizan los habitantes de la Estancia de Lurín con el fin de realizar los cambios preventivos y correctivos, y controles si fuese el caso, con la finalidad de garantizar la calidad del servicio a esta comunidad periférica.

Es significativo añadir que el área donde hallan ubicados los pozos de extracción de agua subterránea (que surten a los grifos domiciliarios de ésta comunidad) de la Inmobiliaria DPI y Sedapal es de suelo arenoso muy permeable, lo que puede generar que los lixiviados, esorrentías de establos, zonas de cultivo y fábricas algunos de ellos al parecer sin catalogar y regularizar posiblemente su vocación, y disposición final de residuos pudieren estar influyendo en contaminación microbiológica y química) ya que se encuentran ubicados en el área de influencia de dichos pozos

C: Tener un indicador biológico de bajo costo, fácil manipulación y de control de parámetros de ensayo para este fin como *Lemna minor* y al alcance de las poblaciones marginales sería significativo, ya que muchas veces la comunidad quisiera saber y aplicar algún método de identificación primario de calidad de agua, para poder de allí reclamar a las autoridades respectivas. La planta acuática *Lemna minor* es una macrófita muy resistente, económica que es suele vivir en aguas contaminadas y es indicadora de aguas eutróficas, que se suele usar ampliamente en ensayos de ecotoxicidad, en agua dulce a nivel mundial. Por lo cual también se propone como alternativa económica, y sencilla de evidenciar (como prueba presuntiva) si el agua es potable o no de acuerdo al posible rango de crecimiento en agua para consumo humano de la especie vegetal: *Lemna minor*; la cual suele crecer en aguas no potables dado que al comprobarse que dicha planta crecen esta agua dura en mayor proporción que en un agua adecuadamente potabilizada se emplearían como alerta inicial, para posteriormente de ser positivo el resultado inicial se procedería a sugerir como segunda etapa continuar el proceso de confirmación mediante análisis de laboratorio en próximos casos de estudios.

Por todo lo anterior es obvia la relevancia social que conlleva la realización de la presente investigación con el invaluable aporte de contribuir a coadyuvar posteriormente a tomar decisiones por parte de autoridades gubernamentales responsables de la calidad de dicho recurso en ésta comunidad que propicien mejoras en controles de monitoreo y calidad de dicha agua, para posteriormente garanticen minimicen los índices de enfermedades de

origen hídrico, y con ello, garanticen la preservación de la salud de las personas directamente influenciadas y afectadas dado que es un derecho inalienable, prioritario, no postergable, no negociable. Por todo ello se propone la evaluación y monitoreo la calidad físico químico y bacteriano patogénico de dicha agua y la utilización de *Lemna minor* como mecanismo de monitoreo preventivo.

Limitaciones del proyecto:

Se presentaron limitación a nivel de presupuesto : Luego de gestiones exhaustivas no fue factible obtener el apoyo o vinculación de DIGESA y otros estamentos para su participación en análisis de las muestras en laboratorios., lo cual limita el número de muestras debido a que no se cuenta con recursos propios suficientes para financiar la ampliación en el número de muestras, puntos y número de muestreos,. Como además no fue posible obtener los respectivos permisos para acceder a puntos de muestreo tales como sitio de extracción (pozos), tubo matriz de distribución, Cisternas de almacenamiento con las Empresa Sedapal y DPI y ya que las muestras provienen de una fuente única, no renovada a corto plazo. Por limitación de tiempo y económica de tesista para continuar permaneciendo en Perú y estar obligada a retomar su país de origen Colombia se determinó la reducción en el número de muestreos realizados y fechas asignadas para muestreo en los grifos domiciliarios.

Para la determinación de la población luego de solicitar mediante oficio informes a la Municipalidad de Lurín, comunicación con DPI y Sedapal no fue posible tomar el dato formal, pese a que fue enviada por escrito una solicitud a la Municipalidad de Lurín, en sus oficinas manifiestan desconocer el dato real, por ser administrado por una empresa privada, al igual en la empresa DPI no fue factible acceder a los datos, ellos afirman que no están obligados a suministra información por ser empresa privada. Por tanto se procedió a tomar el dato con líderes comunales. Por consiguiente aunado a esto, y en observaciones directas se estableció que la Urbanización es pequeña y está parcialmente habitada por ser reciente se decidió por estas razones Limitar el número de muestras de agua a esta cantidad.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar y evaluar parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua para consumo humano de los grifos domiciliarios con el fin de determinar si cumplen con los Estándares de Calidad de agua para su consumo, y además determinar el grado de crecimiento de *Lemna minor* en ésta como indicadora inicial y alerta temprana de estado de potabilización, del agua de grifo para pobladores, en la Urbanización La Estancia, Lurín, Lima, Perú, 2015-2016.

1.4.2 Objetivos Específicos

Evaluar los niveles de Conductividad Eléctrica, Turbidez, Dureza, Cadmio y Arsénico, en agua para consumo humano procedentes de los grifos domiciliarios de origen de fuentes subterráneas en la urbanización La Estancia de Lurín y determinar si cumple los parámetros de los Límites máximos permisibles y estándares de calidad por Digesa y por los estamentos Internacionales reguladores de calidad de agua potable.

Determinar presencia de bacterias *Coliformes totales* y *termotolerantes*, como además de cloro libre residual en agua para consumo humano en la urbanización La Estancia, Lurín, Lima, Perú, 2015-2016.

Evaluar como indicador inicial de potabilización el rango de crecimiento de *Lemna minor* en agua proveniente de grifos domiciliarios, como mecanismo de alerta temprana para pobladores en la Urbanización La Estancia, Lurín, Lima, Perú, 2015-2016.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación

Municipalidad de Lurín (2012) en el Diagnóstico de contaminación ambiental señala “que este tema cruza la mayor parte de las actividades urbanas y rurales del distrito, de acuerdo al taller participativo este problema se debe a la mala ubicación de las fábricas en área residencial y en menor grado los camales, que vienen contaminando mediante el vertimiento de las aguas residuales a las acequias o al subsuelo que en este caso a su vez contamina la napa freática que es parte de la fuente de agua potable. Asimismo, una de las causas es la falta de control de las autoridades, así como en menor grado se tiene la crianza de animales como cerdos y los perros que deambulan por las calles.” [...] “el problema de la falta de ordenamiento urbano está orientado a la ocupación de establecimientos industriales en las zonas agrícolas o incompatibles, debido al aprovechamiento indebido de algunos inversionistas con referencia a los problemas de límites distritales y las argucias legales; generando la mediatización del control urbano que debe ejercer la Municipalidad Distrital. [...] y se haya disminuido la napa freática recurso del agua potable”. (pp 42, 88)

“Se ha registrado un total de 1230 pozos, de los cuales 67 son tubulares (5.45 %), 1,149 a tajo abierto (93.41 %) y 14 mixtos (1.14 %), observándose la mayor concentración en el distrito de Pachacamac con 37 pozos. De los 1230 pozos inventariados, 939 se muestran en estado utilizado (76.34 %), 277 utilizables (22.52 %) y 14 no utilizables (1.14 %)”. (Ministerio de Agricultura, 2005)

Se establecieron “en relación a los pozos utilizados 888 son a tajo abierto, 42 tubulares y 09 mixtos. Asimismo, 445 pozos son de uso doméstico, 419 de uso agrícola, 68 pecuarios y 07 para uso industrial. Actualmente, se explota del acuífero un volumen de 13'649,922.71 m³ (13.65 millones de metros cúbicos) de agua

subterránea, que equivale a un caudal continuo de 0.43 m³/s, mayormente utilizado con fines domésticos (9'289,989.45 m³). (Ministerio de Agricultura, 2005)

· Además: “En el valle, el nivel de agua se encuentra entre 0.65 y 67.45 m de profundidad, observándose los niveles más superficiales (0.65 m – 0.74 m) en los sectores El Olivar y Santa Rosa en los distritos de Pachacamac y Lurín respectivamente; mientras que los niveles más profundos varían de 45.30 m (sector San Fernando – zona II) a 57.18 m (sector Sumac Paccha – zona I) de profundidad, llegando incluso hasta 67.45 m (sector Sumac Paccha)”. (Ministerio de Agricultura, 2005)

En relación al acuífero se encontró que: “El acuífero es libre, de origen aluvial y de edad cuaternaria, observándose que el desplazamiento del flujo subterráneo mayormente es de noreste a suroeste y en forma secundaria de noroeste a sureste. El estudio ha permitido conformar las redes de control, tanto piezométrica (227 pozos) como (229 pozos) que permitirá realizar el seguimiento cualitativo y cuantitativo de la napa freática. El acuífero en gran parte de su área presenta buenas condiciones hidráulicas, el mismo que por sus características corresponde a un acuífero libre”. (Ministerio de Agricultura, 2005)

· “Las aguas para riego según el RAS (Relación de absorción de sodio) y la conductividad eléctrica en su mayoría son de C2S1 (mediana salinidad y bajo contenido de sodio) que corresponde a aguas de buena calidad y aptas para la agricultura. En segundo orden se encuentran las C3S1 (alta salinidad y bajo contenido de sodio), que son aguas que pueden ser utilizadas en la agricultura pero, bajo ciertas condiciones. En parte del valle, en zonas cercanas al litoral, existe la clase C4S1 (alto contenido de salinidad y bajo contenido de Sodio) que también pueden ser utilizadas para riego, pero con precauciones”. (Ministerio de Agricultura 2005)

· “De acuerdo a los diagramas de potabilidad, las aguas subterráneas en el área de estudio, varía de pasable a mala, seguida por las aguas de mediocre a mala;

observándose en ciertos sectores aguas de potabilidad pasable a mediocre y en otros, aguas de mala calidad. Se recomienda: Continuar el monitoreo del acuífero (03 veces al año) tanto cuantitativo como cualitativo”. (Ministerio de Agricultura, 2005)

En el Anexo I se presenta detalles de estudio realizado destacándose la variabilidad del nivel freático en el área de Lurín. Por cuanto es factible debido a la permeabilidad del suelo la infiltración en la zona. Ministerio de Agricultura (2005),

Los informes del Borrador de IMARPE (1997) señalan que: “Las aguas del río Lurín no presentan problemas serios de contaminación; sin embargo, es conveniente señalar que algunas sustancias contaminantes se encuentran presentes a concentraciones que superan ligeramente al límite máximo permisible que estipula el reglamento de la Ley General de Aguas. Tal es el caso del plomo y cadmio, [...] Por ello es conveniente que las autoridades se preocupen por el cumplimiento de las normas legales vigentes referentes a la preservación de las aguas”.

Gonzales y Osorio (2014), realiza investigación en año 2013, “determinando el grado de contaminación con arsénico y cadmio en aguas de consumo humano provenientes del reservorio central de agua potable del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) en la Comunidad Urbana de Chuquitanta - distrito de San Martín de Porres, y que es distribuida a la población mediante camiones cisternas que hacen llegar a las viviendas el agua de consumo humano. Finalmente esta agua es almacenada en las viviendas en cilindros plásticos en su mayoría para su posterior utilización”.

Además se estableció que “en las muestras de agua provenientes del reservorio central de SEDAPAL se determinó la concentración media de cadmio: 0,00417 mg/L y de arsénico: 0,00127 mg/L; en las muestras provenientes de los camiones cisternas se determinó la concentración media de cadmio: 0,00439 mg/L y arsénico: 0,00121 mg/L; en las muestras provenientes de los cilindros plásticos de las viviendas se

determinó la concentración media de cadmio: 0,00108 mg/L y arsénico: 0,00167 mg/L. Estos resultados evidencian que la concentración de cadmio supera los límites permisibles en el reservorio central de SEDAPAL y en los camiones cisternas, ambas modalidades de consumo de agua, indicando un riesgo de intoxicación crónica y un grave problema de salud a la población”. (Gonzales y Osorio)

Flores y Pérez (2009) realiza estudios así: “en el distrito de Puente Piedra se evaluó el grado de contaminación de arsénico, especialmente por tratarse de un distrito con escaso control sanitario sobre la calidad de agua de consumo humano. Para llevar a cabo este estudio se tomaron 38 muestras de agua de consumo humano, 13 provenían de SEDAPAL, 13 de agua de cisterna y 12 de agua de pozo, se usó el método espectrofotométrico de absorción atómica con horno de grafito. Se encontró que la concentración promedio de arsénico del total de muestras provenientes de SEDAPAL fue de 9.13 $\mu\text{g As/L}$ y el total de muestras provenientes de cisterna fue de 5.04 $\mu\text{g As/L}$, los cuales no exceden la concentración máxima permisible dada por la Norma Técnica Peruana 214.003.87 (50 $\mu\text{g As/L}$) y la Organización Mundial de la Salud (10 $\mu\text{g As/L}$). También se halló que la concentración promedio de arsénico en el agua de consumo humano proveniente de pozo fue de 22,40 $\mu\text{g As/L}$, la cual está por encima del límite permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y por debajo del límite permisible dado por la Norma Técnica Peruana (NTP 214.003.87). Se observa que el 100% de las muestras supera el límite permisible establecido por la OMS. Se recomienda realizar este tipo de estudios en otros distritos de Lima Metropolitana para poder hacer un seguimiento de la calidad del agua de consumo humano que abastece a los habitantes”

Rodríguez (2008) reporta en su estudio “a través de una serie de análisis de muestras de agua recopiladas en las fuentes de abastecimiento de cada uno de los distritos de San Roque, Bolívar, San Isidro, San José, Puente Piedra, Tacares y Grecia Centro, se obtuvo un promedio de datos de dureza total de calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura. Con estos datos se pretende determinar algunas características del

agua y confrontarlos con los parámetros teóricos existentes, según los lineamientos para las aguas potables,” (ver Tabla 3)

Tabla 3

Resultados obtenidos de cada uno de los parámetros para los diferentes distritos analizados del cantón de Grecia

Distrito	Dureza ppm CaCO₂	Conductividad μS/cm	Temperatura °C	pH	Clasificación
Tacares	95,26	165,60	20,17	6,78	Moderadamente dura
San Roque	88,58	148,14	19,9	6,52	Moderadamente dura
Puente Piedra	78,80	138,30	18,5	7,33	Moderadamente dura
San José	68,37	102,19	19,88	6,14	Moderadamente dura
Grecia	53,74	145,3	19,20	7,03	Blanda
San Isidro	53,39	130,6	20,30	6,48	Blanda
Bolivar	50,09	132,3	19,0	6,54	Blanda

Fuente: Rodríguez (2008)

En estudios efectuados por Solís, Zúñiga & Mora (2018) se determinó “las relaciones entre la conductividad, respecto a las concentraciones de dureza total y dureza de calcio en pozos y nacientes utilizados para consumo humano en Costa Rica.[...]. La aplicación de las curvas de calibración obtenidas [...], logró comprobar y concluir que la conductividad (en situaciones normales) es buen indicador indirecto de las

concentraciones de dureza total y dureza de calcio. Se recomienda la medición de la conductividad en campo para estimar la dureza total y de calcio en pozos y nacientes”

Cote (2006) presenta su trabajo de “Aislamiento, Identificación Bioquímica y Pruebas de cloro-resistencia *In vitro* a cepas nativas de *Coliformes totales* y *E. coli* obtenidas en la red de distribución del acueducto de Bogotá: Se realizaron pruebas de cloro-resistencia, con la finalidad de poder abrir diferentes alternativas de desinfección, descartar contaminación en la toma de muestras, verificar la incidencia de la biopelícula de las tuberías de la red de distribución en la calidad de agua potable. El 75% de las cepas aisladas, resultaron ser Cloro-resistentes con 10 y 15 minutos de tiempo de contacto. Se evaluó un tiempo de contacto de 30 minutos sólo con 4 cepas (*Klebsiella oxytoca*, *Yersinia enterocolitica* y dos cepas de *Escherichia coli*), las cuales no resistieron a ninguna de las concentraciones expuestas en este tiempo de contacto. Se trabajaron concentraciones de cloro libre residual de 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 y 2.0 mg/L. No se ha encontrado una falla aparente en el tratamiento realizado en las plantas de tratamiento de Bogotá así como en otros acueductos a nivel mundial donde se han hallado éstas bacterias cloro-resistentes. Cote señala antecedentes de acueducto en Ontario, Canadá, debido probablemente a la formación de Biofilm o biopelícula en sus tuberías”

En investigaciones de **Carrillo y Lozano (2008)** en los laboratorios INTHERPHARM de Colombia, se logra posterior a revisión y recopilación bibliográfica la validación de método de agar Chromocult, como método alternativo mediante técnica de filtros de membrana, en la detección de microorganismos

indicadores de agua potable, (utilizando agua potable del acueducto de Bogotá e inoculando microorganismos a agua estéril, como alternativa de contraste) “indicando su fácil manejo y rápida recuperación para reducir costos y desarrollar procedimientos con mayor eficacia y seguridad, realizando un análisis que garantice resultados confiables y la disminución de los riesgos de reanálisis que aumentan el tiempo de análisis y los costos” utilizando diez muestras de agua potable, demostrando la reproducibilidad, especificidad, y efectividad del método para detección de Coliformes fecales, pudiéndose realizar en sus ensayos una recuperación del 96% comparados con otro tipo de organismos.

En trabajo realizado por **Cutimbo (2012)** se determinó estado microbiológico de las aguas subterráneas para el consumo humano en La Yarada y Los Palos. Se analizaron “46 muestras de agua subterránea provenientes de pozos. Los métodos usados fueron Numeración de Coliformes Totales y Termotolerantes por el método de Tubos Múltiples (NMP) y Recuento en Placa de Bacterias Mesófilas Aerobias (APHA, 2005). También se determinó el pH, la Conductividad Eléctrica así como la Temperatura ya que estos indicadores físicos podrían alterar los resultados obtenidos. De los 46 pozos muestreados entre los meses de Abril y Junio del 2012 en los que presentaron un agua para el consumo humano fueron: para recuento de bacterias heterotróficas 2%, para Coliformes totales 54% y para bacterias termotolerantes 11%. De estos pozos 21 (46%) se encontraron bacteriológicamente aptas para el consumo humano, 25 (54%) no aptas”.

Determinación efectuada por **Gramalejo (2004)** para la “calidad del agua para consumo humano y uso industrial de cuatro pozos mecánicos ubicados en la zona 11 de Mixco, específicamente en las colonias Lo de Fuentes, Lo de Molina y Primero de Mayo determinándose las características físicas, químicas y bacteriológicas (mediante e el método de tubos múltiples de fermentación) del agua de cada uno de los pozos, posteriormente estos valores se compararon con la norma para agua potable NGO 29001 de la Comisión Guatemalteca de Normas COGUANOR, y también se compararon con los requerimientos de calidad del agua para uso industrial contenidos

en la norma propuesta CATIE. En este estudio todos los parámetros evaluados se hallan dentro de los límites aceptados en la norma para agua potable, por lo que se concluyó que el agua de estos cuatro pozos es adecuada para consumo humano”

Determinaciones realizadas por **Mejía (2005)** en Honduras, permitieron realizar “un análisis socio ambiental de la calidad del agua para consumo humano, y determinar la percepción local del uso de tecnologías apropiadas para desinfección de agua. Se analizaron las principales fuentes de consumo humano mediante parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua. Se obtuvo información de recopilación del conocimiento local del uso y manejo del agua [...] La calidad del agua se ve afectada por la turbidez y sedimentación en la parte física, y por contaminación biológica con Coliformes fecales. Los usuarios muestran poca aceptación al uso de tecnologías de desinfección propuestas debido a la desinformación en cuanto a salud y poca preocupación por su nivel de vida. El análisis de riesgo practicado al acueducto principal muestra un riesgo medio en la mayoría de sus componentes, y las principales deficiencias del sistema de abastecimiento”

García Et Al (2009). Reporta en su trabajo que el uso macrófitas acuáticas “está cada vez más extendido en las tareas de gestión del medio ambiente, ya que proporcionan una gran cantidad de información de forma rápida y con un coste bastante bajo. Los macrófitos acuáticos tienen unas propiedades que los hacen ser excelentes bioindicadores: Se pueden observar fácilmente. Son organismos sedentarios. Responden rápidamente a variaciones en las condiciones físico-químicas del medio, Son sensibles a la presencia de diversos contaminantes y sustancias tóxicas. Acumulan sustancias tóxicas en sus órganos. Su presencia se relaciona fácilmente con procesos ecológicos significativos. No requieren complicadas técnicas ni sofisticados laboratorios para identificarlos. Están presentes en multitud de hábitats acuáticos. En este contexto, la desaparición o aparición de especies o los cambios en su abundancia relativa constituyen una información altamente significativa, el estado ecológico está claramente señalado en la DMA (Directiva Marco del Agua), y procede de experiencias realizadas en Europa, en el marco de la

vigilancia de la calidad de las aguas en aplicación de otras directivas europeas: Directiva de tratamiento de aguas urbanas residuales Directiva de nitratos y de normativas de diferentes países. En USA los macrófitos se usan como bioindicadores de forma habitual y existen procedimientos estandarizados para el muestreo y procesado de muestras según indica la Environmental Protection Agency o el US Army Corp of Engineers”.

Santos C. et al (2011) señala en su investigación a *Lemna* entre los mejores indicadores biológicos en cuanto a las macrófitas acuáticas así: “desde el punto de vista de su utilización como indicador biológico, se consideran buenos referentes de la calidad del agua, y proporcionan un valor indicador a medio y largo plazo. Son sensibles a variaciones físico-químicas e hidromorfológicas en las masas de agua, como por ejemplo la concentración salina, la eutrofización, el régimen de inundación, etc. Las modificaciones de estas variables pueden originar cambios cualitativos y cuantitativos en las comunidades vegetales y en la estructura trófica de los ecosistemas entre otros. Desde un punto de vista funcional, los macrófitos acuáticos pueden clasificarse en diversas categorías atendiendo a la relación de la especie con el medio en el que vive y a su forma de crecimiento: –Hidrófitos o macrófitos acuáticos en sentido estricto: aquellas plantas que tienen todas sus estructuras vegetativas sumergidas o flotantes. Se incluyen en este grupo a plantas vasculares, algunos géneros de briófitos y las algas carofitas y filamentosa. Se encuentran enraizados al sustrato o flotan libremente en el agua. Son los mejores indicadores del estado de su hábitat. Ejemplos: espigas de agua (todas las especies de *Potamogeton*), miriofilo (*Myriophyllum spicatum*), jopozorra (*Ceratophyllum demersum*), lentejas de agua (especies del género *Lemna*), nenúfares (*Nymphaea alba* y *Nuphar luteum*), etc”.

En experimento efectuados por Carignano, L.A., Boeykens, S. & Vázquez C. citados en la Revista de Investigación: Biologist (2009) utilizando *Lemna minor* se

realizaron bioensayos utilizando mesocosmos formados por contenedores plásticos de 250 ml., 2g de *Lemna minor* y concentraciones crecientes de cromo Cr (VI), a partir de soluciones de K_2CrO_4 , por triplicado y con sus respectivos controles en el cual determinó el modo de acumulación del cromo, absorción-adsorción, que presenta *Lemna minor* a partir de soluciones acuosas, *en el cual se señala que:* posee en particular una alta capacidad de remoción de metales pesados y una amplia tolerancia a valores extremos de pH, salinidad y temperatura.[...] Señalando además que Investigar los mecanismos que utiliza *Lemna minor* en la remoción de los metales pesados desde soluciones acuosas, permitirá optimizar la eficiencia del par especie acumuladora-contaminante, ante aplicaciones de biorremediación.

2.2 Bases Teóricas

La “falta de agua potable trae consecuencias muy serias, que se incrementan y se hacen más evidentes con las guerras, las catástrofes naturales y la pobreza. Se asegura que actualmente, aunque nadie se muera de sed, el 80% de los problemas de salud en los países en vía de desarrollo están relacionados con el agua. La supervivencia de millones de personas en todo el mundo está condicionada no solo a la preservación del recurso hídrico, sino también a su disponibilidad, accesibilidad y calidad”. (Defensoría del Pueblo, s.f.)

Se puede apreciar que en “un reporte de Naciones Unidas manifiesta que: *los más afectados siguen siendo los pobres, ya que el 50 % de la población de los países en desarrollo está expuesta al peligro que representan las fuentes de agua contaminada. Por otra parte, las disparidades entre el Norte y el Sur son alarmantes. Por ejemplo, los niños nacidos en países desarrollados consumen entre 30 y 50 veces más agua que los nacidos en países en desarrollo.*” “Cada 15 minutos 19 niños mueren en el globo terráqueo de una enfermedad derivada de la falta de acceso al agua potable, lo cual supone una cifra diaria de 1.824 menores, de acuerdo a indicadores de desarrollo realizados por el Banco Mundial”. (Defensoría del Pueblo, s.f.)

Según Mora (1996), citado por Chiguala y Cruz (2012) se afirma “que en América Latina y el Caribe 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y para usos domésticos como la higiene personal”

2.2.1. Derecho Humano Al Agua

Como podemos observar “el agua ha estado siempre presente en todas las actividades del hombre, como protagonista principal de su desarrollo y del recorrido hacia la civilización, condicionando su propia supervivencia. La escasez del recurso, la dificultad de acceder al mismo y la mala calidad van de la mano de la pobreza y de las enfermedades. La calidad adecuada del agua, se refleja en reducción de enfermedades como la diarrea o el cólera”. (Defensoría del Pueblo, s.f.)

Es así como además “la calidad del agua puede variar, de acuerdo con el uso que vaya a recibir, lo que permite deducir la existencia de calidades del agua. Sin embargo, el agua para consumo humano debe reunir requisitos de calidad no negociables, como no son negociables los derechos humanos, y cuando vaya a ser utilizada para el consumo humano, debe cumplir con requisitos de disponibilidad, accesibilidad y calidad. El derecho humano al agua debe entenderse como un derecho autónomo e independiente, dada la importancia que tiene para la vida y la salud de los seres humanos; de hecho el derecho humano al agua es un derecho fundamental para todos los seres humanos, que hace prioritario asegurar su distribución en todas las poblaciones, con la suficiente cantidad y en condiciones de potabilidad óptimas. Si no se tiene potabilidad adecuada, se mantiene la amenaza permanente sobre la salud, la alimentación y la vida de gran parte del pueblo colombiano, especialmente de la población infantil que es siempre la primera víctima del agua contaminada”. (Defensoría del Pueblo, s.f.)

Es importante señalar que “en la Declaración de los Derechos del Hombre de 1948 se establece que toda persona tiene derecho a un nivel de vida suficiente para asegurar su salud, su bienestar y el de su familia, lo que sin lugar a dudas incluye el derecho humano al agua.

Es un bien que goza de especial protección tanto en las normas del derecho internacional de los derechos humanos, como en el derecho internacional humanitario, pero solo hasta la expedición de la Observación General No. 15 en enero de 2000 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales, se puede reclamar la exigibilidad del derecho al agua como derecho autónomo e independiente, que, aunque esté asociado a otros derechos fundamentales, debe ser reconocido por sí mismo como fundamental, dada la importancia que tiene para la vida y la salud de los seres humanos. De conformidad con la OMS, la calidad óptima de agua para consumo humano y adecuados servicios de saneamiento básico son indispensables para reducir los índices de morbilidad y mortalidad, en especial de los niños y niñas y de los adultos mayores, contribuyendo así mismo al mejoramiento de la calidad de vida y el bienestar general de la población. En sentido contrario, la escasez de agua potable y de buenos sistemas de saneamiento favorece la transmisión de enfermedades de origen hídrico y frenan el desarrollo económico y social. Sin lugar a dudas el agua potable es un factor determinante del derecho a la salud pública. El agua no puede considerarse únicamente como un bien económico. También es un bien social y cultural indispensable para la garantía de otros derechos como la salud, la alimentación y el medio ambiente sano. OMS (s.f.)”. (Defensoría del Pueblo, s.f.)

2.2.2. Enfermedades Hidrotransmisibles

Se considera que la diarrea es la primera causa de muerte entre los niños de entre 1 y 4 años de edad, con dos millones de defunciones al año en todo el mundo (Piza, 1996). Los niños menores de 5 años aún no tienen completo el sistema inmunológico y en los países en vías de desarrollo, la mayor parte de ellos están afectados por la desnutrición. En general, la diarrea es transitoria en las personas bien alimentadas y persistentes en las mal nutridas. La infección repetitiva puede aumentar la desnutrición, que, a su vez, incrementa la vulnerabilidad ante nuevas infecciones.

Es determinante reconocer que la primera causa de defunciones de menores de edad entre 1 y 4 años se genera a causa de la diarrea a nivel mundial, puesto que los pequeños aun no desarrollan completamente su sistema inmune, aunado a ello por la malnutrición, y la recidiva en éstas enfermedades en los infantes.

Parafraseando al reporte del Ministerio de Salud (2014) en Lima Sur el índice de enfermedades hidrotransmisibles en Lurín es del orden del 3,8% en el 2012, y en el 2009 era del 4% (pág. 90). Al igual en el mismo año se reportaron 2796 casos de EDA (enfermedad Diarreica aguda) (pág. 105). En cuanto al orden de causas de consulta externa la diarrea y gastroenteritis están en 5to lugar después de la faringitis y amigdalitis aguda; otros tumores de comportamiento incierto; otras infecciones respiratorias; y traumatismos en el cuerpo, que se hallan en el 1ro, 2do, 3ro y 4to lugar respectivamente. Es de anotar que la mayor incidencia de enfermedades hídricas en Lima Sur se halla en los distritos de aún más periféricos de Pucusana y Punta Hermosa, por tener mayor déficit en saneamiento básico, y agua potable.

En el informe de la Municipalidad de Lurín.(2016) se afirma que en el año 2014 en el Distrito se reportan 3541 casos de enfermedades infecciosas intestinales, con un índice de 4,2%, ocupando un 3er lugar luego de enfermedades respiratorias y de la cavidad bucal. En el mismo informe se reporta hasta la semana epidemiológica N°46 se han registrado 2444 casos, de Enfermedad diarreica señalándose a los grupos de edades que pueden ser más perjudicadas de >5 años con 61%, de 1 a 4 años 31% y < 1 año 8%. Ver Anexo J

Parafraseando a Álamo (2015) reporta que el estado de los estamentos de salud en Lurín es aguda, y no hay atención 24 horas, y cuando hay emergencias nocturnas o madrugada hay que movilizar al enfermo hacia el Hospital María Auxiliadora en San Juan de Miraflores.

Enfermedades en niños menores de 6 años

Según los resultados de la Encuesta Socioeconómica del Consultor, en el ámbito del distrito de Lurín, la incidencia de enfermedades de origen hídrico es alta, siendo la más recurrente la diarrea, posicionándose en el primer lugar respecto a las enfermedades registradas por los niños de menos de 6 años en el área. (Consortio Valle Sur 2012)

Estos porcentajes de incidencia son indicador relevante, puesto que el total esas enfermedades directa e indirectamente se generan hídricamente, a la vez son un referente de las inadecuadas praxis de salubridad sanitaria

2.2.3. Fuentes de contaminación general y en el área

En el mes de octubre del 2017 se presenta un inmenso aniego de aguas residuales reportado en el Diario el Comercio (2016), así: El desborde de la laguna de oxidación en Lurín ocurrió a pesar de semanas de advertencia. El agua se salió de control la noche del jueves 6 de octubre y durante toda la madrugada inundó las calles de este distrito en un tramo de 5 kilómetros, entre el Km. 35 y 40 de la antigua Panamericana Sur.

Decenas de casas sufrieron del aniego (ver figura 10), así como negocios, pistas alledañas y fábricas, incluyendo las instalaciones de la planta de la grifería Vainsa, la cual sufrió cuantiosas pérdidas. RPP Noticias (2016) llegó al lugar, comprobando la gravedad de la situación. Varias viviendas fueron inundadas por las aguas residuales que, en algunos casos, llegaba hasta los 10 centímetros de altura. “El olor es horrible”, se quejó una vecina del lugar, quien denunció que este tipo de emergencias ocurre por lo menos dos veces al año, generando malestar y gastos a los pobladores del mentado asentamiento humano.



Figura 10. Aniego en zona A Lurín por desborde de laguna de oxidación proyecto Mesías

Fuente: TVPerú. <http://www.tvperu.gob.pe/informa/locales/lur-n-aniego-afect-5-kil-metros-de-antigua-panamericana-sur>

Describen la noticia así: Lurín: aniego afectó 5 kilómetros de antigua Panamericana Sur

Viernes, 7 Octubre, 2016 - 09:30 sección noticias locales

Es de anotar que a poco más de 1 km se halla la mayor planta de tratamiento de aguas de Lima; “El Proyecto Mesías”, la cual fue planteado como un proyecto de mejoramiento

ambiental el cual, sin embargo ha venido generando además quejas por vertimientos al río Lurín

A continuación en la tabla 4 se detallan los procesos y fuentes que afectan la calidad del agua, relacionados con éste estudio

Tabla 4
Procesos y fuentes que afectan la calidad del agua

Contaminantes y procesos	Descripción	Fuentes
Contaminantes orgánicos	Se descomponen en el agua y disminuyen el oxígeno disuelto, induciendo la eutroficación	Fuentes industriales, domésticas, asentamientos humanos
Nutrientes	Incluyen principalmente fosfatos y nitratos, su incremento en el agua induce a una eutroficación. Se originan de desechos humanos y animales, detergentes y escorrentía de fertilizantes agrícolas	Fuentes domésticas, industriales, escorrentía agrícola.
Metales pesados	Se originan principalmente alrededor de centros industriales y mineros. También pueden provenir de actividades militares o a través de lixiviados	Fuentes industriales, mineras, asentamientos humanos, actividades militares.
Contaminantes microbiológicos	Desechos domésticos no tratados, criaderos de animales (<i>E.coli</i> , protistos, amebas, etc)	Fuentes municipales
Compuestos tóxicos orgánicos	Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas agrícolas, hidrocarburos de petróleo, hidrocarburos policíclicos generados de la combustión del petróleo. Compuestos orgánicos persistentes (POP) como químicos disruptores endocrinos, cianotoxinas, compuestos orgánicos estánicos de pinturas anti incrustantes	Fuentes industriales asentamientos humanos, escorrentía agrícola
Químicos traza y compuestos farmacéuticos	Desechos hospitalarios, son sustancias peligrosas no removidos necesariamente por los tratamientos convencionales y han sido reconocidos con disruptores endocrinos y carcinógenos	Industria química y farmacia
Partículas suspendidas	Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se originan principalmente de prácticas agrícolas y del cambio de uso de la tierra, como deforestación, conversión de pendientes en pastizales originando erosión	Industria, asentamientos humanos, escorrentía agrícola y cambios en el uso de la tierra
Salinización	Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas, donde se riega (lavado de sales)	Presencia de sales en los suelos, la que aflora por carecerse de un buen drenaje, irrigación con agua salobre, agua de yacimientos secundarios del petróleo
Acidificación	Está relacionada con un pH bajo del agua dado por la deposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas	Fuentes industriales y fuentes municipales

Fuente: EPA (2000)

2.2.4. Programas de monitoreo del agua para consumo humano

En su trabajo Rojas (2002) señala que “es necesario que en las zonas periféricas el control de la calidad del agua tenga un alcance mayor que en las zonas urbanas e involucre varios aspectos que en las ciudades son asumidos por las autoridades responsables. Por ejemplo, los siguientes: · calidad del agua para consumo humano; · nivel de servicio de abastecimiento de agua a la comunidad; · deficiencias de los componentes del sistema de abastecimiento que influyen en el deterioro de la calidad del agua; · estado de la gestión del sistema de abastecimiento de agua; · grado de sostenibilidad del servicio de abastecimiento; · características de la conducta sanitaria de los usuarios; · programas de educación sanitaria; · seguimiento epidemiológico de la incidencia de enfermedades transmisibles por vía hídrica; · impacto económico”.

Es determinante señalar que “los programas de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano tienen como objetivo proteger la salud del consumidor aportando datos sobre dicha calidad y alertas sobre la necesidad de aplicar medidas de control para evitar que el agua sea portadora de agentes patógenos, sustancias químicas tóxicas u otros elementos nocivos. La implementación de un programa de vigilancia y control de la calidad del agua aporta un sinnúmero de beneficios. Aparte del principal, que es la disminución de la tasa de enfermedades hidrotansmisibles, permite obtener información sobre la real situación del abastecimiento de agua, priorizar las inversiones y mejorar la calidad del servicio de abastecimiento de agua”. (Aurazo 2004)

De acuerdo a normatividades de la OMS/OPS, Colombia y Perú se presenta a continuación respectivamente en las tablas número 5, 6, 7 y 8 la frecuencia de muestreo y número de muestras:

Tabla 5

Número de muestras para análisis de indicadores de contaminación fecal en sistemas de distribución

Puntos de muestreo	Población servida	Nro de muestras
Fuente y componentes (fuente subt.) red de distribución	2.500 ab.	1 m/unidad/mes 2 m/mes
Red de distribución	2.500 a 20.000 hab.	1m/5.000 hab./mes
Red de distribución	20.000 a 50.000 hab.	1m/ 10.000 hab/mes

Fuente: HDT 67.

A continuación (ver tabla 6) identifica normatividad internacional (colombiana) en cuanto a frecuencia y número de muestreos

Tabla 6

Frecuencia y número de muestras de agua y control de características químicas y microbiológicas definidas en mapa de riesgos de la calidad de agua para consumo humano

Población atendida por persona prestadora por municipio (Habitantes)	Persona Prestadora		Autoridad Sanitaria	
	Frecuencia Mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia	Frecuencia Mínima	Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia
Menores o igual a 2500	Anual	1	Anual	1
2501 - 10.000	Anual	1	Anual	1
10001 - 20.000	Anual	1	Anual	1
20.001 - 100.00	Semestral	1	Anual	1
100.001 – 500.000	Semestral	2	Anual	1
500.001 – 4.000.000	Bimestral	2	Semestral	1
Mayor a 4.000.000	Bimestral	2	Semestral	1

Fuente: Resolución 00004716 del 2010. Minvivienda. Colombia

La norma de la SUNASS (ver tabla 7) identifica el Control de calidad de agua, frecuencia de muestreo (muestra/año)

Tabla 7

Control de calidad de agua, frecuencia de muestreo (muestra/año)

Parámetros	Redes De Distribución (e)		
	Población servida		
	< 5000	5.000-20.000 hab	> 20.000 hab (f) Cada 20.000 hab.
Cloro residual(a)	1	1	1
Coliformes totales	12	26	26
Coliformes termotolerantes	12	26	26
Turbiedad	52	52	52
pH	12	26	26
Conductividad	12	26	26
Dureza	2	2	2
Cadmio (*)	2	2	2
Arsénico (*)	-	-	-
Cromo	-	-	-

Notas:

(a) Como indica la directiva N° 190-97 SUNASS. El número indicado corresponde a muestras/día

(e) Análisis de los parámetros físicos y químicos por zona de abastecimiento

(f) Hasta población total de 300.000 habitantes.

(*) Parámetros cuyo control depende de la problemática local

Fuente: SUNASS 1999

La tabla 8 muestra las frecuencias de muestreo. Resolución 2115 (2007).

Tabla 8

Frecuencias y número de muestras de control de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua para consumo humano que debe ejercer la autoridad sanitaria y la persona prestadora en la red de distribución

Población atendida por persona prestadora por municipio (habitantes)	Características	Frecuencia mínima		Número mínimo de muestras a analizar por cada frecuencia	
		Autoridad sanitaria	Persona prestadora	Autoridad sanitaria	Persona prestadora
Menores o igual a 2.500	Turbiedad, Color aparente, pH, Cloro residual libre o residual del desinfectante usado	Bimestral	Mensual	1	1
	Coliformes Totales y <u>E coli</u>	Bimestral	Mensual	1	1

2.2.5. Determinación De Indicadores De Calidad Sanitaria Del Agua:

Existen numerosos parámetros indicadores de calidad de agua potable, dichos indicadores presentan límites máximos permisibles, de aceptabilidad para consumo humano.

Ahumada y Contreras (2002) citado por Graza y Quispe (2015) señalan que “los estándares constituyen un punto de referencia para determinar la calidad del agua, y sufren de frecuentes revisiones a medida que se avanza en el estudio de las consecuencias de la contaminación y son, en todo caso, independientes del propio medio que se pretende estudiar, lo que lleva a pensar en la conveniencia de establecer estándares diferentes para contextos territoriales distintos. Existen diferentes estándares de calidad que cada país, región o comunidad adopta según sus criterios de seguridad establecidos. El agua recibe diversos agentes contaminantes, en función de múltiples fuentes generadoras, tanto de actividades antrópicas como naturales que se pueden presentar en la cuenca”.

Índice de potabilidad. Es el porcentaje de tubos positivos para Coliformes en relación con una cantidad total de tubos sembrados. Según la OMS, debe estar por encima del 95 % .OMS/OPS (2013).

A continuación en la tabla 9 se detalla el Índice de Riesgo de consumo de agua, acorde a puntaje del IRCA

Tabla 9

Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA por muestra y el IRCA mensual y acciones que deben adelantarse

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra (Notificaciones que adelantará la autoridad sanitaria de manera inmediata)	IRCA mensual (Acciones)
80.1 -100	INVARIABLE SANITARIA MENTE	Informar a la persona prestadora, al COVE, Alcalde, Gobernador, SSPD, MPS, INS, MAVDT, Contraloría General y Procuraduría General.	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora, alcaldes, gobernadores y entidades del orden nacional.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde, Gobernador y a la SSPD	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de acuerdo a su competencia de la persona prestadora y de los alcaldes y gobernadores respectivos
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la persona prestadora, COVE, Alcalde y Gobernador	Agua no apta para consumo humano, gestión directa de la persona prestadora.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano, susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia

Resolución 2115 (2007).

Como además se estima la calidad de suministro de acuerdo a la tabla 10. Los valores asignados de acuerdo con las horas de servicio prestado, están establecidos así:

Tabla 10

Puntaje para el índice de continuidad de la persona prestadora que suministra o distribuye agua para consumo humano

Continuidad del servicio - IC	Puntaje
0- 10 HORAS/DIA(INSUFICIENTE)	0
10.1- 18 HORAS/DIA (NO SATISFACTORIO)	10
18.1- 23 HORAS/DIA (SUFICIENTE)	15
23.1 - 24 HORAS/DIA (CONTINUO)	20

Resolución 2115 (2007).

2.2.6. Límites permisibles para agua Potable:

A continuación se detallan los Límites nacionales e Internacionales más relevantes. Es de anotar que la OMS presenta laxitud en algunos parámetros en relación a los países emergentes que están siendo más estrictos en la norma. Recogemos el caso de Colombia, por cuanto tiene altos estándares de calidad de agua en la región, en cuanto a los parámetros estudiados en esta tesis.

En el anexo 1 titulado Estándares de la calidad de agua potable en los países de América, presentado en documento de Truque (s.f.) se comparan los países americanos, con la OMS y UE (unión Europea), de él podemos concluir que para nuestro estudio actual, la norma con más controla nivel general es la de Colombia, por cuanto la colocamos como referencia de este estudio.

Límites máximos permisibles (LMP) en agua potable

Seguidamente en la tabla 11 son detallan los LMP de acuerdo a la normatividad vigente tanto nacional como internacional igual y otras más rigurosos, relacionados con el presente estudio

Tabla 11
Límites máximos permisibles (LMP) en agua potable

Parámetro	Unidad de medida	DIGESA	OMS	Colombia	EPA
Fisicoquímicos					
Arsénico	mg/L	0,010	0,010	0,010	0,010
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,003	0,003
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	500	-	160	-
Conductividad	μS/cm	1500	-	1000	--
Turbidez	UNT	5	5	5	5
Microbiológicos					
Bacterias Coliformes Totales	NMP = < 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml
Bacterias Coliformes Termotolerantes O Fecales	NMP =	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml	< 1,8 /100 ml
Cloro Residual	mg/L	0,5 mínimo y 1 máximo	min 0,3 , ideal 0,5 y 1 máx.	min 0,3,max 1,0	-

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

NMP= Número más probable

Fuente: creación propia basada en normatividad OMS, Digesa, EPA, reglamentación Colombia (decretos 1575 resolución 2115/2007 y 1594/84)

Normatividad Recurso Agua Potable. A.- Según Digesa. Ds N° 031-2010-Sa. Para otros aspectos relevantes asociados a éste estudio se detallan en el anexo L.

2.2.7. Calidad de agua embotellada. Preferencia de Consumo de agua en bidones

En el informe de agua en bidones de The Lima Consulting Group S.A. (2009) se describen las siguientes características del agua embotellada:

“Agua Natural

Son aguas embotelladas cuyo único ingrediente es el agua. Son extraídas de pozos subterráneos o de manantiales, inclusive de la red pública, a las que no se le incorpora añadido alguno, sólo pasan por un proceso de clorificación y ozonificación para eliminar sus impurezas. Tal es el caso de agua Cielo, Cristalina, San Antonio, **San Luis®**”

Agua Potable Pre parada

“El agua potable preparada es aquella agua de consumo que debe estar libre de contaminación microbiológica y parasitológica. Se permite realizar tratamientos físico-químicos tales como la decantación, la filtración, la cloración, la ionización, etc. aunque estos modifiquen la composición química inicial del agua. Casi todas las empresas mencionaron a San Luis como la marca agua con mayor demanda o participación en el mercado. A nivel general, la mayoría de entrevistados (83.3%) coincidieron en señalar que la marca de agua San Luis es la de mayor participación en el mercado, seguida de la marca DEMESA con 11.1% y finalmente la marca Cielo con un 5.6%”. (*The Lima Consulting Group S.A. 2009*)

En el mismo informe las distintas empresas hacen las siguientes manifestaciones:

“En los procesos, los requerimientos técnicos mínimos son solo eso mínimos, cualquier empresa de consumo masivo cuentan con registros sanitario y la validación HACCP; sin embargo no hay una evaluación más detallada como la verificación si los postores no han incurrido en ningún tipo de sanción y/o auditoria. Ya que se trata de un producto de consumo humano, no solo se debe tener en cuenta si cuentan con registros o certificados sino si también los *respetan*; manifiesta la empresa CORPORACIÓN J.R LINDLEY, productora del agua San Luis ®”. (*The Lima Consulting Group S.A. 2009*)

2.2.8 .Parámetros Físicoquímicos

A continuación se citarán los parámetros fisicoquímicos y biológicos comprendidos en éste estudio

2.2.8.1. Dureza.

Como aguas duras se consideran aquellas que “no produce espuma con el jabón, que a veces altera el color de la ropa sin poder lavarla correctamente, forma una dura costra en las ollas y en los grifos y, algunas veces, tiene un sabor desagradable. El agua dura contiene iones que forman precipitados con el jabón o por ebullición. El calcio se disuelve prácticamente de todas las rocas, y por lo tanto, se detecta en todas las aguas”. (Rodríguez 2008). Según la clasificación (ver tabla 12) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se especifica el grado de dureza del agua

Tabla 12
Clasificación de la dureza según la OMS

Concentración de CaCO₃/mg/L	Tipo	Codificación*
0 – 60	Blanda	Azul
61-120	Moderadamente dura	Verde
121 - 80	Dura	Amarillo
>180	Muy dura	Rojo

Fuente: Citado por Rodríguez 2008

De acuerdo al “Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, de Costa Rica la concentración de carbonato de calcio se encuentra en el segundo nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 61 ppm (*partes por millón*) y un máximo permisible de 180 ppm”. (Rodríguez 2008)

Es importante anotar que se señala a la Dureza dentro de “las características químicas del agua que tienen consecuencias económicas e indirectas sobre la salud humana.: ARTÍCULO 7^o” . Resolución 2115 (2007).

2.2.8.2. Conductividad.

En investigaciones de Ahumada y Contreras (2002) citado por Graza y Quispe (2015) se señala “la conductividad, k , es la medida para la capacidad de un medio acuoso de transmitir corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; su concentración total, movilidad y valencia; y de la temperatura en la cual se hace la medición. Es una propiedad característica de la solución que se encuentra entre los electrodos. El agua pura tiene una conductividad eléctrica muy baja. El agua natural tiene iones en disolución y su conductividad es mayor y proporcional a la cantidad y características de esos electrolitos. Por esto se usan los valores de conductividad como índice aproximado de concentración de solutos. Como la temperatura modifica la conductividad las medidas se deben hacer a 20°C”

“Según el Reglamento de Calidad de Agua Potable N° 32327 de la Presidencia de la República y el Ministerio de Salud, de Costa Rica la conductividad se encuentra en el primer nivel de control de calidad y se le establece un valor recomendado de 400 μ S/cm”. La calidad del agua en este aspecto se detalla en la tabla 13. (Rodríguez 2008)

Tabla 13*Calidad del agua en relación a su conductividad*

Grado	Conductividad máxima en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C
Excelente	Menor de 250
Buena	250 - 750
Permisible	750 - 2000
Dudosa	2000 - 3000
Inservible	mayor de 3000

*Fuente: Rodríguez (2009)***2.2.8.3. Turbidez:**

La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que causa que la luz sea dispersada o absorbida en vez de que pase a través de la solución sin cambiar su dirección o su nivel de flujo, señala Ahumada y Contreras (2002) citado por Graza y Quispe (2015) y escriben: “Es el nublamiento ocasionado por la presencia de material suspendido. Algunos materiales que dan al agua esta apariencia son: barro, arena, material orgánico finamente dividido, plancton y otros materiales inorgánicos”.

Históricamente, el método estándar de determinación de turbidez estuvo basado en el turbidímetro de vela de Jackson. Sin embargo, el límite de detección de este método son 25 Unidades de Turbidez de Jackson (JTU por sus siglas en inglés), mientras que las aguas tratadas por algún método de separación sólido-líquido tienden a estar en un rango de 0-1 unidades. Es por eso que se desarrollaron métodos de medición indirecta, como los nephelómetros electrónicos. Estos tienen el detector de luz dispersada posicionada a 90° del haz de luz inicial.

2.2.9.4 Metales pesados:

La OMS (2017) en su aparte sobre “Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas señala las Diez sustancias químicas que constituyen una preocupación para la salud pública : Amianto - Arsénico - Benceno. - Cadmio - Dioxinas y sustancias similares - Exceso o cantidad inadecuada de flúor - Mercurio - Plaguicidas altamente peligrosos - Plomo -Contaminación del aire”.

“La actividad industrial y minera genera aguas residuales que contienen metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo, todos muy dañinos para la salud humana y para la mayoría de formas de vida. Las aguas residuales no tratadas derivadas de estas actividades llegan a los ríos y mares, contaminando tanto las aguas superficiales como las subterráneas y acumulándose en las plantas y otros tejidos orgánicos, de aquí que pese a ser útiles sea imprescindible controlar su producción como los residuos generados”. (Moreno (2005, p .9)

A continuación (ver tabla 14 se describen algunos efectos del arsénico y cadmio en el organismo:

Tabla 14
Efectos del arsénico y cadmio en el organismo

Contaminante	MNMC ^{1*} (mg/L) ⁴	NMC ² O TT ³ (mg/L) ⁴	Posibles efectos sobre la salud por exposición que supera el NMC
Arsénico	ninguno	0.05	Lesiones en la piel; trastornos circulatorios; alto riesgo de cáncer
Cadmio	0.005	0.005	Lesiones renales

Fuente: EPA (2000)

*NMC = Nivel Máximo Contaminante

2.2.9.4.1. Arsénico:

Se puede encontrar que OMS, (2 006), citado por Zabala (2012), publica que el arsénico “puede estar presente en el agua en forma natural. Es un elemento muy tóxico para el hombre. No se ha demostrado que el arsénico sea esencial en el ser humano. Es un contaminante importante del agua de consumo, ya que es una de las pocas sustancias que se ha demostrado que producen cáncer en el ser humano por consumo de agua. Hay pruebas abrumadoras, de estudios epidemiológicos, de que el consumo de cantidades altas de arsénico en el agua potable está relacionado causalmente con el desarrollo de cáncer en varios órganos, en particular la piel, la vejiga y los pulmones. En varias partes del mundo, las enfermedades producidas por el arsénico, como el cáncer, constituyen un problema significativo de salud pública. No obstante, sigue habiendo considerable incertidumbre y controversia tanto sobre el mecanismo de la acción cancerígena como sobre la forma de la curva de dosis-respuesta para ingestas bajas”. Comparando con los niveles establecidos en la Tabla Holandesa, el Rio Lurín se halla contaminado con As” Rivera (2007) (ver figura 11).

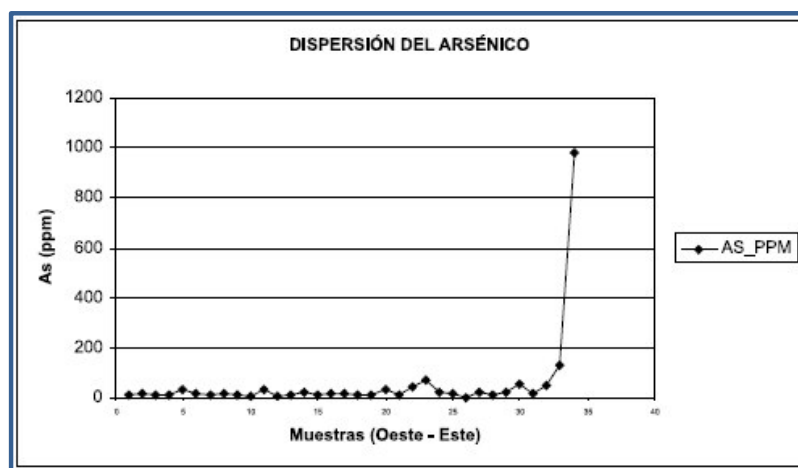


Figura 11. Niveles de arsénico en río Lurín

Fuente: Rivera (2007)

“El agua de bebida normalmente procede de aguas superficiales aunque también de aguas subterráneas, dependiendo de la disponibilidad local. El contenido de arsénico es muy variable, aunque las mayores concentraciones se han encontrado en aguas subterráneas. En

muchas partes del mundo, como Argentina, Bangladesh, Chile, China, Hungría, India, México, Taiwán, Estados Unidos etc., hay numerosas áreas con aguas subterráneas que tienen contenidos de arsénico mayores de 50 µg/l, superando las directrices de la WHO (1993) de 10 µg/l para el agua de bebida. Estas aguas han sido encontradas en ambientes muy diversos, en acuíferos de distintas profundidades, tanto en ambientes reductores como oxidantes. A medida que en los análisis de control de aguas para consumo humano se ha incluido este elemento, se han encontrado recientemente nuevos casos de aguas con altas concentraciones de As. Algunas áreas de España presentan concentraciones de arsénico mayores de 10 µg/l, pueden ser consideradas como una anomalía geoquímica natural (Baur and Onishi 1978, Welch et al., 2000, Smedley and Kinniburgh, 2002) pues en estas áreas, no parece probable un origen antropológico, bien sea, industrial, minero o agrícola. Entre las especies de As en agua, suelo y sedimentos, los arseniatos predominan en condiciones oxidantes, Eh 400-700 mV”. (Sadiq et al., 1983, Haswell et al., 1985)

2.2.9.4.2. Cadmio. (Cd)

Es notorio que “las liberaciones de cadmio al ambiente ocurren como resultado de actividades tanto naturales como humanas. La erosión de minerales de cadmio contenidos en rocas es una fuente significativa de estas liberaciones en las aguas de ríos y océanos. Para la población en general, las exposiciones a cadmio pueden ocurrir con el consumo de cadmio en alimentos y agua potable. El cadmio no es un elemento esencial para la vida del hombre. Dado el poder bioacumulativo del cadmio, se recomienda que la concentración en el agua tratada sea la menor posible. La absorción por el tracto gastrointestinal es de aproximadamente 50 %. Al término del embarazo, la concentración de cadmio en la placenta es aproximadamente 10 veces más que en la sangre materna. La ingesta de bebidas o alimentos contaminadas con cadmio en concentraciones superiores a 15 ppm produce síntomas de intoxicación alimentaria. Los síntomas son: náuseas, vómitos, dolor abdominal y, en ocasiones, diarrea. La contaminación de las aguas superficiales con este metal pesado puede provenir de la corrosión de los tubos galvanizados, de la erosión de depósitos naturales, de los efluentes de refinerías de metales o de líquidos de escorrentía de baterías usadas o pinturas. Este metal pesado es potencialmente tóxico y su ingestión tiene efectos

acumulativos en el tejido del hígado y los riñones. El Programa Nacional de Toxicología de los Estados Unidos (DHHS 2005) también ha concluido que el cadmio y los compuestos del cadmio son cancerígenos en su reciente Informe sobre Cancerígenos” (Basualdo 2015)

2.2.8.4. Temperatura

Esta “influye en la solubilidad de las sales y sobre todo en la de los gases y en la disociación de las sales disueltas, y por tanto en la conductividad eléctrica y en el pH del agua”(Pica (2012).

2.2.8.5. pH

El concepto de “Potencial de Hidrogeno: El pH es el logaritmo negativo de la concentración molar, el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculado por el número de iones de hidrogeno presente. Es medido en una escala de cero a catorce, en la cual siete indica que la sustancia es neutra”.(Castillo 2009)

2.2.9. Parámetros Biológicos

2.2.9.1. Coliformes Totales y Termotolerantes

Coliformes: “Grupo de bacterias que comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gramnegativos, no esporulados que producen ácido y gas al fermentar la lactosa. **NMP/100cc** Es el número más probable de microorganismos Coliformes que se pueden encontrar estadísticamente en una muestra de agua de 100 cc.El agua potable no debe contener microorganismos patogénicos y debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Como indicadores de contaminación fecal, las bacterias de referencia elegidas son las del grupo Coliformes. El principal representante de ese grupo de bacterias es llamado *Escherichia coli*”. (FUNASA 2013)

“Ese grupo de bacterias ha sido elegido como indicador de contaminación del agua debido a los siguientes factores: a.- Están presentes en el excremento de animales de sangre caliente, incluso de los seres humanos; b. -Son de fácil detección y cuantificación por medio de técnicas sencillas y económicamente viables, en cualquier tipo de agua; c.- Su concentración en el agua contaminada está directamente relacionada al gradiente de contaminación fecal; d.- El tiempo de sobrevivencia en el agua es mayor que las bacterias patogénicas intestinales, por ser menos exigentes en términos nutricionales, además de ser incapaces de multiplicarse en ambiente acuático o multiplicarse menos que las bacterias entéricas; y. Son más resistentes a los agentes tensoactivos y agentes desinfectantes que a las bacterias patogénicas”. (FUNASA 2013)

Se halla que “El grupo de bacterias Coliformes está conformado por dos subgrupos: los Coliformes totales y los termotolerantes. A estos últimos antes se los denominaba *Coliformes fecales*. El cambio de nombre se debe a que se demostró que en el grupo de Coliformes que se detectaban en siembras incubadas a temperaturas de 44,5 °C y en medios de cultivo específicos, sólo una parte del grupo eran bacterias de origen fecal; el resto eran bacterias ambientales. Se les puso entonces el nombre de *Bacterias Coliformes Termotolerantes* debido a la alta temperatura de incubación (44,5 °C) en la cual se obtenía un óptimo desarrollo. En el grupo de bacterias termotolerantes está incluida la *Escherichia coli*, considerada como un organismo indicador de contaminación fecal. Se ha demostrado que esta bacteria siempre está presente en un número elevado en las heces de humanos y animales de sangre caliente y comprende casi 95% de los Coliformes en las heces”. (FUNASA 2013)

Es imperativo señalar que la OMS (1995), citada en FUNASA (2013) “por esta razón, la contaminación de origen fecal puede ser evaluada mediante la determinación de Coliformes termotolerantes o mediante la presencia de *E. coli*. En los valores guía para la calidad bacteriológica del agua de bebida ambas determinaciones se consideran como alternativas aceptables y su presencia indica contaminación de origen fecal. Por esta razón, en los métodos descritos en el presente manual se encontrará que algunos están dirigidos a la investigación de Coliformes termotolerantes y otros a la de *E. coli*, de acuerdo con las características de los medios de cultivo empleados”.

Es interesante señalar que “hasta hace pocos años, se consideraba a los Coliformes totales como indicadores de contaminación del agua. Sin embargo, se ha demostrado que solamente algunas de las especies que conforman este grupo son de origen fecal mientras que otras pueden estar presentes en forma natural en diferentes ambientes acuáticos. Actualmente, los Coliformes totales se emplean para evaluar la calidad higiénica del agua (Allen, Citado en FUNASA, 2013) y el grupo de bacterias Coliformes termotolerantes, para evaluar la calidad sanitaria del agua, calidad que está relacionada con la transmisión de patógenos”. (FUNASA 2013)

Actualmente “se ha desarrollado una serie de métodos para la enumeración de bacterias en muestras de agua. Los más usados son los de cultivo en tubos con caldo específico para determinado grupo de microorganismos. Otro método, también usado con frecuencia, es el de concentración con filtro de membrana”. FUNASA (2013)

Entre los ensayos aplicados “las bacterias Coliformes totales se detectan con los métodos de membrana de filtración y tubos múltiples, con medios específicos, y se incuban a 35-37 °C hasta 48 horas. Los Coliformes termotolerantes son detectados con métodos similares pero con medios específicos y una incubación a 44,5 °C. Los análisis de Coliformes pueden efectuarse en un laboratorio de nivel básico o también en el campo. Esta última es una forma práctica de analizar una muestra de agua, para lo cual se necesitan un equipo de campo y algunos materiales complementarios”. FUNASA (2013)

2.2.9.2. Cloro Libre residual

La protección residual previene un nuevo crecimiento microbiano y la contaminación del agua, da do que pasa de la planta a los grifos domésticos. Muñoz y Mafla (2007). Entre los beneficios del cloro Los autores citan a J. Carrell Morris (s.f.) quien identifico muchos beneficios del cloro en tratamientos de agua:

Éste elemento “es germicida potente, (...) tiene cualidades residuales, o sea sostenida en el tiempo, mantiene la higiene del agua potable final de la plana de tratamiento al grifo del consumidor. Hace control del gusto y olores, control químico, destruyendo el sulfuro de hidrógeno, y extrae amoniaco y otros compuestos nitrogenados que tiene sabores desagradables y que obstaculizan su desinfección. Por todo ello ha sido responsable gran parte del 50% de aumento de expectativa de vida, gracias a la desinfección”. (Muñoz y Mafla 2007)

“Dentro de los instrumentos básicos para garantizar la calidad del agua para consumo humano se realiza el cálculo del IRCA (Índice de Riesgo de la Calidad del Agua para consumo humano) al que se refiere el artículo 12 del Decreto 1575 de 2007 se asignará el puntaje (máximo de 15 y mínimo de 1) de riesgo contemplado en la tabla N°.15 a cada característica física, química y microbiológica, por no cumplimiento de los valores aceptables establecidos” (Resolución 2115 2007). A continuación se detallan algunos parámetros relacionados con éste estudio

Tabla 15

Puntajes de riesgo, que superan los LMP en agua potable

Característica	Puntaje de riesgo
Turbiedad	15
Cloro Libre Residual	15
Dureza	1
Coliformes Totales	15

Resolución 2115 (2007).

Así mismo “el valor del IRCA es cero (0) puntos cuando cumple con los valores aceptables para cada una de las características físicas, químicas y microbiológicas contempladas en la presente Resolución y cien puntos (100) para el más alto riesgo cuando no cumple ninguno de ellos

Si los resultados de los elementos ,As y Cd, para este caso exceden los valores máximos aceptables, al valor del IRCA se le asignará el puntaje máximo de 100 puntos independientemente de los otros resultados”. Resolución 2115 (2007), ver la tabla 15

2.2.9.2.1 Efectos del exceso de cloro del agua para consumo.

Muñoz y Mafla (2007) citan: “un exceso de cloro puede provocar irritación de la piel, los ojos y el tracto digestivo, así como deshidratación del pelo y la piel. El cloro libre activo en condiciones dentro de las permisibles (...) Los efectos de irritación causados por el cloro activo combinado normalmente se asocian con las cloraminas. Algunos subproductos de la desinfección son sustancias cancerígenas, de éstos el cloroformo es el producto de la reacción más importante. La exposición a concentraciones de cloroformo puede provocar daños en el hígado. Esto se puede demostrar mediante enzimas en la sangre que indican disfunciones renales y en el hígado. Investigaciones epidemiológicas muestran que existe una relación entre la exposición a la piel a sustancias orgánicas cloradas e hipoclorito, y cáncer de piel. La exposición oral a largo plazo de animales de laboratorio al cloroformo a través de la comida causa cáncer del hígado. Además el cloroformo puede producir cirrosis y desencadenar enfermedades degenerativas. Los trihalometanos se relacionan con el cáncer de vejiga y con el daño en hígado y riñón, aunque no se sabe a partir de que dosis”.

2.2.9.2.2. Efectos de la deficiencia de cloro del agua para consumo humano

“Los microorganismos en el agua de grifo que causan enfermedades, provienen generalmente de la deficiente calidad del agua de la fuente, así como de los errores en los procesos de tratamiento de desinfección y filtración o de los sistemas de distribución. En la mayoría de los casos, se dan brotes de enfermedades transmitidas por agua en sistemas hídricos con inadecuada desinfección o sin ella”. (Muñoz y Mafla 2007).

2.2.10. Criterios Para La Selección De Pruebas Biológicas En Laboratorio Para La Evaluación Ecotoxicológica De Sustancias Químicas

En cuanto a bioensayos, en este caso la Universidad Autónoma Metropolitana (2005) presenta los criterios en caso de trabajar con muestras biológicas, que pueden incluir especies dulceacuícolas, como es el caso de este estudio:

“1. Objetivos a alcanzar (¿para qué queremos la batería de bioensayos? ¿Qué necesidades queremos que cubra).

2. Factibilidad

- Bajo costo
- Materiales y reactivos disponibles en la localidad
- Tiempo máximo de desarrollo, 5 días (¿efectos a corto o largo plazo?)
- Procedimiento de pruebas simples
- Fácil lectura de resultados

3. De los organismos

- Fácil obtención (Cepario)
- Fácil mantenimiento
- Representatividad ecológica
 - o De un grupo funcional (productores primarios, descomponedores, herbívoros, carnívoros, etc.)
 - o De un grupo taxonómico (bacterias, plancton, bentos, peces, insectos, etc.)
 - o De una ruta de exposición (dérmica, ingestión, branquial, combinadas, etc.)
 - o De un tipo de respuesta (alteración en metabolismo, crecimiento, reproducción, mortalidad, daño genético, etc.)
- Estadio más sensible
- Respuesta relevante al tóxico(s)
- Sensibilidad a bajas concentraciones

- Sensibilidad a un amplio espectro de tóxicos
- Sensibilidad no redundante con otras especies
- Con información sobre su biología
- Con información sobre su sensibilidad a tóxicos (Base de datos)
- Distribución geográfica amplia
- Especies nativas de México

4. De la prueba

- Condiciones presentes en los ecosistemas (temperatura, salinidad, dureza, etc.)
- Concentraciones químicas reales (que se presenten en el medio)
- Técnicamente seguros y no contaminantes
- Posibilidad de ser estandarizada.
- Buena exactitud y precisión analíticas
- Aplicación universal (usos, ventajas y limitaciones)
- Significado ecológico de los resultados
- Buenas prácticas de laboratorio
 - a. Validación de la salud de los organismos de prueba
 - b. Requerimientos mínimos de sobrevivencia /reproducción en pruebas y testigos
 - c. Edades o estadios de vida al inicio de la prueba
 - d. Comprobación de concentraciones nominales”.

2.2.11. *Lemna minor* (lenteja de agua)

En su obra Arroyave (2004) señala “las macrófitas ocupan diversas zonas de los ecosistemas acuáticos. Dentro del grupo de plantas flotantes es frecuente observar en lagunas o en las áreas de flujo lento en ríos y quebradas la planta denominada *Lemna minor*, conocida comúnmente como lenteja de agua o duckweed”.

Reino: Plantae

Orden: Alismatales

Familia: Araceae

Subfamilia: Lemnoideae

Tribu: Lemneae

Género: Lemna

Especies: *L. minor*

Nombre binomial: *Lemna minor* L.

Así “en el presente artículo se describen las principales características morfológicas y ecológicas de *Lemna minor* y se muestran las distintas aplicaciones que tiene en el área ambiental. La información recopilada permitirá identificar los temas de investigación más pertinentes para desarrollar en nuestro medio, con el fin de ampliar el conocimiento sobre los aspectos ecológicos básicos de la especie y sobre su utilidad en el mejoramiento de la calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos”. (Arroyave 2004)

2.2.11.1. Características generares de Lemna minor

La planta “*Lemna minor* es una planta angiosperma (plantas con flores), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Su cuerpo vegetativo corresponde a una forma taloide, es decir, en la que no se diferencian el tallo y las hojas. Consiste en una estructura plana y verde y una sola raíz delgada de color blanco. El talo ha sido interpretado de diversas maneras: un tallo modificado, una hoja o como parcialmente tallo y hoja. Otros autores consideran que el talo corresponde a una hoja modificada que cumple las funciones del tallo, la hoja y el eje florífero. Su tamaño es muy reducido, alcanzando de 2 a 4 mm de longitud y 2 mm de ancho. Es una de las especies de angiospermas más pequeñas que existen en el reino de las plantas. En la misma familia de la lenteja de agua se encuentra *Wolffia*, reportada como la planta con flores de tamaño más reducido que existe en la Tierra; su cuerpo mide sólo 0,6 mm de largo y 0,2 mm de ancho, y su fruto, que es el más pequeño del planeta, mide sólo 0,3 mm de largo y pesa 70 mg ”. (Arroyave 2004)

La lenteja de agua es una planta monoica, con flores unisexuales. Las flores masculinas están constituidas por un solo estambre y las flores femeninas consisten en un pistilo formado por un solo carpelo. El periantio está ausente. Las flores nacen de una hendidura ubicada en el borde de la hoja, dentro de una bráctea denominada espata, muy común en las especies del orden arales. El fruto contiene de 1 a 4 semillas. La forma más común de reproducción es la asexual por gemación. En los bordes basales se desarrolla una yema pequeña que origina una planta nueva que se separa de la planta progenitora (Arroyave 2004)

2.2.11.2. Requisitos de Ensayos con Lemna minor

La Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Nacional de Ecología, UAMI (2005), en su Informe Final sobre “Pruebas Biológicas Para La Evaluación Ecotoxicológica De Sustancias Químicas” en su Anexo 5. Del Listados De Especies Candidatas De Ambientes Dulceacuícolas presenta a *Lemna minor* como primera opción de ensayos para plantas Superiores. Pág. 132, entre 9 opciones ideales, como se señalan a continuación:

“PLANTAS SUPERIORES (Monocotiledóneas y Dicotiledóneas)”

Lemna minor

Lactuca sativa

Allium cepa

Glicine sp.

Hordeum sp.

Avena sativa

Lepidium sativum

Amaranthus hypochondriacus

Carthamus tinctorius

En dicho estudio se da una clasificación en sus diferentes anexos para diferentes ecosistemas y tipos de organismos así:

“En su Anexo 5. Listados De Especies Candidatas De Ambientes Dulceacuícolas (Fitoplancton, Zooplancton, Necton, Bentos, Plantas Superiores (Monocotiledóneas Y Dicotiledóneas), Bacterias.

En su Anexo 6. Listados De Especies Candidatas De Ambientes Salobres Y Marinos

En su Anexo 7. Listados De Especies Candidatas De Ambientes Terrestres” (UAMI 2005)

2.2.11.3. Ensayo: bioacumulación diferencial de cromo (vi) en frondes y raíces de Lemna minor

Los autores Carignano, L.A., Boeykens, S. & Vázquez C. citados en la revista de Investigación *Biologist* (2005) realizaron bioensayos utilizando mesocosmos formados por contenedores plásticos de 250 ml., 2g de *Lemna minor* y concentraciones crecientes de cromo Cr (VI), a partir de soluciones de K_2CrO_4 , por triplicado y con sus respectivos controles. Durante los quince días del ensayo se estandarizaron las condiciones de laboratorio a 24 12h luz/oscuridad e intensidad de luz constante con objetivo de determinar el modo de acumulación del cromo, absorción-adsorción, que presenta *Lemna minor* a partir de soluciones acuosas. La especie *Lemna minor* es una macrófita flotante, que posee en particular una alta capacidad de remoción de metales pesados y una amplia tolerancia a valores extremos de pH, salinidad y temperatura. También se registraron la temperatura del agua, el pH y la conductividad del medio acuoso, la temperatura del aire y el % HR. Al finalizar el período de contacto, las macrófitas fueron fijadas, deshidratadas y colocadas individualmente en eppendorfs de 2 ml. conteniendo vaselina líquida, para su posterior análisis cuantitativo de acumulación de metales pesados, por la técnica de Microfluorescencia de Rayos X (μ FRX)-Laboratorio de Luz Sincrotron, Brasil. La cual permite un análisis multielemental de trazas, con una resolución espacial adecuada al tamaño de las diferentes estructuras orgánicas. Las macrófitas evidenciaron por primera vez, mediante la técnica de μ FRX, una acumulación diferencial de cromo entre frondes y raíces. Siendo más evidente su acumulación en las raíces. El cromo se presentó formando nódulos de adsorción, en la base de las raíces, sugiriendo un mecanismo predominante. Por otro lado los tejidos de las frondes evidenciaron concentraciones significativas de cromo por absorción, presentando una mayor acumulación en centro que los bordes.

Investigar los mecanismos que utiliza *Lemna minor* en la remoción de los metales pesados desde soluciones acuosas, permitirá optimizar la eficiencia del par especie acumuladora-contaminante, ante aplicaciones de biorremediación.

Para el crecimiento de organismos dulceacuícolas se tienen en cuenta los criterios citados por UAMI (2005) “este método de prueba es semejante a los protocolos de la Agencia para la Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA, 2002; USEPA OPPTS 850.1010), y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (Método 202)”.

2.2.11.4. Uso de plantas acuáticas para análisis y tratamiento de aguas residuales y fitorremediación

En su estudio Arroyave (2004) resalta que “la principal ventaja de los sistemas de tratamiento con plantas acuáticas es su bajo costo de construcción y mantenimiento, así como su simplicidad de operación. Además, se utiliza un recurso disponible, hasta ahora no aprovechado en muchos lugares y que puede tener diversos usos”.

Añade además que “as macrófitas acuáticas han sido consideradas por varios autores como una plaga debido a su rápido crecimiento, ya que en ocasiones llegan a invadir lagunas, represas, canales de riego y generan varios problemas, al interrumpir el flujo del agua, propiciar eutroficación y crear ambientes para la crianza de vectores de enfermedades Sin embargo, si las plantas acuáticas se manejan adecuadamente, su poder de proliferación, capacidad de absorción de nutrientes y bioacumulación de contaminantes del agua las convierten en una herramienta útil en el tratamiento de aguas residuales. Además, con base en los estudios de remoción de compuestos tóxicos por plantas acuáticas, se pueden considerar estos sistemas de tratamiento como una alternativa ecológica y económicamente viable, tanto para el tratamiento de los efluentes municipales domésticos como industriales. En la fábrica de Imusa S.A., localizada en el municipio de Rionegro (Antioquia), se tienen operando desde 1988 unos canales sembrados con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua);

se ha comprobado una eficiencia de remoción de los diferentes contaminantes que alcanza más de 97% en los metales pesados y hasta el 98% en sólidos suspendidos”.

Se resalta que “las características que deben contar las plantas acuáticas usadas para el tratamiento de las aguas residuales son las siguientes: alta productividad, alta eficiencia de remoción de nutrientes y contaminantes, alta predominancia en condiciones naturales adversas y fácil cosecha. *Lemna minor* cumple con todas estas características y gracias a esto ha sido empleada en sistemas de descontaminación de aguas”. (Arroyave 2004)

Chará (1998, citado en Arroyave (2004) “describe uno de estos sistemas de tratamiento de aguas residuales provenientes de granjas porcinas. El sistema está constituido por un biodigestor, seguido de un canal de sedimentación, un canal con *Eichhornia crassipes* y, por último, un canal con *Lemna minor*, reporta una disminución en la demanda bioquímica de oxígeno de 247 a 149 mg/l y una reducción en los sólidos suspendidos totales de 214 a 58 mg/l en una granja porcina en el Valle del Cauca utilizando este sistema de tratamiento.

La capacidad de remoción de fosfatos fue estudiada en condiciones de laboratorio por Obek y Hasar (2002, citado por Arroyave 2004)) quienes encontraron que *Lemna* puede remover ortofosfato eficientemente si se cosecha frecuentemente. Encontraron que la concentración inicial de 15 mg/l fue reducida a 0,5 mg/l al final de un período de 8 días. Zayed (1998, citado por Arroyave 2004) investigó el potencial de la lenteja de agua para acumular cadmio, cromo, cobre, níquel, plomo y selenio. Los resultados demostraron que, en condiciones experimentales de laboratorio, la planta resultó ser un buen acumulador de Cd, Se y Cu, un acumulador moderado de Cr y pobre acumulador de Ni y Pb. Las concentraciones más altas de cada elemento acumulada en los tejidos de la lenteja de agua fueron de 13,3 g Cd / kg, 4,27 g Se / kg, 3,36 g Cu / kg, 2,87 g Cr / kg, 1,79 g Ni / kg y 0,63 g Pb / kg. Se concluye en el estudio que la lenteja de agua tiene un buen potencial para la remoción de cadmio, selenio y cobre de aguas residuales contaminadas con estos elementos, ya que puede acumular concentraciones altas de ellos. Su rápido crecimiento la hace una planta apropiada para actividades de fitorremediación.”

2.3 Marco Conceptual o Glosario.

Algunos conceptos emitidos por DIGESA (2011) son:

- “1. Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento
2. Agua para consumo humano: Es aquella que se utiliza en bebida directa y preparación de alimentos para consumo.
3. Agua potable: Es aquella que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos, en las condiciones señaladas en el decreto Digesa puede ser consumida por la población humana sin producir efectos adversos a su salud.
4. Agua segura: Es aquella que sin cumplir algunas de las normas de potabilidad definidas en el presente decreto, puede ser consumida sin riesgo para la salud humana.
5. Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
6. Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.
7. Análisis de vulnerabilidad: Es el estudio que permite evaluar los riesgos potenciales a que están sometidos los distintos componentes de un sistema de suministro de agua.
8. Análisis microbiológico del agua: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra para determinar la presencia o ausencia, tipo y cantidad de microorganismos.
9. Análisis organoléptico: Para los fines del presente decreto se refiere a olor, sabor y percepción visual de sustancias y materiales flotantes y/o suspendidos en el agua.
10. Análisis físico-químico de agua: Son aquellas pruebas de laboratorio que se efectúan a una muestra <sic> para determinar sus características físicas, químicas o ambas.
11. Camión cisterna: Vehículo motorizado con tanque cisterna autorizado para transportar agua para consumo humano desde la estación de surtidores hasta el consumidor final.
12. Clorosis: el amarilleamiento del tejido de la fronda.
13. Cloro residual libre: Cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua de consumo humano para proteger de posible contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento.

14. Crecimiento: el aumento de la variable de medición, por ejemplo el número de frondas, el peso seco, el peso húmedo o la superficie de las frondas, a lo largo de la duración del ensayo
15. Estándar de Nivel Internacional: Es aquel estándar adoptado por algún país o comunidad de países.
16. Fiscalización sanitaria: Atribución de la Autoridad de Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita.
17. Fronda: cada una de las estructuras «foliáceas» simples de una planta de lenteja de agua. Es la unidad mínima, es decir, individuo, capaz de reproducirse.
18. Límite máximo permisible: Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
19. Límite de detección (LOD) y límite de cuantificación (LOC): el límite de detección (LOD) es la concentración de una sustancia por debajo de la cual no se puede distinguir la identidad de la sustancia de la de artefactos analíticos; el límite de cuantificación (LOC) es la concentración de una sustancia por debajo de la cual no puede determinarse dicha concentración con una exactitud aceptable.
20. Monitoreo: Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
21. Organización comunal: Son juntas administradoras de servicios de saneamiento, asociación, comité u otra forma de organización, elegidas voluntariamente por la comunidad constituidas con el propósito de administrar, operar y mantener los servicios de saneamiento.
22. Parámetros de control obligatorio (PCO): Son los parámetros que todo proveedor de agua debe realizar obligatoriamente al agua para consumo humano.
23. Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO): Parámetros que de exceder los Límites Máximos Permisibles se incorporarán a la lista de parámetros de control obligatorio hasta que el proveedor demuestre que dichos parámetros cumplen con los límites establecidos en un plazo que la Autoridad de Salud de la jurisdicción determine.

24. Plan de control de la calidad (PCC) : Instrumento técnico a través del cual se establecen un conjunto de medidas necesarias para aplicar, asegurar y hacer cumplir la norma sanitaria a fin de proveer agua inocua, con el fin de proteger la salud de los consumidores.

25. Programa de adecuación sanitaria (PAS): Es un instrumento técnico – legal aprobado por la Autoridad de Salud, que busca formalizar y facilitar la adecuación sanitaria a los proveedores de agua de consumo humano al Reglamento y a las normas sanitarias de calidad del agua que emita la autoridad competente, en donde se establecen objetivos, metas, indicadores, actividades, inversiones y otras obligaciones, que serán realizadas de acuerdo a un cronograma.

26. Proveedor del servicio de agua para el consumo humano: Toda persona natural o jurídica bajo cualquier modalidad empresarial, junta administradora, organización vecinal, comunal u otra organización que provea agua para consumo humano.

Así como proveedores del servicio en condiciones especiales.

27. Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano: Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.

28. Sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control: Sistema que permite identificar, evaluar y controlar peligros que son importantes para la inocuidad del agua para consumo humano.

29. Sistema de tratamiento de agua: Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de producir agua apta para el consumo humano.

de aplicar correctivos administrativos o técnicos que permitan el cumplimiento normativo.

30. Tratamiento: Es el conjunto de operaciones y procesos que se realizan sobre el agua cruda, con el fin de modificar sus características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas, para hacerla potable de acuerdo a las normas establecidas en el decreto”.

DS N° 031-2010-SA.DIGESA”

2.4 Abreviaturas

APA: Asociación Americana de Psicología

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

DIGESA: Dirección General de Salud Ambiental

DS: Decreto Supremo.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

HDT: Hoja de Divulgación Técnica

MINSA: Ministerio de Salud

MMC : Millones de Metros Cúbicos

NMP: Número más probable.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud

RAS: Relación de absorción de sodio

UNT: Unidades Nefelométricas de Turbidez

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo Aplicada, con enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación se compone de una sección no experimental y otra experimental como se detalla a continuación, así como las variables de éste estudio (ver tabla 16).

A.- Experimental. Se realizará un estudio experimental controlado, de crecimiento de planta acuática *Lemna minor* en agua provenientes de grifos domiciliarios de dos Sectores de la urbanización La Estancia de Lurín, y agua potable embotellada marca San Luis ® (la cual se destaca en la ciudad de Lima por cumplir óptimamente los estándares de calidad de agua potable).

B.- No experimental: Descriptivo. Mediante la aplicación de encuestas de percepción de calidad de agua; y determinación de niveles de parámetros físicoquímicos y biológicos del agua de grifo para consumo humano de la Urbanización La Estancia de Lurín, Lima.

Tabla 16

Variables de éste estudio

Parámetros	Variable
Fisicoquímico	Independiente
Microbiológico	Independiente
Calidad de agua	Dependiente
Crecimiento de <i>Lemna minor</i>	Dependiente
Percepción de la Población	Dependiente

Fuente. Elaboración propia

3.2 Unidad de análisis

- Percepción de calidad de agua potable a través de encuestas aplicadas en Habitante vivienda de la Urbanización La Estancia de Lurín, del Distrito de Lurín
- Análisis de características fisicoquímicas y microbiológicas en muestras de agua de grifo exterior domiciliario de vivienda de la Urbanización La Estancia de Lurín, del Distrito Lurín, Lima, Perú, año 2015-2016 y agua embotellada marca San Luis.
- Crecimiento de la Planta *Lemna minor*, en agua potable de grifos de los dos sectores área de estudio y agua embotellada

3.3 Población de estudio

La población total de 500 habitantes en la Urbanización es estudio en el año 2016 se determinó con ayuda de entrevistas e información recabada con los habitantes y líderes comunales de la urbanización, como además se obtuvo información de páginas web de inmobiliarias (Blog inmobiliario: Urbania.pe) puesto que no fue posible obtener datos previamente solicitados a la Municipalidad, e Inmobiliaria DPI y Sedapal.

La selección del estudio de la calidad de agua de éstos grifos domiciliarios es debido a su importancia por estar localizadas en una zona que recibe la posible contaminación del agua subterránea que la provee, como además de los indicadores descritos como sospechosos de agua no apta para consumo.

Como agua control fue seleccionada agua embotellada marca San Luis®, la cual tiene gran aceptación en la ciudad de Lima y presenta buena potabilización, acorde a otros estudios previos lo que la hace apta para el análisis de contraste.

3.4 Tamaño de muestra

Instrumento 1. Encuesta sobre percepción de calidad de agua del grifo: se aplican un total de 165 encuestas (cada una con 10 preguntas) en una población de 500 viviendas así:

Se utilizó el método de muestreo para población finita así:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Siendo:

N (tamaño de la población)		500.00
90% ó 95% ó 99%	Nivel de Confianza	95%
	Valor de Z	1.96
Definir	Error Permisible (e)	5.0%
Definir	Proporción	80%
n	Tamaño de la Muestra	165

Para análisis de calidad de agua del área de estudio se toma las siguientes muestras divididas así:

Instrumento 2. Análisis fisicoquímico y bio lógico: Se toman 12 muestras en total distribuidas así: 2 muestreos en ambos sectores del área de estudio y del agua embotellada en el mes de agosto del 2016 así: de las 12 muestras 6 muestras pertenecen al sector I y 4 al sector II, y 2 son del agua embotellada. En cada punto de muestreo se toman 500mL de agua por parámetro.

El tamaño de muestra y número de muestreos se estimó con base en la literatura relacionada por los protocolos de la HDT (Hoja de Divulgación Técnica) 67 OMS/OPS; la Guía SUNASS 1999, y la resolución 00004716 del 2010 colombiana, para análisis de agua potable en redes de distribución para pequeñas poblaciones, realizando un estimativo aproximado a éstos y las limitaciones antes expuestas en la justificación presentada en éste estudio.

Instrumento 3: Crecimiento de *Lemna minor* en agua de grifo: Fueron tomadas 12 muestras por triplicado de *Lemna minor*, con un peso individual de 2g (seleccionada al azar dentro de los 200 g colectados) y posteriormente sembradas respectivamente en 100mL de agua obtenida de cada una de las 12 muestras provenientes de los dos muestreos pertenecientes al sector I, II y agua embotellada así: 6 muestras de agua del sector I (3 y 3), 4 muestras del sector II (2 y 2) y 2 de agua embotellada (1y1) .

Para el tamaño de muestra 2g de *Lema minor* por cada muestra de 100mL de agua del ensayo, por triplicado se basó en los autores Carignano, L.A., Boeykens, S. & Vázquez C. citados en la revista de Investigación *Biologist* (2005)

3.5 Selección de muestra

Instrumento 1.-Encuesta. El muestreo es probabilístico aleatorio simple, para las encuestas Se utiliza la escala de Likert para las opciones en determinadas respuestas se seleccionarán 165 viviendas de las cuales se seleccionan al azar algunas donde se toma cada muestra de agua, como también de otras viviendas otras escogidas aleatoriamente a partir del punto central (parque) de la urbanización La Estancia de Lurín.

Instrumento 2: Análisis fisicoquímico y Microbiológico del agua. Ambos muestreos son probabilísticos aleatorios simples (muestras simples o puntuales) efectuados en los grifos de la parte externa de las viviendas, En cada muestreo se toman 6 muestras para un total de 12 muestras en total (10 e agua de grifo y 2 de agua embotellada), tomando 6 (3:3) del sector I (se tomó mayor valor en este sector porque allí se halla en grueso de la población) y 4 del sector II (2:2) : y 2 (1:1) de agua embotellada. Se colectó volumen de 500 mL por parámetros fisicoquímicos y 500mL para biológicos colectándose manualmente acorde a la metodología *Standard Methods* avalada por DIGESA. Se prefiere la parte externa de la vivienda ya que permite mejor acceso, y condiciones comunes de las redes de distribución.

Instrumento 3.- Ensayo con *Lemna minor*. La muestra se obtiene de acuario del Distrito de San Miguel de la Ciudad de Lima. Se escogen de un volumen de 1kg de biomasa, se extrae aleatoriamente 200 g los cuales se proceden a aislar clarificando el agua, con la finalidad de eliminar organismos acuáticos, hongos, partículas. La selección de muestras de agua para la siembra de *Lemna minor* se efectuó acorde a distribución de instrumento 2, pero con volumen de 1 litro en total por punto de muestreo

3.6. Técnicas de recolección de Datos

1.-Fueron utilizadas fuentes primarias, con observación de campo no experimental, realizaron inicialmente observaciones directas en el área de estudio, de acontecimientos registradas en notas de campo de apariencia del agua proveniente de los grifos, y efectos de ésta sobre detergentes, jabones, cambio de coloración en ciertas prendas de algodón y filtros de tanques de almacenamiento domiciliario posterior a su uso identificación de presencia de sarro en teteras, y otros objetos, compra de bidones de agua. Observación de presencia de establos, cultivos, fábricas, tipo de suelo. Se realizaron fotografías de lo descrito. Se efectuó dialogo libre, relatos, con líderes y moradores del sector, se recogen testimonios sobre historia del suministro de agua, se solicitó información a Municipalidad, Inmobiliaria, y entes relacionados con calidad de agua potable. , más la información suministrada por éstos últimos fue insuficiente.

Lo que llevó a, recoger inquietudes, identificar puntos de vista y conclusiones preliminares, las cuales generaron reflexiones e hipótesis iniciales en anotaciones de campo

2.-Análisis de documentos de fuentes secundarias (tesis, libros periódicos, páginas oficiales digitales. Se revisaron protocolos de ensayos de *Stándard Methods edición 22*, y otros de la OMS, APA para la realización de trabajos de investigación sobre calidad de agua, y condiciones de crecimiento de *Lemna minor*. Se efectúan lecturas de artículos de tesis con

antecedentes asociados al tema, así como de reglamento de calidad de agua de DIGESA, y de organismos Internacionales.

3.-Elaboración de Encuestas: Se aplican 165 encuestas utilizando la escala de Likert con el fin de medir la percepción que tienen los habitantes sobre la calidad del agua proveniente de los grifos domiciliarios, analizando sus resultados

4.-Se efectuarán análisis fisicoquímicos y biológicos de agua de grifo en campo y en laboratorio, acorde a las normas y protocolos vigentes por DIGESA, comparando los resultados estadísticos con las normas vigentes de LMP

5.- Observación experimental: Se efectuó ensayos con *Lemna minor* en agua proveniente de cada uno los grifos muestreados, tabulando sus resultados, teniendo en cuenta parámetros estandarizados y generados por la autora.

6.-Se aplicaron parámetros estadísticos para realización de interpretación de resultados de los análisis experimentales y no experimentales para llegar a la conclusión.

3.6.1. Muestreo:

Los protocolos son los siguientes: “Para el análisis microbiológico, la muestra se toma en un envase de 500 mililitros de capacidad, de vidrio o plástico autoclavable, de boca ancha y con tapa rosca. Se deberá cubrir la tapa del frasco con papel *kraft* o aluminio y fijarlo. Los análisis fisicoquímicos básicos (cloro residual, pH y turbiedad) deben ser preferentemente evaluados en el campo, pero caso de que no se cuente con los equipos de campo requeridos para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos básicos, como es nuestro caso, la muestra se toma en frascos de vidrio o de polietileno, en un volumen de 500 mililitros; no se requieren preservantes. No se debe exponer la muestra a la luz ni tampoco agitarla. La muestra debe ser analizada en forma inmediata”. (Aurazo 2004)

“Las muestras de agua para consumo humano tratado y sometido a un proceso de desinfección con cloro se colecta en un frasco esterilizado al cual, antes de la esterilización, se le hayan adicionado 0,1 mililitros de solución de tiosulfato de sodio al 1,8% para cada 100 mililitros. Con este reactivo se neutraliza el cloro residual. Esta cantidad de tiosulfato de sodio es suficiente para neutralizar concentraciones de hasta 5 mg/L de cloro residual y es adecuada para una muestra de rutina. . Esta cantidad es suficiente para neutralizar concentraciones de hasta 15 mg/L de cloro residual”. (Aurazo 2004)

3.6.1.1. Muestreo de un grifo del sistema de Distribución domiciliaria

Se efectúan muestreos basados en protocolo de Standard Methods, citado por Aurazo (2004) Así: “En primer lugar, tener la precaución de que el grifo esté conectado directamente a la red de distribución y sin accesorios (ver figura 12), (coladores, anexos de mangueras, etcétera). De otro modo, remover cualquier dispositivo ajeno al grifo. Verificar que no se presenten fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño. Si hay fugas, seleccionar otro punto de muestreo.

1. Con la ayuda de un algodón empapado en alcohol limpiar y retirar del grifo cualquier tipo de materia extraña adherida a la boca de salida. Flamear un poco en la boca del grifo. Abrir el grifo, hasta que alcance su flujo máximo y dejar correr el agua durante tres minutos, para limpiar la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.
2. Abrir el frasco de muestreo. Desamarrar el cordón que ajusta la cubierta protectora de papel *kraft* o aluminio y destapar.
3. Llenar el frasco, Poner inmediatamente el frasco debajo del chorro de agua y llenarlo. Mantener la tapa y la cubierta protectora hacia abajo (para evitar la entrada de polvo portador de microorganismos)”.



Figura 12. La investigadora durante muestreo en viviendas del área de estudio
Fuente: Elaboración propia.

“4. Dejar un espacio de aire (aproximadamente un tercio del frasco) para facilitar la agitación de la muestra antes del análisis bacteriológico.

5. Colocar el tapón al frasco. Enroscar la tapa y fijar la cubierta protectora de papel *kraft* o aluminio”.

.

Las muestras son etiquetadas para su plena identificación. A continuación en la figura 13 se presentan los datos básicos de las Etiquetas usadas durante el muestreo:



Toma de muestra			 SAN MÁRCOS	Toma de muestra			 SAN MÁRCOS
FECHA: Agosto 8	TIPO DE MUESTRA: Agua de Grifo de vivienda	CODIGO DE LA MUESTRA: M-7-A	TESIS MAESTRIA CIENCIAS AMBIENTALES.	FECHA: Agosto 8	TIPO DE MUESTRA: Agua de Grifo de vivienda	CODIGO DE LA MUESTRA: M-7-A	TESIS MAESTRIA CIENCIAS AMBIENTALES.
HORA:	AGUA:	TIPO DE ANALISIS: Coliformes fecales y termotolerantes, Cloro residual		HORA:	AGUA:	TIPO DE ANALISIS: Arsénico, Cadmio, Conductividad, Dureza, Turbidez, pH, Temperatura	
LUGAR DE MUESTREO: La Estancia de Lurin Mz.	RESPONSABLE: Nevis Espitia	OBSERVACIONES:		LUGAR DE MUESTREO: La Estancia de Lurin Mz.	RESPONSABLE: Nevis Espitia	OBSERVACIONES:	

Figura 13 Etiquetas para muestras parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

Fuente: Elaboración propia

3.6.1.2. Preservación De Las Muestras

La muestra se transporta al laboratorio lo antes posible antes de 30 horas para análisis bacteriológico. Mantener en Refrigeración (4-10 °C), desde su toma hasta su análisis en laboratorio USAQ de la facultad de química y de Calidad de agua de la facultad de biología de la UNMSM (ver figura 14).



Figura 14. Dos cooler usados en éste estudio para preservación de muestras

Fuente: Elaboración propia.

3.6.1.3. Transporte De Las Muestras: Embalaje y Envío

“Los frascos son transportados en cooler refrigerado, etiquetado como además la dirección del laboratorio al que se envían las muestras. En otra etiqueta figura el remitente.

En la parte interna de la caja también va el formulario detallado con los datos de la recolección de las muestras, su descripción y el nombre de la persona que las recolectó y las envía”. Aurazo (2004)

Las muestras para los respectivos análisis fisicoquímicos son llevadas al laboratorio de investigación USAQ de la Facultad de Química de la UNMSM. Mientras que los las muestras para análisis de Coliformes Fecales y Coliformes Totales y Cloro residual son entregadas para su análisis en el laboratorio de Calidad de Agua de la Facultad de Biología en la misma universidad.

En la presente investigación se analizarán ciertos parámetros mínimos elementales fisicoquímicos y microbiológicos del agua potable (de los grifos domiciliarios) según la norma de DIGESA, Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)

Se efectuarán los siguientes análisis fisicoquímicos y biológicos de laboratorio:

Turbidez, Conductividad, Dureza; y Cadmio, Arsénico, Temperatura y pH, Coliformes totales; y Coliformes termotolerantes, Cloro residual.

3.7 Análisis e interpretación de la información

Se analizó los resultados de encuesta, las cuales se respondieron acorde al test de Likert.

El análisis de las diferencias de los distintos puntos de muestreo entre los parámetros fisicoquímicos y biológicos como son Determinación de Turbidez, Conductividad Eléctrica, Dureza, Cadmio, Arsénico, Coliformes Totales y Termotolerantes, Cloro Libre Residual y se contrastan con los valores de límite máximo permisibles establecidos por DIGESA y por organismos Internacionales (OMS entre otros), identificando que tanto se desvían los resultados del promedio aceptado por dichos estamentos, como además se establece la diferencia del rango de crecimiento de la planta acuática según el tipo de agua.

Se realiza análisis comparativo de crecimiento de *Lemna minor* en cultivo, en los dos tipos de agua, como también de las encuestas se realiza mediante el empleo de diferentes indicadores estadísticos, como son: la Media, Mediana, Moda, Desviación Estándar, Pruebas de Normalidad, Coeficiente de Variación y el establecimiento del valor mínimo y máximo e intervalo de confianza, error estándar

Además se analizan las características organolépticas del agua, y la información suministrada por los líderes del sector, y Municipalidad. y las características del medio.

3.7.1 Materiales y equipos

3.7.1.1 Encuestas

Formato 10 preguntas para un total de 165 encuestas. Ver anexo A

Fotos del área.

- Plano del área

Cámara fotográfica

- Lápices

GPS

- Programa estadístico

Pobladores de la urbanización mayores de 18 años

Las muestras tomadas por la investigadora para análisis fisicoquímico y microbiológico fueron entregadas al laboratorio de la Unidad De Servicios de Análisis Químicos (USAQ) y el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, Agua y Ambiente (LCCAAA) de las Facultades de Química y Biología de la UNMSM respectivamente para su posterior procesamiento, y análisis como se detalla en el siguiente Informe Técnico respectivo del laboratorio, bajo las normas de *Standard Methods.*, como se detalla en los informes Técnicos respectivos:

3.7.1.2. Arsénico y Cadmio

Reactivos

- ✓ Estándar certificado de arsénico de 1000 $\mu\text{g/mL}$
- ✓ Estándar certificado de cadmio de 1000 $\mu\text{g/mL}$
- ✓ Solución diluyente “Ácido clorhídrico HCl, 10% (v/v) para la preparación de estándares: medir 100 mL de ácido clorhídrico concentrado ultrapura con contenido máximo de arsénico de 0.5 $\mu\text{g/L}$ y llevar a una fiola de 1000 mL, enrasar con agua ultrapura. Esta solución tiene duración de solo un día.
- ✓ Diluyente : Agua ultra pura
- ✓ Ácido nítrico, 0.2 %: Medir 2 mL de ácido nítrico concentrado ultrapuro y llevar a una fiola de 1 litro, enrasar a la marca con agua ultrapura”.
- ✓ Ácido nítrico concentrado (70%)

Materiales

- ✓ Matraces volumétricos de 50 y 100 mL , clase A * Vasos de 150 mL
- ✓ Pipetas de 1, 2, 5 y 10 mL , clase A * Embudos de líquidos
- ✓ Papel de filtrado de celulosa Whatman Nro. 40. * Vidrio reloj

Equipos

- ✓ “Espectro fotómetro de absorción atómica, SHIMADZU AA-6800. (ver figura 15)
- ✓ Horno de grafito GFA-EX7 * Computador.
- ✓ Balón de gas con argón de 99.999% de pureza” * Plancha térmica.



Figura 15. Equipo de A.A. utilizado en éste estudio para análisis de arsénico y cadmio
Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.3. Dureza total

Para estas determinaciones no se requirió de un pre-tratamiento de la muestra, ya que se mostraban homogéneas, sin elementos en suspensión.

Reactivos

- ✓ Solución EDTA (Ácido etilendiaminotetraacético) al 0,01 N: Pesar 4 g de la sal, disolver y llevar a un volumen de 1 L en un matraz volumétrico. Se determina la molaridad exacta titulando con ella un patrón seco de CaCO_3 , con NET como indicador.
- ✓ Indicador: NET (Negro de eriocromo T)
- ✓ Solución buffer: $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_3$ (pH = 10)
- ✓ Agua desionizada

Materiales

- ✓ Pipeta volumétrica de 25 mL, clase A
- ✓ Matraces de 250 mL
- Probeta de 10 mL
- Bureta de 50 mL, clase A

3.7.1.4. Conductividad

Reactivos

- ✓ Agua para conductividad: Cualquiera de los métodos para generar agua de grado reactivo puede ser usada. La conductividad del agua debe ser pequeña comparada con los valores a medir.
- ✓ Solución estándar de cloruro de potasio KCl 0.0100 M: Disolver 745.6 mg de KCl anhidro en agua para conductividad y diluirlo en 1000 mL en una fiola clase A a 25 °C y guardar en una atmósfera libre de CO₂. Esta es la solución estándar de referencia, la cual a 25 °C tiene una conductividad de 1412 μmho/cm. La mayoría de muestras se pueden leer satisfactoriamente cuando el elemento tiene una constante entre 1 -2 cm⁻¹. Para otras constantes de elemento debe usarse concentraciones de KCl mayores o menores. Se debe tener cuidado con soluciones de KCl con una concentración menor a 0.001 M, ya que pueden ser inestables debido al efecto del CO₂ atmosférico en el agua pura

Equipos

- ✓ Instrumentos de conductividad (ver figura16) Se usó un instrumento capaz de medir la conductividad con un error no mayor a 1% o 1 μmho/cm, lo que en caso sea mayor. El equipo es un Conductímetro marca HACH, modelo HQ14d



Figura 16. Conductímetro utilizado en éste estudio
Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Termómetro, capaz de medir con una precisión de 0.1 °C y en el rango 20-30 °C. Muchos conductímetros están equipados con un sensor que lee la temperatura automáticamente.
- ✓ Elemento de conductividad:
 - Electrodo de platino: El elemento de conductividad con electrodos de platino se puede encontrar como tipo pipeta o de inmersión. La elección depende del rango esperado de conductividad. Se corrobora la validez del instrumento comparando los resultados experimentales con las conductividades reales de soluciones de KCl tabuladas. Los elementos nuevos sin recubrimiento se limpian con ácido sulfocrómico y se platinizan antes de usar.
 - Electrodo tipo no-platino: se usan elementos de conductividad con electrodos de metales comunes durables (acero inoxidable, entre otros) para el monitoreo continuo y en campo. Estos elementos se calibran comparando los resultados experimentales con resultados obtenidos con un equipo de laboratorio. Se debe usar el elemento con su respectivo instrumento de medición para minimizar errores en la constante del elemento.

3.7.1.5. Turbidez

Reactivos

- ✓ Soluciones estándar de 10, 20, 100 y 800 NTU - Agua desionizada
- ✓ Etanol grado reactivo

Materiales

- ✓ Celdas de lectura de vidrio incoloro limpias y secas (agua desionizada y etanol, secadas a temperatura ambiente)

Equipos

- ✓ Turbidímetro electrónico marca HACH, modelo 2100Q

3.7.1.6. pH y Temperatura

A una temperatura dada, la intensidad del carácter ácido o básico de una solución se indica por la actividad de los iones de hidrógeno.

Reactivos

- ✓ Soluciones estándar de pH = 4, 7 y 10 - Agua desionizada
- ✓ Solución de KCl

Equipo

- ✓ Medidor de pH electrométrico: con potenciómetro, electrodo de vidrio, electrodo de referencia (de calomelo o plata/cloruro de plata), termómetro. Marca HACH, modelo SENSION pH1

Cloro residual

Sobres de reactivos de Cloro Libre DPD en polvo, para celda cubeta de 10 ml marca HACH.

Solución estándar de cloro residual de bajo rango. • Agua Desionizada sin demanda de Cloro. • Kit estándar secundario DPD-Cloro LR HACH de verificación y control.

3.7.1.7. Coliformes Totales y Termotolerantes

• Materiales

- Tubos de 16x150mm - Tubo Durham
- Gradillas - Tapas de plástico autoclavables
- Mechero Bunsen - Asas bacteriológicas

• Medios de cultivo

- Agua peptonada 0.1% - Caldo lauril sulfato
- Caldo lactosa bilis Verde Brillante: - Caldo EC:

- **Reactivos**

- Alcohol 70°
- DPD (N-N dietil p-difeniladamina)-Chlorine Test- Merck
- Tiosulfato de sodio al 3%
- Tiras de pH

- **Equipos**

- Estufa calibrada a $35\pm 0.5^{\circ}\text{C}$
- Autoclave
- Estufa calibrada a $44.5\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

3.7.1.8. Ensayo con *Lemna minor*

Materiales:

- Agua de grifo de cada punto de muestreo
- Plantas de *Lemna minor* biomasa 200g
- Acuarios de 3 L de capacidad.
- Recipientes plásticos de 250 mL
- Garrafón o bidón de 07 litros de agua de mesa San Luis®
- Coladores de 15, 10 y 5 cms de diámetro
- Viales para pesar plántulas.
- Agua embotellada marca San Luis®.
- Termómetro
- Frasco lavador
- Recipientes plásticos de 10 mL
- Rollo de Papel absorbente
- Espátulas

Equipos

- Balanza analítica de 4 cifras significativas decimales
- Estufa
- GPS

Celdas o cubetas cuadradas de una pulgada de vidrio o cuarzo de 10 ml • Tijeras. • Balón Aforado en vidrio capacidad 100 ml clase A. • Pipetas aforadas clase A de 10 ml. • Pipetas Aforadas Clase A de 1 ml.

3.7.2 Procedimiento

3.7.2.1.-Encuestas

Inicialmente se seleccionan preguntas asociadas a las variables de estudio, relacionadas principalmente con la dureza, y conductividad del agua, teniendo en cuenta las características observadas que generan quejas en usuarios en el área. Se establece tabla de respuesta aplicando la escala de Likert. Luego se procede a la validación de las preguntas por expertos idóneos en el tema de la UNMSM.

Posteriormente se aplican las encuestas en el mes de agosto, en fechas cercanas a las fechas de los análisis primordialmente.

Las viviendas del área de estudio se seleccionan aleatoriamente, teniendo cuidado de seleccionar de ambos sectores 1 y 2. Es de notar que aunque en el área hay muchas viviendas, hay zonas que están construidas igual número de viviendas pero deshabitadas aún, por lo que se selecciona el área con densidad de población.

Análisis Físicoquímico: Arsénico, Cadmio, Conductividad, Dureza, Turbidez, Cloro Residual

Se tomaron a consideración los protocolos autorizados por Standard Methods ed. 22 (ver tabla 17 a continuación)

Tabla 17
Referencia de métodos de análisis

Parámetro	Método De Análisis	Referencia
Arsénico	-EAA por Horno de Grafito	SMEWW Ed 22
Cadmio	-EAA por llama	SMEWW Ed 22
	-EAA por Horno de Grafito	
Conductividad	Células de conductividad, con KCl.	SMEWW Ed 22
Dureza	Método tritimétrico. EDTA	SMEWW Ed 22
Turbidez	Método nefelométrico	SMEWW Ed 22
Coliformes Totales	NMP tubos múltiples	SMEWW Ed 22
Coliformes Termotolerantes	NMP tubos múltiples	SMEWW Ed 22
Cloro Libre Residual	Colorimétrico-Técnica DPD	SMEWW Ed 22

Fuente. Standard Methods ed. 22.

3.7.2.2. Arsénico y Cadmio

-Preparación de la muestra

Medir 10ml (volumen de muestra) de muestra agitada, 3mL de agua desionizada y 3mL de HNO₃ (cc) en un vaso de 150mL limpio, lavado con ácido. Caliente sobre la plancha cubierto hasta la mitad con una luna de reloj, sin dejar que hierva la solución, hasta que el volumen sea reducido a 1mL aprox. Quítese de la plancha caliente y déjese enfriar a temperatura ambiente. Fíltrese a través de filtro de celulosa y dilúyase con agua en un matraz volumétrico a un volumen de 50mL. Prepárense simultáneamente un blanco digerido sustituyendo la muestra por agua ultrapura y realizar la digestión como se ha descrito con anterioridad.

- Medición

- 1) “Se encendió el equipo de absorción atómica SHIMADZU AA-6800, el equipo de horno de grafito GFA-EX7 con inyector automático (autosampler) y la computadora, se colocó la lámpara de cátodo hueco de Arsénico. Siguiendo el procedimiento de operación del horno de grafito HGA-600, se calibró el instrumento, asegurando el alineamiento del autosampler antes de iniciar la corrida analítica.
- 2) Luego se colocó el blanco de calibración, el estándar de trabajo de 50 $\mu\text{g/L}$ en el caso de arsénico y de 10 $\mu\text{g/L}$ en el caso de cadmio, el blanco reactivo y las muestras a los viales previamente identificados y enumerados correspondientemente, para posteriormente llevarlos al carrusel del autosampler.
- 3) Programar la calibración automática y chequear la curva de calibración y programar el análisis de las muestras y constatar los resultados”.

ARSENICO y CADMIO

- 1) Se preparan los estándares de calibración para Arsénico y Cadmio respectivamente y se obtiene la curva de calibración en el equipo de AA
- 2) Se ajusta la curva de calibración para As y Cd (ver figura 17).

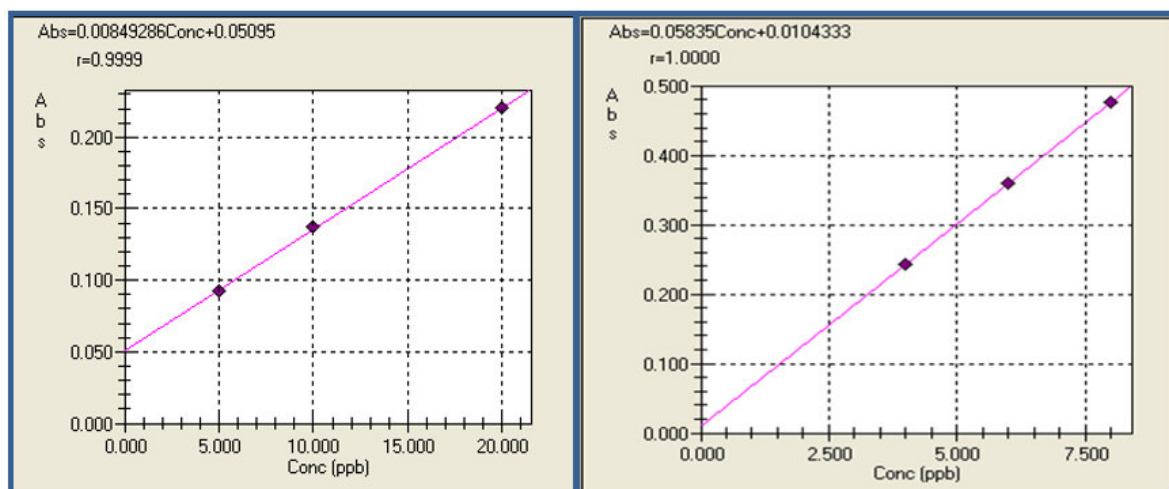


Figura 17. Curva de calibración de arsénico y cadmio
Fuente: laboratorios USAQ.UNMSM

3) Se programan las condiciones Instrumentales para los dos análisis (ver figura 18)

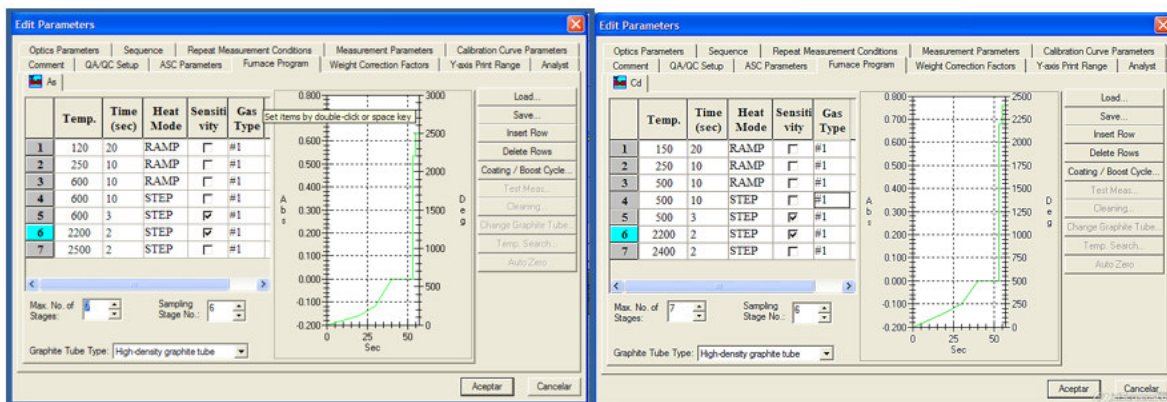


Figura 18. Programa de temperatura en medición de As y Cd por horno de grafito
Fuente: Laboratorio USAQ UNMSM

Y se ajustan las condiciones ópticas del equipo de AA.(figura 19)

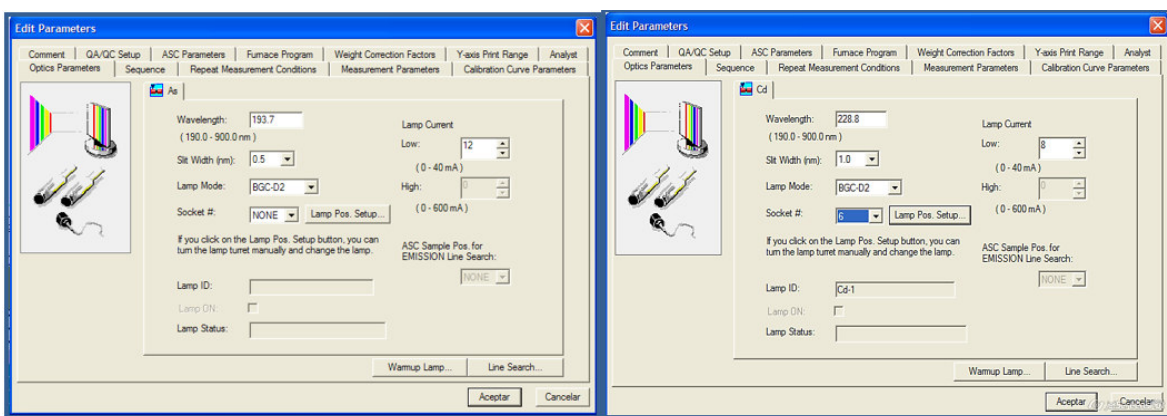


Figura 19. Parámetros ópticos para medición de As por horno de grafito
Fuente: Laboratorio USAQ UNMSM

4) Cálculos

$$As(ppb) = [As] * FD$$

4) Cálculos

$$Cd(ppb) = [Cd] * FD$$

Donde:

[As] = lectura de concentración As en ppb por el equipo absorción atómica

- [Cd] = lectura de concentración Cd en ppb por el equipo absorción atómica SHIMADZU AA-6800.
- FD = diluciones necesarias a las cuales fue llevada la solución.

SÍMBOLOS:

- mL: mililitros
- v/v: volumen/ volumen
- μg : micro gramos
- ppb: partes por billón
- HNO_3 : ácido nítrico
- HCl : ácido clorhídrico
- STD: estándar
- Área de pico:

- A-ATOMIZER CONDITION
- As ASHING CONDITION

A continuación observamos los protocolos realizados representados en el diagrama de flujo para análisis de arsénico y cadmio (figura 20)

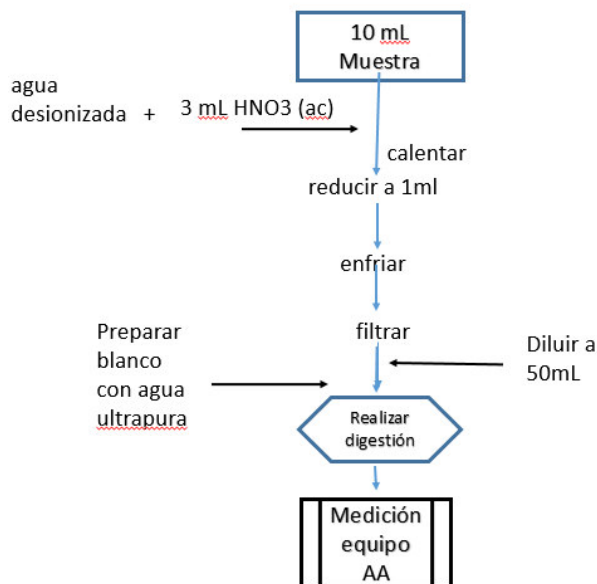
Diagrama de Flujo CD y As

Figura 20. Diagrama de Flujo protocolo análisis CD y As

Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.2.3. Dureza total

1.1 Procedimiento

Medir 25 mL (volumen de muestra) de la muestra agitada y trasvasar a un matraz limpio, agregar 2 mL de la solución buffer y una puntita de espátula del indicador. La muestra se tornará de color rojo-violáceo al formarse el complejo entre los iones de Ca^{2+} y Mg^{2+} con el indicador. Titular con EDTA 0.01 N hasta el viraje de color a azul claro. El punto de equivalencia se determina cuando no quede ningún rastro de rojo en la solución., Proceso descrito en el siguiente diagrama de flujo para determinación de Dureza, (ver figura 21)

1.4 Cálculos

Los iones de Mg y los de Ca se reportan ambos como su equivalente en ppm de CaCO_3 :

$$\text{ppm} [\text{CaCO}_3] = \frac{V_{\text{gasto,mL}} * T_{\text{EDTA,g/mL}} * 10^6}{V_{\text{muestra,mL}}}$$

Dónde:

$V_{\text{gasto,mL}}$ = Volumen del gasto de la solución titulante (EDTA) en mL

$T_{\text{EDTA,g/mL}}$ = Valor exacto de la molaridad de la solución de EDTA en g/mL

$V_{\text{muestra,mL}}$ = Volumen de la muestra en mL

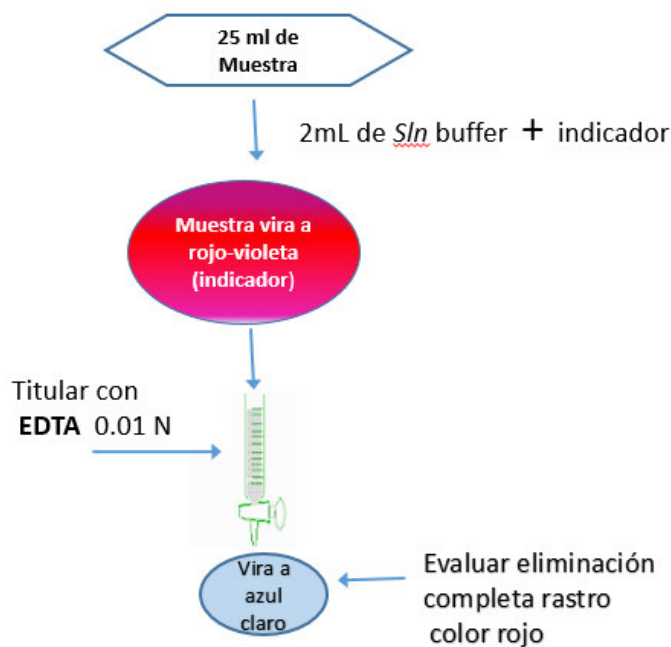


Figura 21. Diagrama de Flujo protocolo análisis de dureza
 Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.2.4. Conductividad

Medición

Determinación de la constante de elemento: Limpiar con abundante agua el elemento electrolítico con al menos tres porciones de solución de KCl 0.01 M. Ajustar la temperatura de una porción de KCl a 25.0 ± 1.0 °C. Si un conductímetro muestra resistencia R (ohms), se la mide y se anota la temperatura. La constante de elemento se calcula de la siguiente manera:

$$C, cm^{-1} = (0.001412)(R_{KCl})[1 + 0.0191(t - 25)]$$

Donde:

R_{KCl} = resistencia medida en ohms,

t = temperatura observada en °C

Los conductímetros usualmente indican la conductividad directamente. Las sondas comerciales comúnmente están equipadas con un sensor de temperatura. Con este tipo de instrumentos, se debe enjuagar la sonda tres veces con la solución de KCl 0.0100 M y ajustar la compensación de temperatura a 0.0191 C^{-1} . Con la sonda en la solución estándar de KCl, se ajusta la medición a $1412 \mu\text{mhos/cm}$. Este procedimiento ajusta automáticamente la constante del elemento internamente. Ver diagrama de flujo (figura 22)

- 3.7.1. Medición de conductividad: El elemento se enjuaga con una o más porciones de la muestra. Se ajusta la temperatura de una última porción a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y se mide la resistencia o la conductividad y se anota la temperatura dentro de $\pm 0.1 \text{ }^\circ\text{C}$.

La precisión de los conductímetros comerciales varía comúnmente entre 0.1 y 1.0 %. La reproducibilidad de 1 o 2% se espera de los instrumentos calibrados.

Cálculos

El coeficiente de temperatura de la mayoría de aguas solamente se aproxima al del estándar de KCl. Por eso, cuanto más se desvíe la temperatura de medición de $25.0 \text{ }^\circ\text{C}$, mayor la incertidumbre de la validez en aplicar la corrección de temperatura. Reportar conductividades temperatura-compensadas en $\mu\text{mhos/cm @ } 25.0 \text{ }^\circ\text{C}$

Cuando medimos la resistencia, la conductividad a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ es:

$$k = \frac{1\ 000\ 000\ C}{R_m[1 + 0.019(t - 25)]}$$

Dónde:

k = conductividad en $\mu\text{mhos/cm}$

C = constante de elemento en cm^{-1}

R_m = Resistencia de la muestra en ohms

t = temperatura de la medición

Cuando se mide la conductividad sin compensación interna de temperatura a 25 °C, la conductividad se calcula según.

$$k, = \frac{k_m}{1 + 0.019(t - 25)}$$

Dónde:

k_m = conductividad medida en $\mu\text{mhos/cm}$ a t °C

Para los instrumentos con compensación automática de temperatura y lectura en $\mu\text{mhos/cm}$ o unidades similares, la lectura es corregida automáticamente a 25 °C y las mediciones se reportan como mostradas en la pantalla en sus unidades designadas.

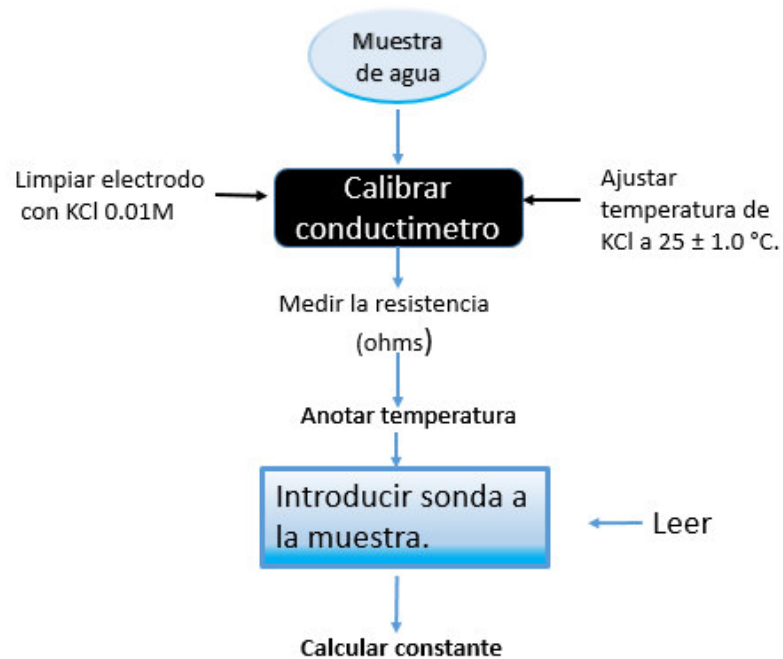


Figura 22. Diagrama de Flujo protocolo análisis de conductividad

Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.2.5. Turbidez:

1.1 Medición

Se prende el equipo y se accede al modo de calibración. Se introduce el patrón homogenizado de 20 NTU, se realiza la medición y se prosigue con los patrones de 100 y 800 NTU. Se realiza la calibración y se corrobora la extrapolación con el patrón de 10 NTU. Ver diagrama de flujo (figura 23)

Agitar la muestra, lavar la celda de medición con al menos tres porciones de ella. Luego llenar la celda con la muestra, tapar. Esperar a que desaparezcan todas las burbujas y proceder con la medición. Se reporta el resultado que aparece en la pantalla.

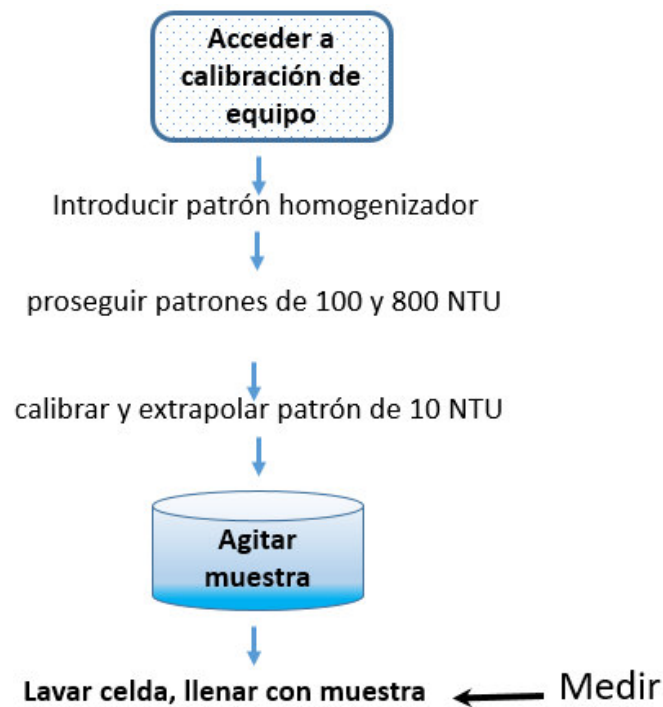


Figura 23. Diagrama de Flujo protocolo análisis de turbidez

Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.2.6. pH y Temperatura Medición

Se retira la tapa protectora del detector, se enjuaga con agua desionizada el exceso de la solución de KCl en la cual reposaba el detector. Se coloca protección para la medición alrededor del detector y se procede a calibrar, según requerimientos del equipo, con las soluciones buffer de pH = 4, 7 y 10. Se lava bien el detector, se enjuaga con la muestra y luego se mide. Se lava el detector luego de cada medición. Los datos se reportan como expresados en la pantalla del equipo

Parámetros microbiológicos: Coliformes Totales, Termotolerantes y determinación de Cloro Libre Residual

3.7.2.7. Análisis de Cloro Libre residual

Se detalla mediante el siguiente Flujograma del método colorimétrico para determinación de cloro libre residual (figura 24)

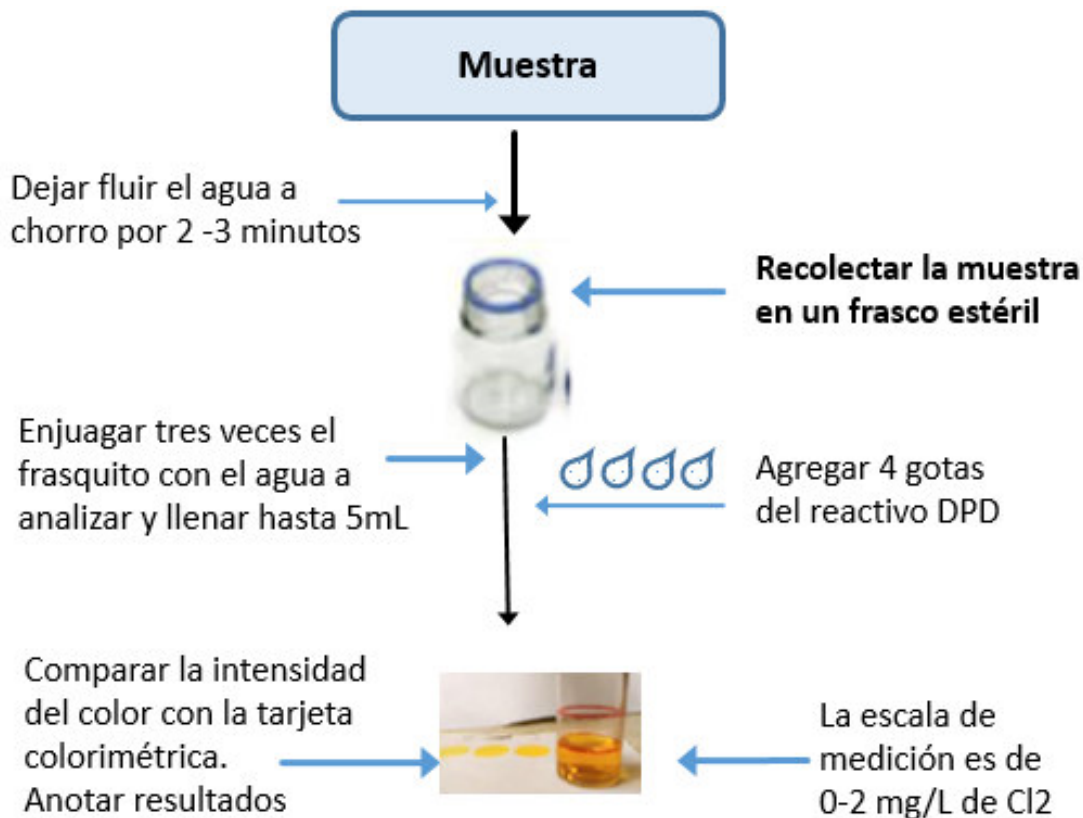


Figura 24. Flujograma del método colorimétrico para determinación de cloro libre residual

Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.2.7. *Coliformes Totales.*

- Toma de muestra y transporte
 - La muestra de agua debe recolectarse directamente del grifo por medio de una botella esterilizada.
 - Se midió el cloro libre residual de acuerdo al *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* de la APHA, usando el método colorimétrico con tarjeta de colores mediante la técnica DPD (N-N dietil p-difeniladamina)- Chlorine Test - Merck. Se tomaron 500 ml de muestras de agua y en frascos estériles con tapa rosca que contenían 0.4 ml de tiosulfato de sodio al 3%.
 - Para obtener resultados más precisos, las muestras deben contener hielo durante el transporte al laboratorio, si no pueden ser procesados dentro de 1 hora después de la recogida.
 - El agua potable para fines de cumplimiento: Preferiblemente mantener las muestras a $<10^{\circ}\text{C}$ durante el transporte al laboratorio. Analizar las muestras en el día de recibo siempre que sea posible y refrigerar durante la noche si la llegada es demasiado tarde para su procesamiento en el mismo día. No exceda de 30 h Tiempo de mantenimiento de la colección para el análisis de bacterias Coliformes.
 - Refrigere las muestras tras la recepción en el laboratorio y proceso dentro de 2 h. Cuando las condiciones de transporte requieren retrasos en la entrega de muestras de más de 6 h, considere el uso de cualquiera de las instalaciones de laboratorio de campo situadas en el lugar de recolección o procedimientos de incubación retardada.
- Procedimiento

9221 B. Norma Técnica Coliformes totales Fermentación

Fase presuntiva

“Use caldo lauril triptosa en la parte de la prueba presuntiva de tubos múltiples. Si el medio ha sido refrigerado después de la esterilización, se incuba durante la noche a temperatura ambiente (20°C) antes de su uso. Desechar los tubos que muestran el crecimiento y / o burbujas”.

a. Medio de cultivo: Si es posible, use los medios comercialmente disponibles.

Caldo Lauril triptosa:

“Triptosa.....	20,0 g
Lactosa.....	5,0 g
Hidrógeno fosfato dipotásico, K ₂ HPO ₄	2,75 g
Dihidrógeno fosfato de potasio, KH ₂ PO ₄	2,75 g
El cloruro de sodio, NaCl	5,0 g
Lauril Sulfato de Sodio.....	0,1 g
Agua grado reactivo.....	1 L”

Añadir “los ingredientes deshidratados al agua, mezclar bien, y el calor se disuelva. Antes de la esterilización, dispensar en tubos de fermentación con un vial invertido (tubo Durham) medio suficiente para cubrir el vial invertido al menos una mitad a dos tercios después de la esterilización”.

Preparar caldo de triptosa lauril de tal concentración que la adición de 100 ml, 20 ml, o de 10 ml porciones de la muestra para el medio no reducirá concentraciones de los ingredientes por debajo de los del medio estándar. Autoclavar a 121 ° C durante 12 a 15 minutos. Asegurarse de que los viales invertidos, estén libres de burbujas de aire. Medio pH debe ser 6,8 0,2 después de la esterilización.

b. Procedimiento:

1) Se prepararán “tubos de fermentación en filas de cinco o diez tubos cada uno en un soporte de tubos de ensayo. El número de filas y los volúmenes de muestra seleccionados depende de la calidad y el carácter del agua para ser examinados. Para

el agua potable, utilizar cinco porciones de 20 ml, diez porciones de 10 ml, o una sola botella de porción de 100 ml; utilice cinco tubos por dilución (de 10, 1, 0,1 ml, etc.).

Agitar la muestra y diluciones vigorosamente alrededor de 25 veces. Inocular cada tubo en un conjunto de cinco con volúmenes de muestras replicadas en el aumento de diluciones decimales, si se utilizan cantidades decimales de la muestra. Mezclar porciones de ensayo en el medio mediante agitación suave.

2) Incubar los tubos inoculados o botellas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Después de 24 ± 2 h remolinar cada tubo o frasco con suavidad y examinarlo para el crecimiento, el gas y/o reacción ácida (tonos de color amarillo) y, si no hay gas o reacción ácida es evidente, reincubar y volver a examinar al final de 48 ± 3 h. Presencia o ausencia de crecimiento, gas, y/o la producción de ácido. Si se omite el vial interior, el crecimiento con una acidez (color amarillo) significa una reacción positiva presuntiva.

b. Interpretación: La producción de una reacción y/o gas ácido en los tubos o botellas dentro de los 48 ± 3 h constituye una reacción presunta positiva. Presentar tubos o botellas con una reacción positiva a la presunción de la fase confirmativa.

La ausencia de reacción ácida y/o la formación de gas al final de 48 ± 3 h de incubación constituyen una prueba negativa. Presentar muestras de agua potable que demuestran el crecimiento sin un gas de reacción positiva o ácido a la fase confirmado. Un arbitrario límite de 48 horas para la observación excluye, sin duda, los miembros ocasionales del grupo de Coliformes que crecen muy lentamente”.

Fase Confirmativa

a. Medio de cultivo: brillante uso de bilis lactosa tubos de caldo de fermentación verde para la fase confirmado. Si es posible, utilice un medio disponible en el mercado.

Caldo lactosa bilis verde brillante:

“Peptona.....	10,0 g
Lactosa.....	10,0 g

Oxgall.....	20,0 g
Verde brillante.....	0,0133 g
Agua grado reactivo.....	1 L”

• Añadir los ingredientes deshidratados al agua, mezclar bien, y el calor se disuelva. Antes de la esterilización, dispensar en tubos de fermentación con un medio vial-suficiente invertida para cubrir el vial invertido al menos una mitad a dos tercios después de la esterilización. Cerrar los tubos de 121°C durante 12 a 15 minutos. Asegurarse de que los viales invertidos están libres de burbujas de aire. El pH del medio debe ser $7.2 \pm 0,2$ después de la esterilización.

b. Procedimiento: Presentar todos los tubos presuntivos o botellas que muestran el crecimiento, cualquier cantidad de gas, o una reacción ácido dentro de 24 ± 2 h de incubación a la fase confirmativa. Si los tubos o botellas presuntivos adicionales muestran fermentación activa o reacción ácida al final de un 48 ± 3 h período de incubación, someterlas a la fase confirmada. Inoculación simultánea en caldo de bilis lactosa verde brillante para Coliformes totales y Coliformes caldo CE (fecales) termotolerantes.

Agitar suavemente o rotar los tubos presuntivos o botellas de gas que muestran el crecimiento o ácida para volver a suspender los organismos. Con un asa estéril de 3,0 a 3,5 mm de diámetro, transferir una o más asas llenas de cultivo a un tubo de fermentación que contiene caldo de bilis lactosa verde-brillante.

Incubar los tubos de caldo bilis lactosa verde brillante inoculados a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. La formación de gas en cualquier cantidad en el vial invertido del tubo caldo de fermentación” bilis lactosa verde-brillante en cualquier momento dentro de 48 ± 3 h constituye una fase confirmado positivo.

Para estimar la densidad de Coliformes, calcular el valor de la MPN desde el número de tubos positivos de caldo bilis lactosa verde brillante.

3.7.2.8. Procedimiento de Coliformes fecales E. (termotolerantes)

Coliformes termotolerantes (aquellos que fermentan la lactosa para producir gas a 44,5°C) fueron llamados tradicionalmente Coliformes fecales, pero también se han documentado en las aguas o en climas tropicales orgánica rica en ausencia de contaminación fecal reciente. Por lo tanto, se recomienda realizar pruebas para E. coli, un indicador específico de contaminación fecal.

1. Prueba de Coliformes termotolerantes (medio EC)

La prueba de Coliformes termotolerantes utilizando medio de CE es aplicable a las investigaciones de agua potable, contaminación de los ríos, fuentes de agua bruta, sistemas de tratamiento de aguas residuales, aguas de baño, aguas de mar, y el seguimiento general la calidad del agua. No utilice medio de la CE para el aislamiento directo de Coliformes termotolerantes de agua. Se requiere el enriquecimiento previo en un medio de presunción para la recuperación óptima de Coliformes termotolerantes.

a. Medio EC: Es preferible utilizar un deshidratado, comercialmente los medios disponibles.

Triptosa o tripticasa.....	20,0 g
Lactosa.....	5,0 g
Mezcla de sales biliares o sales biliares N° 3.....	1,5 g
Hidrógeno fosfato dipotásico, K ₂ HPO ₄	4,0 g
Dihidrógeno fosfato de potasio, KH ₂ PO ₄	1,5 g
El cloruro de sodio, NaCl.....	5,0 g
Agua grado reactivo.....	1 L

Añadir los ingredientes deshidratados al agua, mezclar bien, y el calor se disuelva. Antes de la esterilización, dispensar medio suficiente, en tubos de fermentación con un vial invertido, para cubrir el vial invertido al menos una mitad a dos tercios después de la esterilización.

Cerrar los tubos con tapones de plástico resistentes al calor de metal. Autoclavar el medio a 121°C durante 12 a 15 minutos. Asegurarse de que los viales invertidos están libres de burbujas de aire. El pH del medio debe ser $6.9 \pm 0,2$ después de la esterilización.

b. Procedimiento:

1) Agitar suavemente o rotar los tubos de fermentación o botellas que muestran el gas, el crecimiento o la acidez. Utilizando un asa estéril de 3 ó 3,5 mm de diámetro, el crecimiento de la transferencia de cada tubo de fermentación presunta o confirmada o botella de caldo CE.

2) Colocar todos los tubos de la CE en un baño de agua a los 30 minutos después de la inoculación. Incubar los tubos inoculados caldo CE en un baño de agua a $44,5 \pm 0,2$ °C por 24 ± 2 h. Mantener una profundidad suficiente agua en la incubadora baño de agua para sumergir los tubos al nivel superior del medio.

3) Interpretación: Gas producción y el crecimiento en un caldo de cultivo CE en un plazo de 24 ± 2 h o menos se considera una reacción de Coliformes termotolerantes positivo. El fracaso para producir gas (con poco o ningún crecimiento) constituye una reacción negativa. Si se utilizan varios tubos, calcular el NMP de Coliformes termotolerantes del número de tubos positivos de caldo de la CE.

A continuación se muestra el diagrama de flujo para determinación de Coliformes: (figura 25).

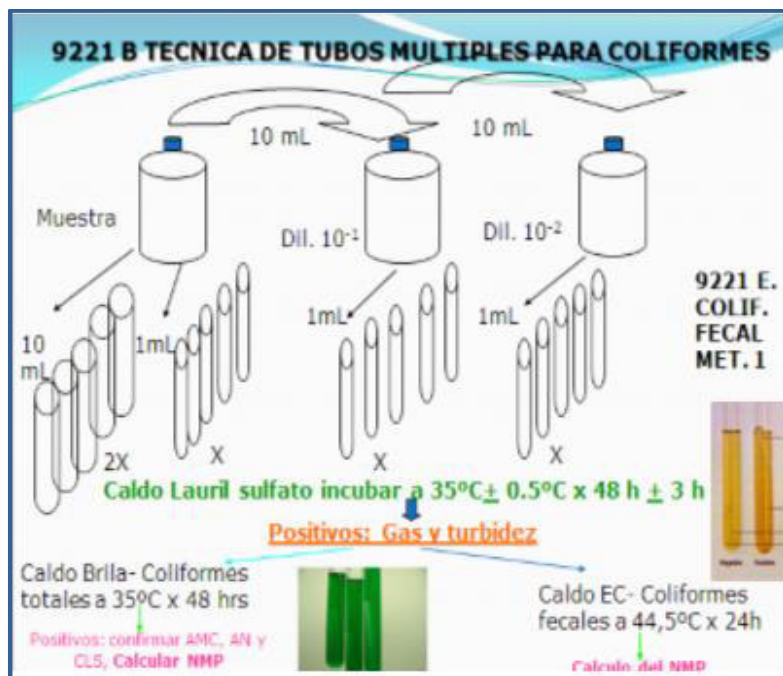


Figura 7. Diagrama de flujo, determinación de coliformes

Fuente: Standard Methods.

Y Finalmente se realizan los cálculos para la interpretación respectivos (ver tabla 8 y Anexo K)

Tabla 18

Cálculos y expresión de resultados en NMP/100ML

MULTIPLE-TUBE FERMENTATION TECHNIQUE (9221) Estimation of Bacterial Density

TABLE 9221.V. EXAMPLES FOR CHOICE OF THREE COMBINATIONS OF POSITIVES FROM FIVE DILUTIONS

Example	Volume mL					Combination of Positives	MPN Index No./100 mL
	10	1	0.1	0.01	0.001		
A	5	5	1	0	0	x-5-1-0-x	330
B	4	5	1	0	0	4-5-1-x-x	48
C	5	2	5	2	1	x-x-5-2-1	7000
D	4	5	4	5	1	x-x-4-5-1	4800
E	5	4	4	0	1	x-4-4-1-x	400
F	4	3	0	1	1	4-3-2-x-x	39
G	4	3	3	2	1	x-x-3-2-1	1700

Fuente: Standard Methods

NOTA: Todos los anteriores análisis se siguen bajo la norma Digesa y los métodos de APHA, AWW, WEF. 2012. *Standard methods for examination of water & wastewater*, 22nd Edition

3.7.2.9. *Ensayo Cultivo de Lemna minor*

Ensayo de agua del muestreo con *Lemna minor*: Población de *Lemna minor* 200g. Por ensayo se toman 2 g de *Lemna minor* y se depositan en 100mL de cada muestra de agua, para un total de 36g, de *Lemna minor* y 3600 mL de agua ya que son 12 ensayos por triplicado.

Cultivo de *Lemna minor*: Se obtienen plántulas equivalente a 1Kg de un acuario del Distrito de San Miguel, transportándose en recipiente atemperado semejante a su medio del acuario $18 \pm 1^{\circ}\text{C}$ y en su misma agua. Posteriormente se toma población con biomasa de peso húmedo equivalentes a 200 gramos. Se colocan en un tamiz, y se deja correr por largo rato agua destilada, realizando recambios sucesivos para eliminar cualquier impureza u organismo y plántulas muertas o en mal estado (ver figura 26). Se homogeniza la muestra y se mantienen posteriormente creciendo con nutrientes, acorde a métodos estandarizados en un recipiente igual a 3 litros por 1 semana hasta su pesaje (ésta será nuestra población inicial).

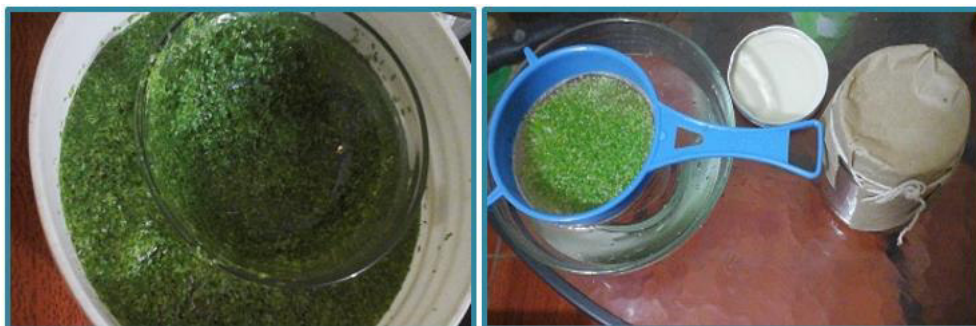


Figura 8. Selección y tratamiento a *Lemna minor*

Fuente: Elaboración propia

El día de inicio del ensayo, para los dos muestreos, para el pesado previamente sacan las plantas del agua, depositándolas en un colador, añadiéndosele allí agua limpia sucesivamente para eliminar rastros de nutrientes u otras sustancias presentes en el agua, que pudieran interferir con nuestros resultados, se dejan escurrir en el colador, luego se pasan por papel absorbente, eliminando la humedad que pueda interferir con el peso.

Sucesivamente se realiza el pesado en una balanza analítica de 4 cifras significativas de decimales, para mayor precisión, la cual previamente se calibra, y se utiliza la tara para el pesaje, depositándose en pequeños viales un peso en cada ocasión igual a 2 g de plántulas (ver figura 27).



Figura 9. La investigadora durante pesaje en balanza analítica y sembrado de *Lemna minor*

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente se adicionan 2g de *Lemna minor* a cada uno los recipientes de volumen de 250 mL, añadiéndosele 100mL de agua proveniente de cada punto de muestreo, en las fechas del muestreo así: Los ensayos se realizan por triplicado: 6 muestras en el primer muestreo y 6 en el segundo así: 5 muestras de agua de grifo tomando aleatoriamente 3 muestras del sector 1 y 2 del o sector 2 y 1 de agua embotellada marca San Luis® en cada ocasión. Todos los ensayos de crecimiento de *Lemna minor* se realizan por triplicado. Se dejan creciendo por lapso de 10 días, en el laboratorio de Ingeniería Geográfica, observándose rango de temperatura e intensidad luminosa, a condiciones ambientales, representando las condiciones

de temperatura y luminosidad natural de cultivos que usarían los pobladores si decidieran cultivarlas como indicadora de calidad de agua potable. Los recipientes de ensayo se cubrirán cubiertos para minimizar la evaporación y la contaminación accidental. Los recipientes de ensayo y, en particular, las tapas serán tales que eviten la formación de sombras o la modificación de las características del espectro de luz manteniéndose protegidos del medio ambiente, con tapas transparentes que permitan el intercambio de gases, pero no la entrada de polvo, sobre todo en el agua embotellada, para mantener la composición inicial del agua y que no hubiese alteración e interferencia en los durante el ensayo que afectara los resultados. Además aunque no se realiza recambio de agua, si se añade pequeña cantidad que represente pérdida por evaporación.(ver figura28). Al momento de concluir el ensayo, nuevamente se extraen la plántulas de los recipientes, se deja escurrir en colador, luego se pasan por papel absorbente y se procede a pesado en balanza analítica determinándose el peso húmedo, sacando un promedio entre los tres valores de los triplicados de los ensayos de la planta acuática tanto de agua de grifo, como embotellada obteniendo al final un solo resultado por cada punto de muestreo.



Figura 10. Cultivo de Lemna minor en el laboratorio de Ing. Geográfica de la UNMSM
Fuente: Elaboración propia

EL proceso de pesado de las plántulas se observa en la figura a continuación. (Ver figura29)



Figura 11. Pesaje con balanza de 4 cifras significativas al final del ensayo
Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se pone un porcentaje de las muestras a secar en estufa a 60°C para determinar peso seco en la balanza nuevamente.

A continuación se especifica (ver figura 30) el diagrama de flujo de protocolo utilizado por la autora.

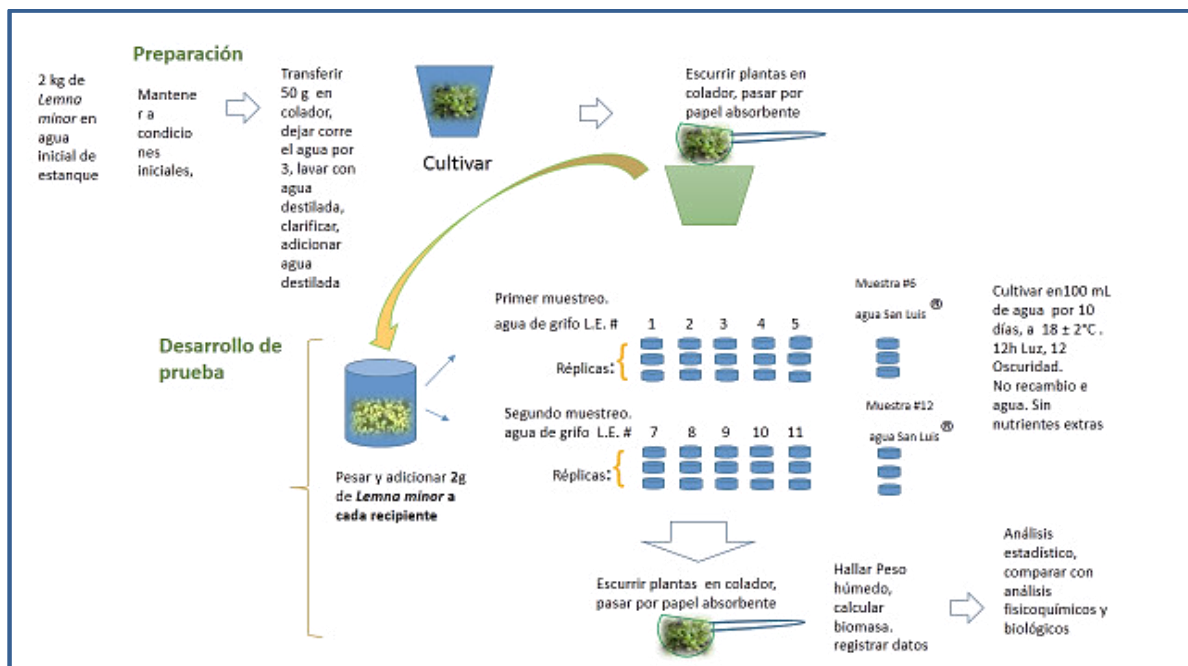


Figura 12. Procedimiento de montaje ensayo de crecimiento de *Lemna minor* en agua proveniente de grifo del área de estudio y de mesa marca San Luis®

Fuente: Elaboración propia

La tabla 19 a continuación arroja las características del ensayo, bajo las normas estandarizadas de parámetros a tener en cuenta para crecimiento de planta de agua dulce. Se replican condiciones de peso, volumen, tiempo de ensayo y fotoperiodo citado de tesis publicada por la revista *Biologist* (2009), y las “Pruebas Biológicas Para La Evaluación Ecotoxicológica De Sustancias Químicas referenciadas por Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Nacional de Ecología”. UAMI (2005).

Tabla 19 Resumen de condiciones y requerimientos del ensayo para determinación del crecimiento de *Lemna minor* en agua de grifo y embotellada marca San Luis®

Condición	Requerimiento
Tipo de prueba	Estática, sin recambio de la muestra de agua
Duración	10 días, (prueba definitiva)
Número de muestreos de <i>Lemna minor</i> con el agua problema	2 (en dos fechas)
Número total de muestras agua Sector 1	6 : (3 y 3)
Número total de muestras agua Sector 2	4 : (2 y 2)
Número de muestras Agua control San Luis	2 : (1 y 1)
Calidad de la luz	Natural
Intensidad luminosa	600-1000 (ambiental del laboratorio)
Fotoperiodo	12:12 (luz : oscuridad)
Temperatura	18± 2 °C
Aireación	No
Suministro de alimento	No
Volumen de recipiente de ensayo	250 mL
Volumen de prueba	100 mL
Edad de los cultivos usados como inóculos	4 a 7 días
Réplicas por punto de muestreo de agua	3
Densidad de Población inicial por réplica	2 gramos
Respuesta evaluada	Crecimiento de la densidad de población, clorosis
Criterio de aceptación de resultados	Aumento poblacional diferencial entre los dos tipos de agua > 2 veces
Sensibilidad de la balanza analítica	4 decimales.

Fuente: Elaboración propia basada en Standard Methods

3.7.3. Análisis estadístico

Las encuestas se tabulan siguiendo estadística descriptiva, realizando la sumatoria de respuestas por cada ítem, se tienen en cuenta las variables discriminantes (de la primera pregunta) como son grupo etario y embarazadas,(pregunta 1); tipo de agua usada (Pregunta 6)

Los datos obtenidos de análisis de laboratorio y de ensayos se tabulan y seguidamente se aplica el programa de estadística computacional Graph Pad Prism6, especialmente utilizado para el área de las Ciencias. Para los parámetros fisicoquímicos (de acuerdo al número de muestras) y crecimiento de *Lemna minor* se aplicó pruebas no paramétricas, estadísticos Descriptivos así: media, mediana, moda, desviación Estándar, intervalo de confianza, error estándar. Para el análisis experimental de crecimiento de *Lemna minor* además se aplicó prueba de normalidad y pruebas de comparación de medias entre resultados de agua de grifo de sector 1 y sector 2 y control embotellada, para de allí establecer análisis de resultados e identificar calidad de agua, y relación con promedio de en este tipo de agua. Basados en test aplicados (D'Agostino & Pearson, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov) los datos no son normales y para su análisis se tiene que aplicar una prueba no paramétrica de una vía, para analizar la varianza de los datos usando el test de Kruskal-Wallis. Aplicada la prueba, junto con el test de comparaciones múltiples de Dunn

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1 Análisis, Interpretación y Discusión de los Resultados

Los resultados entregados por los laboratorios respectivos de la UNMSM se incluyen en los anexos. A continuación se muestra el resumen de los resultados, como además su interpretación estadística

En los siguientes resultados de encuesta aplicada en el área de estudio (se aplica hoja estadística para tabular) puede percibir el grado de insatisfacción y rechazo en la mayor parte de los encuestados con relación a características organolépticas, inconvenientes en su uso y efectos en enseres, como además el mayor grado de aceptación de posible de ensayo planta acuática como indicador temprano de calidad de agua en sus viviendas. También se evidencia el alto nivel de personas en edades vulnerables a enfermedades transmitidas por el agua

4.1.1. Resultados de la encuesta “percepción de calidad de agua de su vivienda” aplicada a 165 viviendas

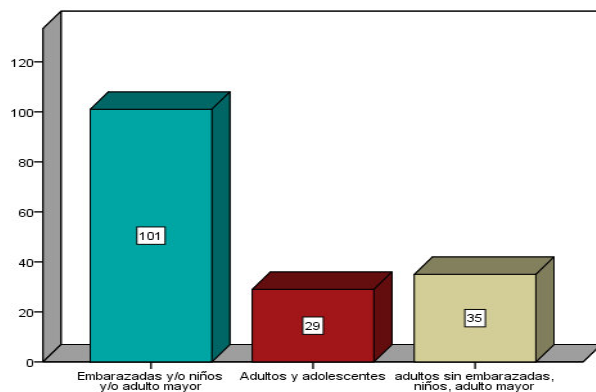


Figura 13. Gráfico n°01. Viviendas incluyendo:

En 101 viviendas encuestadas se hallan personas embarazadas y/o niños y/o adulto mayor, en 29 viviendas hay adultos y adolescentes y en 35 viviendas hay personas adultos sin embarazadas, y/o niños, y/o adulto mayor

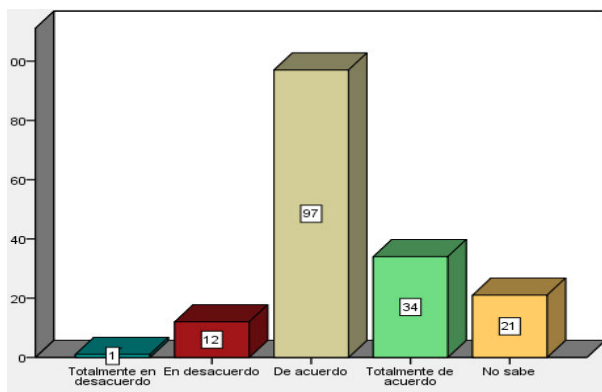


Figura 14. Gráfico N°02. Detección de una o más características en el agua: deja sarro en teteras, turbidez, partículas blanquecinas al hervirse, poca espuma con detergentes

De un total de 165 personas encuestadas, 131 personas manifiestan detectar una o más características del agua, 13 personas no detectan una o más características del agua; mientras 21 personas no saben no opinan.

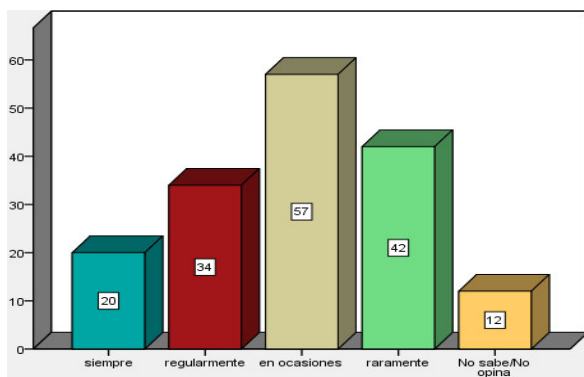


Figura 15. Gráfico n°03. Característica del de grifo: sabor salobre, y/o deja resequead u otro cambio en la piel al bañarse, y/u olor desagradable, y/u olor a cloro, y/o ardor en los ojos

54 personas encuestadas manifiestan detectar siempre y regularmente alguna de las características mencionadas del agua de grifo, 99 personas dicen en ocasiones y raramente; mientras 12 personas no detectan nada.

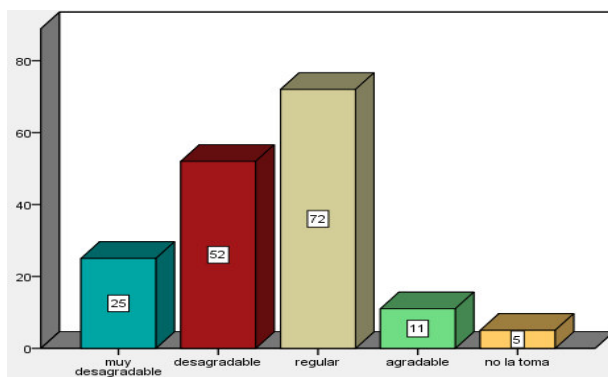


Figura 16. Gráfico N°04. Sabor del agua de su grifo es

La mayor parte de los encuestados, (77 personas) manifiestan que el sabor del grifo es muy desagradable y desagradable, 72 personas dicen que es regular, 11 personas que es agradable y 5 personas no toman agua del grifo.

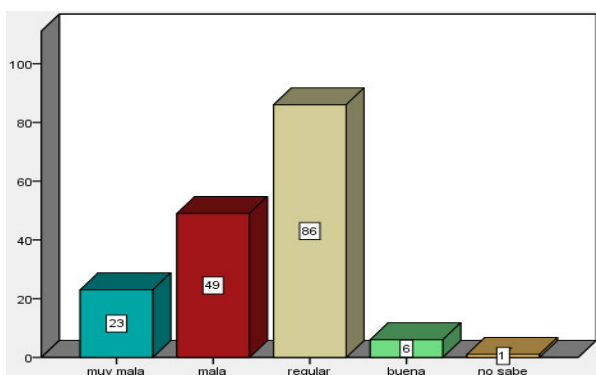


Figura 17. Gráfico N°05. Consideración de la calidad de agua del grifo

En la mayoría de encuestados, (72 personas) consideran muy mala y mala la calidad del agua del grifo, 86 personas la consideran regular, 6 personas la consideran buena y una persona no sabe.

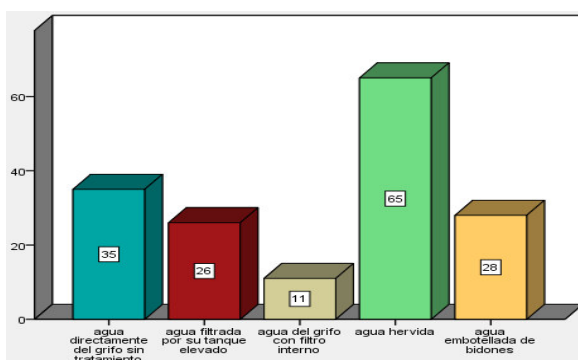


Figura 18. Gráfico N°06. ¿Tipo de agua usada para tomar en la vivienda?

En términos de tipo de agua usada, 65 personas encuestadas toman agua hervida, 35 personas toman agua directamente del grifo sin tratamiento, 28 personas toman agua embotellada de bidones, 26 personas toman agua filtrada por su tanque elevado y 11 personas toman agua del grifo con filtro interno.

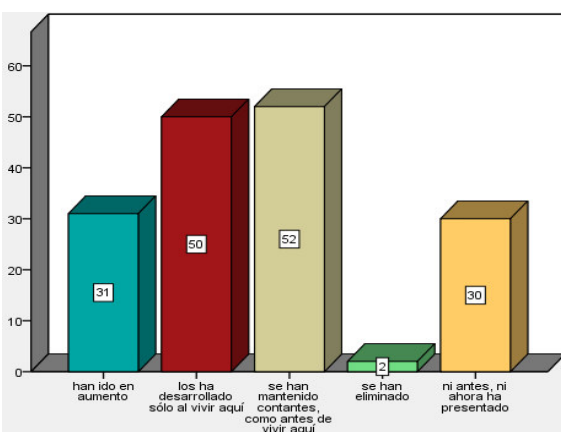


Figura 19. Gráfico N°07. Desde que vive en La Estancia de Lurín en cuanto a problemas estomacales y/o intestinales podría decir que...

De los encuestados, 52 personas manifiestan que se han mantenido sus problemas estomacales y/o intestinales, 50 personas lo han desarrollado desde que viven ahí, 31 personas manifiestan que se han incrementado, 30 personas no han presentado ningún problema estomacal y/o

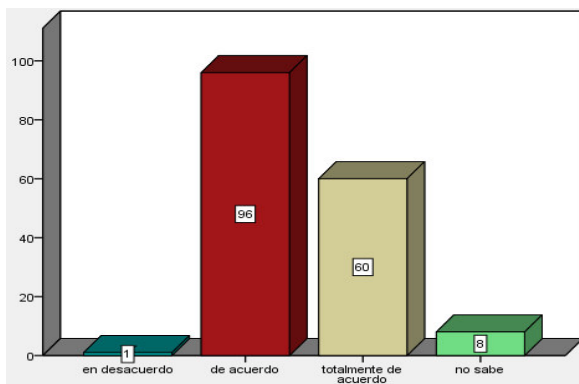


Figura 20. Gráfico N°08. Necesidad de mejorar la calidad del agua de grifo que se le suministra a los hogares en su urbanización?

Del total de encuestados, la gran mayoría (156 personas) manifiestan estar de acuerdo y totalmente de acuerdo con mejorar la calidad del agua, 8 personas no sabe no opina y solo una persona está en desacuerdo parcialmente en mejorar la calidad del agua.

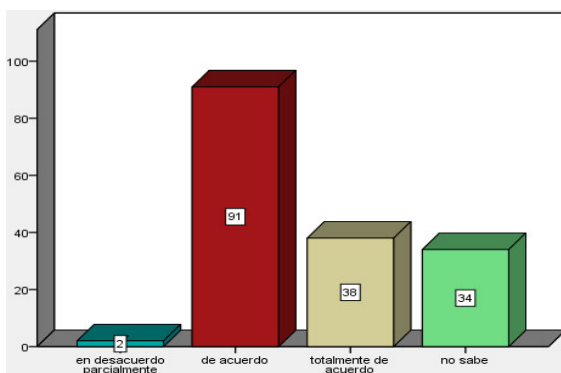


Figura 21. Gráfico N°09. Aceptación de análisis de crecimiento de Planta acuática en vivienda como indicadora de calidad de agua

En cuanto a aceptación de análisis de crecimiento de planta acuática en vivienda como indicadora de calidad de agua potable, la mayoría (129 personas), manifiestan estar de acuerdo y totalmente de acuerdo con un análisis de crecimiento de una planta acuática en su vivienda, 34 personas no sabe no opina y dos personas en desacuerdo parcialmente con un análisis de crecimiento de una planta acuática en su vivienda

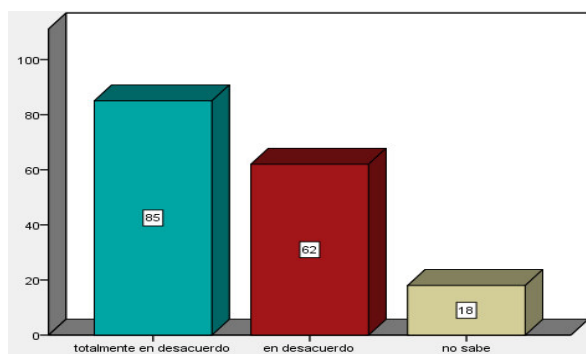


Figura 22. Gráfico N°10. En cuanto a calidad del agua de consumo de Lurín con relación a otros distritos la considera mejor

Finalmente en cuanto a calidad del agua de consumo de Lurín en relación a otros distritos, 85 personas encuestadas consideran que la calidad del agua es mucho peor que en otros distritos, 64 personas **No** consideran la calidad del agua mejor que en otros distritos y 18 personas no saben no opinan.

4.1.2. Resultado y estadística análisis fisicoquímico

Como se describió en la metodología, las muestras fueron analizadas en los respectivos laboratorios de la UNMSM. En todas las muestras se determinaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y de crecimiento de la planta *Lemna minor* como indicador de contaminación. Los resultados obtenidos en las pruebas y su análisis estadístico de se encuentran detallados a continuación. En la tabla No. 20, podemos apreciar resultados de análisis fisicoquímico. En cuanto a la presencia de metales, nos centramos en la detección de arsénico y cadmio, los cuales tienen importantes repercusiones en la salud humana y, según los límites dados por DIGESA (Norma peruana) y la Organización Mundial de la Salud, sus valores debe estar por debajo de 0.010 mg/L. El equipo empleado reveló que en ninguna de las muestras se detectó estos metales. En cuanto a la Dureza, DIGESA dicta que el valor máximo permitido es de 500 mg CaCO₃/L y en ninguna de nuestras muestras este valor fue sobrepasado, sin embargo, es importante resaltar que en cuanto a la Norma Colombiana (máximo 160 mg CaCO₃/L) estos si fueron rebasados casi triplicando su valor en ambos sectores muestreados. Otro parámetro analizado es la conductividad, cuyo valor en las muestras tomadas en el sector 2 fue superado en comparación con los valores dados por la DIGESA y en ambos sectores supero en un 70% a los LMP por la Norma Colombiana. En cuanto a la turbidez, todas las muestras tuvieron valores dentro de las normas que tomamos como estándares de calidad de agua potable apta para el consumo

Tabla 20

Resultados de análisis fisicoquímico de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.

Origen de la muestra		Sector 1					
Parámetro Fisicoquímico	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cloro libre residual	Dureza total (ppm)	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
Resultados	N.D.	N.D.	0,5	383	1038	0,26	7,95
			0,5	351	1013,5	0,33	7,7
			0,5	349	1071	0,38	7,72
			1,5	326	928	0,28	7,92
			0,75	322	878	0,33	7,9
			1,5	369	987	0,67	7,79
Promedio	-	-	0,875	350	985,9	0,375	7,83
Desviación estándar	-	-	0,4937	23,71	71,71	0,1506	0,1077
Error estándar de la media	-	-	0,2016	9,682	29,28	0,06147	0,04397
Mediana	-	-	0,625	350	1000	0,33	7,845
Intervalos de confianza (95%)	-	-	0,3569 - 1,393	325,1 - 374,9	910,7 - 1061	0,217 - 0,533	7,717 - 7,943
Origen de la muestra		Sector 2					
Parámetro Fisicoquímico	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cloro libre residual	Dureza total (ppm)	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
Resultados	N.D.	N.D.	0,3	420	1566,5	0,77	7,18
			0,5	424	1566	0,31	7,45
			0,35	420	1524	0,14	7,7
			0,3	417	1500	0,32	7,46
			Promedio	-	-	0,3625	420,3
Desviación estándar	-	-	0,09465	2,872	32,82	0,2696	0,2125
Error estándar de la media	-	-	0,04732	1,436	16,41	0,1348	0,1063
Mediana	-	-	0,325	420	1545	0,315	7,455
Intervalos de confianza (95%)	-	-	0,2119 - 0,5131	415,7 - 424,8	1487 - 1591	-0,04404 - 0,814	7,109 - 7,786
Origen de la muestra		Agua embotellada					
Parámetro Fisicoquímico	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cloro libre residual	Dureza total (ppm)	Conductividad (µS/cm)	Turbidez (NTU)	pH
Resultados	N.D.	N.D.	0	13	66,25	0,23	7,16
			0	20	58,3	0,13	7,24
Promedio	-	-	0	16,5	62,28	0,18	7,2
Desviación estándar	-	-	0	4,95	5,622	0,07071	0,05657
Error estándar de la media	-	-	0	3,5	3,975	0,05	0,04
Mediana	-	-	0	16,5	62,28	0,18	7,2
Intervalos de confianza (95%)	-	-	0 - 0	-27,97 - 60,97	11,77 - 112,8	-0,4553 - 0,8153	6,692 - 7,708

ND= No Detectado por el equipo.

Fuente. Elaboración propia

Se obtiene el contraste de resultados entre los tres tipos de agua obtenidas (Sector 1, sector 2 y agua embotellada), como se observa en la figura 42

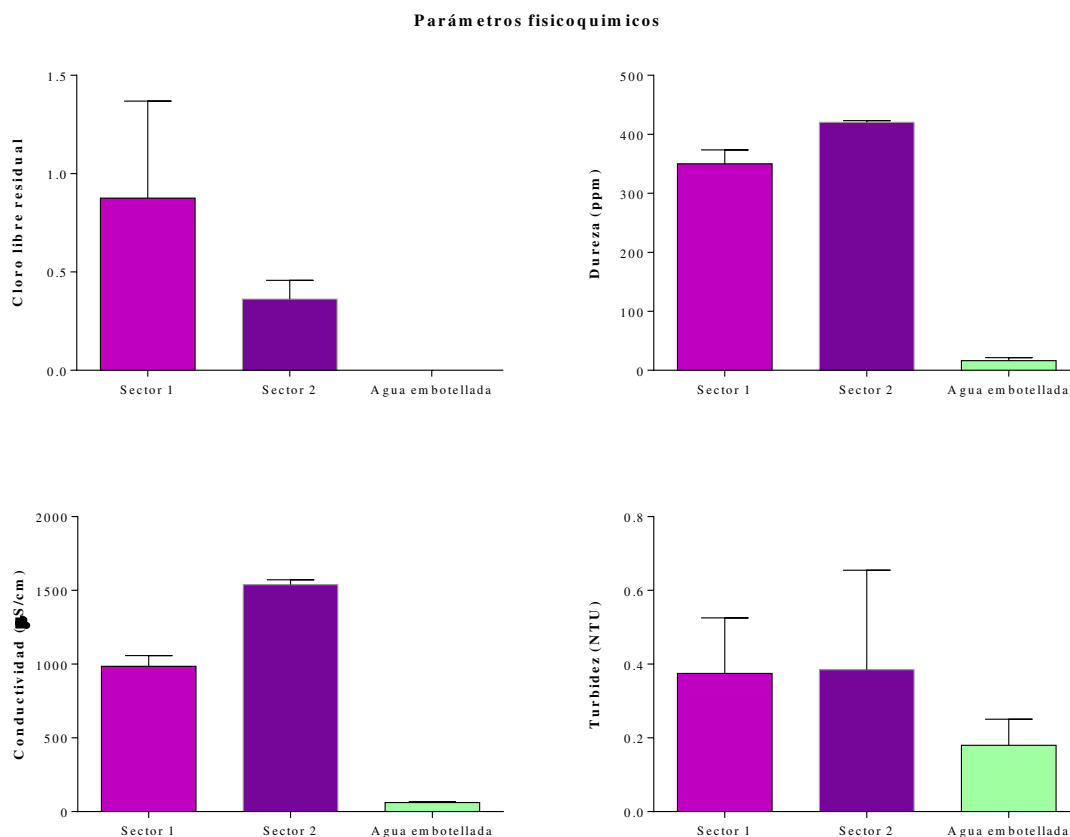


Figura 23. Parámetros fisicoquímicos de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia. Los resultados representan el promedio \pm Error Estándar (n = 2-6)

Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que todos los parámetros fisicoquímicos medidos fueron extremadamente superiores a los del agua embotellada tomada como referencia ya que es utilizada para el consumo y no causa ningún daño a la salud (Figura 42).

4.1.3. Resultado de análisis microbiológico

En lo que se refiere a los parámetros microbiológicos, en la tabla 21, se resumen los datos obtenidos en el análisis. Como se puede apreciar, solo en el muestreo 2 realizado en el sector 1, los valores permitidos según las normas DIGESA y Colombiana (<1.8), fueron superados en dos muestras, es decir se detectó la presencia de coliformes totales en dos de las tres muestras tomadas en ese sector a pesar de que el Cloro libre residual estuvo dentro de los límites permisibles en una de ellas (Tabla 20). Por lo cual se considera que con relación al total de las muestras obtenidas en la población de estudio el 25% no cumple con los LMP

Tabla 21

Resultados de análisis microbiológico de las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.

Parámetros biológicos	Sector 1				Sector 2				Agua embotellada		
	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo1		Muestreo2		Muestreo 1	Muestreo 2	
Coliformes totales	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	7.8	4.5	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8
Coliformes termotolerantes	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8

Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Resumen interpretación de resultados análisis fisicoquímico y microbiológico

A continuación se presenta la tabla 22 en la cual se interpretan los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos según los LMP

Tabla 22
Resumen de interpretación de resultados.

Acorde a		DIGESA			Norma internacional Colombia			
Parámetros Físicoquímicos	LMP Prom.	% sobre LMP aceptado	% en muestras	Decisión	LMP Prom.	% sobre LMP aceptado	% en muestras	Decisión
Arsénico	0.010	0%	ND	No superan los LMP en agua potable	0.01	0%	ND	No superan los LMP en agua potable
Cadmio	0.003	0%	ND	No superan los LMP en agua potable	0,003	0%	ND	No superan los LMP en agua potable
Dureza	500	10%	0 %	No superan los LMP en agua potable	160	10%	100%	Superan los LMP en agua potable
Conductividad	1500	10%	30%	Superan los LMP en agua potable	1000	10%	70%	Superan los LMP en agua potable
Turbidez	5	10%	0%	No superan los LMP en agua potable	5	10%	0%	No superan los LMP en agua potable
Cloro Libre Res.	0.5 min. 1 máx	10%	50%	Superan los LMP en agua potable	0.3 min. 1 máx	10%	20%	Superan los LMP en agua potable
Parámetros Biológicos	LMP Prom.			Decisión	LMP Prom.			Decisión
Coliformes_total	1.8	10%	25%	Superan los LMP en agua potable	1.8	10%	25%	Superan los LMP en agua potable
Coliformes_termo	1.8	10%	0%	No superan los LMP en agua potable	1.8	10%	0	No superan los LMP en agua potable

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Resultado de análisis crecimiento *Lemna minor* en los tipos de agua

Como parámetro adicional, experimental se analizó el crecimiento de la planta *Lemna minor*, la cual crece en zonas donde hay alta contaminación. Como indicador de crecimiento se tomó el peso en gramos de plantas sembradas por triplicado en las muestras de agua tomadas en los sectores 1, 2 y agua embotellada. En la tabla 23, se muestra la estadística descriptiva de los datos, a los cuales se les aplicó una prueba de normalidad con el fin de saber si estos seguían una distribución normal (Gausiana) y luego aplicar la prueba estadística de correlación. De acuerdo a los test aplicados (D'Agostino & Pearson, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov) los datos no son normales y para su análisis no se puede aplicar un ANOVA (Análisis de varianza) no paramétrico de una vía, para analizar la variabilidad de

los datos usando el test de Kruskal-Wallis. Aplicada la prueba, junto con el test de comparaciones múltiples de Dunn, se muestra que el crecimiento de la planta con agua embotellada fue significativamente menor en comparación con el agua del sector 1 y 2, indicando la contaminación de estas fuentes de agua, especialmente el sector 2 (ver Tabla 23 y figura 42).

Tabla 23

Resultados de análisis crecimiento de Lemna minor en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.

Estadística descriptiva de los datos	Sector 1	Sector 2	Agua embotellada
Promedio de crecimiento (peso en g)	4,036	5,723	2,477
Desviación estándar	0,2067	0,1538	0,04967
Error estándar de la media	0,04871	0,04441	0,02028
Mediana	4,113	5,737	2,479
Intervalos de confianza (95%)	0,2067 – 0,04871	0,1538 – 0,04441	0,04967 – 0,02028

Fuente: Elaboración propia

El análisis de comparación de medias del crecimiento de *Lemna minor* en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia, arrojó los resultados que se visualizan en la tabla 24

Tabla 24

Análisis de comparación del crecimiento de Lemna minor en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia.

Test de Kruskal-Wallis	
Valor de P	<0.0001
El valor de P es exacto o aproximado?	Aproximado
Las medianas varían significativamente?	Si
Número de grupos	3

Fuente: Elaboración propia

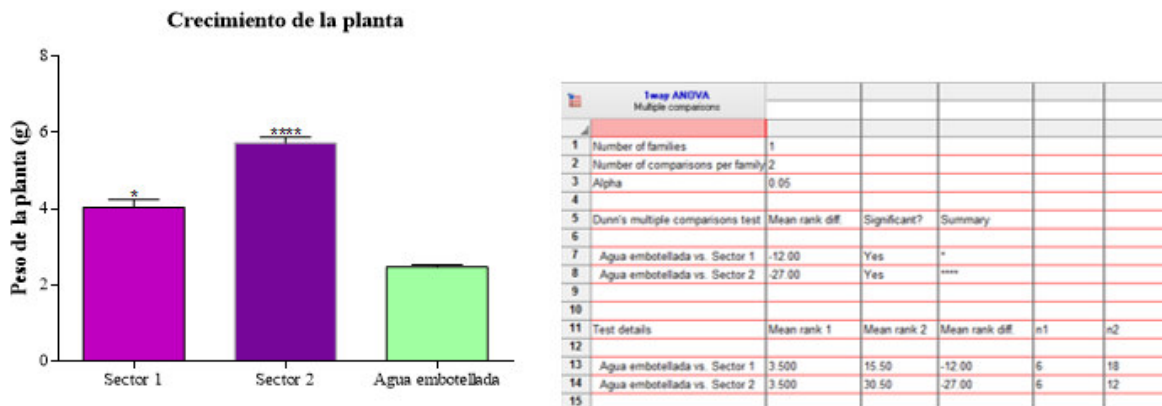


Figura 24. Comparación del crecimiento de la planta *Lemna minor* en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia. Los resultados representan el promedio \pm Error Estándar (n = 6-18). (****P<0.0001 y *P<0.05)

Fuente: Elaboración propia

Comparación del crecimiento de la planta *Lemna minor* en las muestras tomadas en los diferentes sectores y en el agua embotellada tomada como referencia. Los resultados representan el promedio \pm Error Estándar (n = 6-18). (****P<0.0001 y *P<0.05 estadísticamente significativo frente al agua embotellada).

Pruebas de Hipótesis

1. Prueba de normalidad:

- a. Planteamiento de la hipótesis:

H_0 : Los datos son normales

H_1 : Los datos no son normales (H_0 no es cierta)

- b. Nivel de confianza: $1-\alpha = 0,95$ (95%)

- c. Nivel de significancia y valor de P: $\alpha = 0,05$ (5%) ; $p < 0,05$ se rechaza la H_0

- d. Estadísticos: D'Agostino & Pearson, Shapiro-Wilk y Kolmogorov-Smirnov, para calcular el valor de P.

- e. **Solución:** en todos los test, el valor de P fue menor de 0,05, por tanto la H_0 se rechaza, es decir los datos no siguen una distribución normal.

2. Comparación de medias de una vía no paramétrico

- a. Planteamiento de la hipótesis:
 - H_0 : Las medianas de los datos son iguales, es decir, la mediana del sector 1 es igual a la del sector 2 y ambas son iguales a la del agua embotellada
 - H_1 : Las medianas no son iguales (H_0 no es cierta)
- b. Nivel de confianza: $1-\alpha = 0,95$ (95%)
- c. Nivel de significancia y valor de P: $\alpha = 0,05$ (5%) ; $p < 0,05$ se rechaza la H_0
- d. Estadísticos: Kruskal-Wallis, para calcular el valor de P.
- e. **Solución:** en test, el valor de P fue menor de 0,05, incluso es menor de 0,0001, por tanto la H_0 se rechaza, es decir las medianas son diferentes.

3. Test de comparaciones múltiples (Post-test borrar de una vía no paramétrico)

- a. Planteamiento de la hipótesis:
 - H_0 : Las medianas del sector 1 y 2 son iguales a la del agua embotellada
 - H_1 : Las medianas del sector 1 y 2 no son iguales a la del agua embotellada (H_0 no es cierta)
- b. Nivel de confianza: $1-\alpha = 0,95$ (95%)
- c. Nivel de significancia y valor de P: $\alpha = 0,05$ (5%) ; $p < 0,05$ se rechaza la H_0
- d. Estadísticos: Dunn's, para calcular el valor de P.
- e. Solución:
 - Sector 1 Vs. Agua embotellada: el valor de P fue menor de 0,05 por tanto la H_0 se rechaza, es decir las medianas son diferentes.
 - Sector 1 Vs. Agua embotellada: el valor de P fue menor de 0,05 incluso es menor de 0,0001, por tanto la H_0 se rechaza, es decir las medianas son diferentes.

Existe una correlación directa entre el grado de pureza, o potabilización del agua y el crecimiento de la planta acuática *Lemna minor*, lo que valida la hipótesis de que se pueda

utilizar como indicadora del grado de potabilización del agua, como podemos observar acorde a resultados al analizar crecimiento de *Lemna minor* en muestras de agua de mesa San Luis ®, (la cual arrojó bajos niveles de dureza y conductividad), se puede evidenciar menor crecimiento de la planta en ésta a diferencia de aproximadamente el doble crecimiento poblacional que ocurrió en las muestras del agua de grifo de la urbanización en estudio, la cual además presentó valores altos de conductividad, por fuera de la norma internacional y valores de dureza dentro de la norma de Digesa, pero por fuera de la norma Internacional. Recordando que las aguas de acuerdo a las categorías de Dureza, según la OMS se clasificarían como duras, aunque estén dentro de la norma de la OMS y Digesa.

También se evidenció clorosis, por lo cual se notó la deficiencia de nutrientes para la planta en el agua embotellada.

En charlas de la autora con miembros de la comunidad, Líderes Comunitarios de la Urbanización en estudio se obtuvieron las siguientes manifestaciones:

El suministro de agua no es constante, y en muchas ocasiones presenta oscilación en calidad, presentando en ocasiones arenisca, coloración, cambio de que el sabor. Argumentan que se han reunido en varias ocasiones con los Administradores del proyecto Inmobiliario, que administra los pozos ubicados al norte de la urbanización y que recientemente han efectuado marchas solicitando mejoramiento de calidad y abastecimiento, más sin embargo la mejora ha sido lenta a través de los años.

Se obtuvo información por parte de las tiendas o bodegas en relación a que existe compra de bidones semanales por parte una parte de los pobladores.

La Empresa DPI encargada de la venta actual e inicial de viviendas sólo ha entregado a la comunidad últimamente un reporte sobre determinación de parámetros microbiológicos, realizado por los laboratorios de La Marina de Guerra, dando en esa ocasión negativos.

Al recurrir a la Municipalidad en busca de información acerca de la calidad del agua de la urbanización, algunos funcionarios de la gerencia de Ambiente manifestaron que ellos no

tenían acceso a la Información, que en sus registros no reposaban estudios acerca del tema específico.

Se envió correo a DIGESA con el fin de solicitar información acerca del tema, pero no hubo respuesta, al igual además con otros entes relacionados al tema respectivo, siendo infructuosa la gestión.

4.2 Interpretación de Resultados

Se puede afirmar en cuanto a calidad del agua de la urbanización de La Estancia de Lurín que:

- Cumple con los LPM en cuanto a Arsénico, Cadmio, Turbidez, encontrándose como no detectados por los equipos de Absorción Atómica los dos primeros parámetros, y en niveles muy bajos de turbidez.
- Los parámetros de Dureza y Conductividad se hallan dentro de los LMP de la norma DIGESA, pero no así para la norma Internacional de Colombia. El agua se halla en el rango de aguas muy duras, acorde a la clasificación de la OMS, sin embargo se halla dentro de valores aceptados dentro de la norma peruana, y apta para consumo según OMS, a pesar de su dureza. Es de anotar que en Latinoamérica los países, en especial algunos centroamericanos están cambiando hacia exigencia de mayor rigurosidad de ciertos parámetros, algunos de dichos parámetros no hicieron parte de éste estudio, lo que da a entender que la OMS de la cual se guía principalmente DIGESA es más laxa en cuanto a nivel de exigencia.
- Los niveles de dureza y conductividad están generando inconvenientes en la comunidad e inconformidad, ya que esto redundo en el sabor salobre, por cuanto de 165 personas encuestadas a 77 no les gusta el sabor del agua y 57 la consideran regular, siendo entonces es indeseable para la mayoría habitantes, que tienen que afectar su economía, mostrando la encuesta que 28 de los 165 tenían que comprar

bidones de agua para tomar, y otros no compraban por falta de presupuesto. Y observamos que 81 personas aducen que podría estar generándoles trastornos gastrointestinales, desde que viven en La Estancia de Lurín. Como también 131 personas les afecta la presencia de sarro en recipientes, como además genera más gasto de jabón y agua al lavar la ropa, por la alteración en la espuma formada al lavar. Todo esto genera problemas sociales a largo plazo. Las personas no acuden a DIGESA, sólo a la inmobiliaria a cargo en este tiempo de la urbanización, la mayoría no conoce que análisis se le hacen al agua, lo que permite que cuando le presentan sólo resultados microbiológicos por parte de la Inmobiliaria no sepan cómo argumentar para exigir la mejoría del agua.

- En la Urbanización existe un gran porcentaje de niños y/o adulto mayor y/o embarazadas que podrían estar expuestas a sustancias parcialmente no peligrosas en el agua, pues recordemos que las aguas con alto contenido de dureza pueden generar Litiasis o cálculos renales, trastornos al hígado, entre otros.
- Si bien es cierto que el cloro residual inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos causantes de la mayoría de trastornos gastrointestinales, por lo cual se hace necesario para la desinfección de agua para consumo, además un exceso o disminución de éste en el agua podrían generar problemas de salud, tal y como lo referencian Muñoz y Mafla (2007) citando: “Un exceso de cloro puede provocar irritación de la piel, los ojos y el tracto digestivo, así como deshidratación del pelo y la piel”, “algunos subproductos de la desinfección son sustancias cancerígenas, de éstos el cloroformo es el producto de la reacción más importante. La exposición a concentraciones de cloroformo puede provocar daños en el hígado. Esto se puede demostrar mediante enzimas en la sangre que indican disfunciones renales y en el hígado.” Por lo cual en el estudio actual se evidencian tanto puntos de muestreo con exceso de cloro, y otros con deficiencia lo cual es preocupante, por lo que como vemos además el 25% de las muestras de agua de la Estancia de Lurín dio positiva para presencia de Coliformes Totales, lo que ratifica un deficiente procesamiento de cloro residual, siendo además que la norma DIGESA sólo permite un 10% de

muestras positivas. Y que en conjunto con la dureza podría estar generando los mencionados trastornos gastrointestinales.

- La mayoría de las 165 personas encuestadas (147) perciben al agua de la urbanización más deficiente que en otros Distritos, y algunas afirman en conversaciones con la autora, mientras que en el Distrito de Surco el agua es muy buena al punto que la toman directo del grifo cuando van allí, a diferencia de la del área de estudio, que no les gusta tomarla. Por todo ello la mayoría siente (156 personas de 165) que se les debe mejorar la calidad el agua que consumen, sabemos que el derecho al agua de óptima calidad es un derecho inalienable, no aplazable, que no se debe vulnerar y que éstas comunidades periféricas están más desprotegidas en cuanto a controles, fiscalizaciones y gestiones.
- El crecimiento de *Lemna minor* dio positivo en éste estudio como indicadora de calidad de agua, pues como vemos en los resultados después de los 10 días de ensayo, su crecimiento poblacional fue mucho mayor en agua de grifo, en comparación con el agua embotellada (que presentó condiciones óptimas de potabilización, con valores mínimos de conductividad y dureza), siendo su crecimiento poblacional escaso en ésta última; mientras que creció prácticamente el doble en el agua de grifo. También se determinó mayor clorosis en las *Lemna minor* que se hallaban en el agua embotellada, debido a la menor cantidad de nutrientes en el agua embotellada por ser más pura. Se pudo establecer claramente una correlación de calidad de agua del Sector 1, 2 y agua embotellada con el crecimiento de *Lemna minor*, lo cual permite una aceptación de indicadora de calidad de agua potable.
- Se sabe por referencias anteriormente descritas en éste mismo documento que *Lemna minor* es una planta acuática de fácil utilización en ensayos (de ecotoxicología y biorremediación) sobre todo y que además debíamos semejar las condiciones también a las cuales estuviese sometida en las viviendas, ya que se propone como alternativa para evidenciar calidad de agua, como mecanismo de alarma o alerte en viviendas.

Debía estar cultivada siguiendo los protocolos, de la norma, pero sin descuidar las condiciones reales a las que se pudiera someter en hogares.

Muchas personas no tienen como demostrar que algo puede estar ocurriendo con la calidad del agua, no tienen como prender las alarmas, para de allí tener un sustento para poder solicitar con argumentos válidos los análisis respectivos a DIGESA. Por ello es interesante saber que al cuestionar a la comunidad de la Estancia sobre su uso 129 personas de las 165 respondieron afirmativamente, y sólo 34 no sabían si usarla.

CONCLUSIONES

No se detectó contaminación por arsénico y cadmio en la zona, pese al riesgo de transporte de éstos contaminantes a través del manto freático, como producto de erosión del suelo y de actividades antropogénicas en la zona. Sin embargo es un parámetro que hay que vigilar por cuanto se ha detectado presencia de estos contaminantes en reservorios de más de un distrito de Lima y en niveles por encima de los LMP del río Lurín. Como además la turbidez se halla dentro del rango aceptable de los LMP para agua potable, así como los coliformes termotolerantes.

Acorde a la Directiva de DIGESA la conductividad se halla dentro de los límites máximos permisibles siendo su valor aceptado de $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$, pero con un 70% por encima de los niveles aceptados por la norma de Colombia que admite hasta $1000 \mu\text{S}/\text{cm}$.

El agua de la Estancia se halla en la categoría de “muy dura”, sin embargo está dentro del rango de aceptación la norma de DIGESA, y OMS que toleran 500 ppm pero el 100% de las muestras no así dentro de otros límites de normas internacionales como la de Colombia que sólo admite 160 ppm de Dureza.

El agua de consumo del Sector 2 de este estudio podría estar incumpliendo parámetros organolépticos (no contemplados en los objetivos de éste estudio), por cuanto causa rechazo de su sabor a gran parte de pobladores (de acuerdo al umbral gustativo).

Existe una correlación entre dureza, conductividad y sabor del agua potable (Solis et al 2018). Los niveles de los dos primeros parámetros son un tanto elevados, como así la intolerancia al sabor del agua, en los pobladores sobre todo en el sector 2 es evidente y como puede observarse en los resultados de éstos análisis fisicoquímicos y encuesta en la presente tesis.

Estas concentraciones de conductividad, dureza y sabor salobre (se torna indeseable) en el agua tiene repercusiones económicas en hogares de esta población (de clase media-baja

y baja) y causa detrimento de la economía familiar generando más gastos asociados a: mayor consumo de agua en lavado de ropa (por la poca espuma), limpieza de materiales, deterioro de tuberías por incrustaciones de sarro, compra de filtros, y esfuerzo económico en la compra de bidones de agua embotellada para tomar por la intolerancia a su indeseable sabor) . Como además genera resequedad en la piel y peligro de problema de litiasis a largo plazo.

Del total de muestras analizadas para identificar presencia de coliformes totales un 25% superaron los LMP en agua potable. De acuerdo a la norma peruana de DIGESA el 90% de las muestras no deberá contener Coliformes Totales, por cuanto el 25% hallado supera al 10% máximo permitido, lo cual hace a esta agua inapta para el consumo.

La cloración residual es deficiente (se hallado muestras fuera de rango aceptado), por lo que se considera el agua de la Urbanización inadecuadamente clorada, siendo poco apta, lo que acarrearía potencialmente problemas de salud, ya sea por exceso o deficiencia de cloro. Se observa claramente de acuerdo a los análisis que el 50% de las muestras se hallan por fuera del rango de LMP. De acuerdo al Artículo 66° de la norma DIGESA (2011) al control de desinfectante (Cloro Libre Residual): “las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL”

La presencia de coliformes totales en las muestras de agua con mayor cloración podría deberse a presencia de bacterias cloro-resistentes que pueden haber generado biofilm en el interior de tubos de distribución de la vivienda, como se detalla también en diferentes investigaciones señaladas por Cote (2006).

Se puede concluir que el agua proveniente de los pozos que surte a la Urbanización de La Estancia de Lurín, no es apta para el consumo humano, pues incumple en LMP de Coliformes Totales para la norma DIGESA, e incumple los LMP en Coliformes Totales, Dureza, Conductividad para la norma Internacional de Colombia, y deberá tener vigilancia por las autoridades pertinentes, ya que éstos parámetros son de obligatorio cumplimiento. En cuanto a los dos sectores el sector 1 evidencio presencia de coliformes totales, y Cloro

libre Residual fuera de rango y el Sector 2 mayor nivel de Dureza, Conductividad y sabor salobre. Y deberá seguir vigilando los niveles de AS y Cd por cuanto hay influencia de éstos elementos en la zona.

Se cumple con la hipótesis, por lo que el crecimiento de *Lemna minor* está determinado en éste caso por la calidad de agua, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos y biológicos estudiados como vemos al correlacionar los resultados de laboratorio comparación de los resultados positivos obtenidos. Se estableció que por el bajo costo, fácil manipulación, hacen de *Lemna minor* una posible herramienta de alerta inicial de presunción de calidad de agua potable para la población, cuya mayoría manifiesta en las encuestas que si podría usar una planta acuática como indicadora de calidad de agua por lo que después podrían tener base para solicitar análisis más técnicos y exhaustivos a los entes encargados del control de calidad de agua potable

Aunque existe cobertura del 100% en conexiones domiciliarias de agua en las viviendas, la insuficiente continuidad, calidad del agua genera costos e incremento de gastos en compra de bidones de agua en muchos hogares; como también factibles gastos en servicios médicos por trastornos gastrointestinales, que de ocurrir en horas de la noche o madrugada se empeoraría la situación, por cuanto se carece de servicios médicos y medios de transporte a esas horas en la zona.(se halla a 2 kms de la vía de transporte público y a varios kms de servicios médicos que trabajen 24 horas.) siendo un sitio retirado sería muy difícil de trasladar al paciente puesto que no se cuenta con disponibilidad de ningún servicio de transporte público después de 10 de la noche, y la gran mayoría de las personas no tienen un medio de transporte personal en la Urbanización, y como agravante no existe atención hospitalaria 24 horas en el Distrito, como reporta Álamo (2016).

El no adecuado: conocimiento relacionado, cohesión, en estudio derivan en insuficiente gestión de monitoreo y control hacia la calidad de suministro del agua que suministran los proveedores y control del Estado en el área de estudio. Es de esperarse que si la situación no es controlada, podría agravarse a futuro, ya que en la zona El Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao (Plam 2035) plantea construir al año 2035 la “Ciudad

Industrial de Lurín, denominada MacrOpolis con un complejo de fábricas de más de 2047 Hectáreas lo que generaría posible alta presión de infiltraciones al subsuelo en las zonas más altas de influencia de acuíferos de la zona (el distrito actualmente con 650 ha).

De igual manera, los resultados de este estudio concuerdan con la mayoría de la opinión de la población de ésta urbanización también perciben el agua de sus grifos como de regular calidad y, lo que hace aceptable la hipótesis propuesta.

RECOMENDACIONES

- ✓ Dado los resultados obtenidos y la manifestación de la comunidad que de que es variable las características de agua que reciben, se debe continuar con las labores de vigilancia y monitoreo de calidad de agua potable en la Urbanización La Estancia de Lurín a fin de determinar, vigilar y prevenir con la debida anticipación a la comunidad y los entes respectivos sobre de la calidad del agua proveniente de los grifos, en pro de buscar el mejoramiento de su calidad, sobre todo que existen quejas de los pobladores de la oscilación de su calidad. Como además existen antecedentes de mala calidad del agua de varios pozos de Lurín y uno de los pozos que surten al reservorio Centinela del cual depende el Sector 1 de éste estudio.

- ✓ De acuerdo a la normatividad de DIGESA (2010) que reza : “de comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO)”. Por lo tanto, por los resultados por fuera de la norma para conductividad, Coliformes, obtenidos durante ésta tesis se deben incluir otros análisis fisicoquímicos inorgánicos y orgánicos que podría contener el agua, incluyendo todo aquellos subproductos inorgánicos y orgánicos derivados de la alta actividad agrícola, pecuaria e industrial propia de la zona que se hallan por fuera de nuestro estudio con el fin de identificar totalmente la calidad del agua que llega a través de los grifos a las viviendas. Recordemos que el Distrito de Lurín es una de las zona de Lima una de las más altas permeabilidad por el tipo de suelo arenoso y los lixiviados podrían llegar fácilmente al manto freático del agua

subterránea que surte a los pozos que utiliza la urbanización contaminándola, como a otras distintas áreas del Distrito por la misma razón.

✓

Se puede agregar como dato importante además que a nivel internacional estos valores obtenidos se hallan aún más por fuera de la norma, lo que nos da un índice de la seriedad de la situación que podrían vivir los moradores por la deficiente calidad de agua que reciben, y que a largo plazo podría generar complicaciones de salud.

- ✓ Realizar mediciones en distintas épocas del año, ya que de acuerdo a estudios realizados en el 2005 por el Ministerio de Agricultura el nivel del agua subterránea oscila en profundidad en las distintas estaciones del año, acorde al régimen de lluvias de la cuenca lo que podría variar el nivel de infiltración de lixiviados.
- ✓ Comprobar experimentalmente con distintas fuentes de agua potable su calidad mediante el método a bajo costo que ofrece el cultivo de *Lemna minor*, con la finalidad de establecer una alerta temprana, y extrapolar el estudio, y prevenir a más comunidades, sobre todo periféricas en riesgo, ya que se demostró en el presente estudio que el crecimiento de ésta es más alto cuando el agua presenta mayor dureza y conductividad entre otros parámetros, que con agua de excelente calidad, como se observó en los análisis de laboratorio. Dado que de resultar positivo, puedan así las comunidades solicitar un estudio más exhaustivo y técnico a DIGESA.
- ✓ Realizar controles periódicos de calidad de agua de los pozos de Sedapal, dado que siendo que además de acuerdo a estudios previos de Sadapal “como se puede apreciar en cuanto a la calidad del agua que es extraída de los pozos el P-811 supera los Límites Máximos Permisibles establecidos por la SUNASS, los parámetros que se sobrepasan los límites Conductividad, Dureza Total”
- ✓ Gestionar la realización de talleres vigilantes comunitarios de calidad de agua, como plantea la OMS, y OPS (2013), por parte de DIGESA en el área de estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia De Protección Ambiental De Los Estados Unidos: EPA (2000). *Documento EPA* 815-F-00- 007
- Ahumada R., Contreras S. (2002). *Contenido de metales (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, V y Zn) en los sedimentos marinos de la región patagónica, Chile. Ciencia y Tecnología del Mar.*
- Álamo R. Manuel *Et al* (2015), *Diagnóstico urbano de Lurín*. Facultad de Arquitectura. Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de:
<https://es.slideshare.net/ManuelAlamoRamrez/diagnostico-urbano-de-lurin>
- Arroyave, M. (2004). *La lenteja de agua (Lemna minor L.): una planta acuática promisoría*. Revista EIA, ISSN 1794-1237 Número 1 p. 33-38. Febrero 2004 Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia). Recuperado de www.scielo.org.co/pdf/eia/n1/n1a04.pdf
- Aurazo de Z. Margarita. 2004. *Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida*. Cepis.OPS. Lima
- Basualdo L. Goannie y Yacila F. Juan (2015). *Determinación de Arsénico y Cadmio en aguas del río Rímac y habas cultivadas en el distrito de San Mateo de Huánchor de la región de Lima*. UNMSM.
- Biologist (2009). *Bioacumulación diferencial de cromo (vi) en frondes y raíces de Lemna minor*. Vol. 7 N° 1-2, Special Issue, Jan-Dec 2009. C0137-1 1 1 1 Carignano, L.A.,

Boeykens, S. & Vázquez C. Laboratorio de Química de Sistemas Heterogéneos. Facultad de Ingeniería-UBA. Argentina. Correo electrónico: lauracarignano@gmail.com.

Carrillo, Z. Elisa, Lozano, C. Aura (2008). *Validación Del Método De Detección De Coliformes Totales y Fecales En Agua Potable Utilizando Agar Chromocult.* Trabajo de grado. Bogotá 2008. Recuperado de www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis203.pdf

Castillo S. Adriana *et al* (2009). *Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica de aguas subterráneas ubicadas en los municipios de la paz y San Diego, Cesar.*

Castro de E. María L. (2006). *Presencia de arsénico en el agua de bebida en América Latina y su efecto en la salud pública.* International Congress. (CEPIS-SB/SDE/OPS). Recuperado de: <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/cd51/arsenico-agua.pdf>

Consortio Valle Sur. (2012.) *Factibilidad del Proyecto: “Ampliación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Distrito de Lurín”* Código SNIP 94719.

Chiguala, V. Elisa, Cruz, A., Erika (2012). *Análisis químico de agua de consumo en la ciudad de Cartavio abril-mayo 2012.* Tesis Universidad Nacional de Trujillo. Perú. Recuperado de: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/4172/Chiguala%20Vergaray%20Elisa%20Magally.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cote C., Claudia (2006). *Aislamiento, identificación bioquímica y pruebas de cloro-resistencia in vitro a cepas nativas de Coliformes totales y E. coli obtenidas en la red de distribución del acueducto de Bogotá.* Pontificia Universidad Javeriana Bogotá. Trabajo de grado Recuperado de: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8264/tesis248.pdf?sequence=1>

Cutimbo, T. César (2012). *Calidad Bacteriológica De Las Aguas Subterráneas de Consumo Humano en Centros Poblados Menores de La Yarada y Los Palos Del Distrito de Tacna*. Tesis de grado. Perú Recuperado de: tesis.unjbg.edu.pe:8080/.../45_2013_Cutimbo_Ticona_CA

Diario La Prensa (2013). Recuperado de :<http://laprensa.peru.com/actualidad/noticia-policia-pago-s45-millones-viviendas-lurin-que-aun-no-recibe-11872>

Diario La República (2011). *Invasión de fábricas*. Recuperado de: <http://larepublica.pe/archivo/523977-invasion-de-fabricas> 06 Mar 2011 | 05:00 h

Diario La República (2014). Más de 500 familias indignadas por aguas residuales en río Lurín. Recuperado de: <http://larepublica.pe/14-09-2014/mas-de-500-familias-indignadas-por-aguas-residuales-en-rio-lurin>. 14 Sep 2014 | 08:13

DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. DS N° 031-2010-SA*. Perú.

DIGESA. (2013). *Listado De Requisitos Para Recepción De Muestras*. Recuperado de: www.digesa.sld.pe/.../AR-LI-01_requisitos_recepcion_muestras

Defensoría del Pueblo. (s.f.) *Informe defensorial No. 39_B. Diagnóstico sobre la calidad del agua para el consumo humano en Colombia, en el marco del derecho humano al agua*. Colombia. Recuperado de: www.defensoria.gov.co/attachment/15/informe_116.pdf

El Comercio (2016). *Lurín: aniego afectó 5 kilómetros de antigua Panamericana Sur*. Noticia sección Sociedad. Recuperado de: http://elcomercio.pe/sociedad/lima/lurin-aniego-afecto-5-kilometros-antigua-panamericana-sur-noticia-1937185?ref=flujo_tags_515062&ft=nota_84&e=titulo

Flores E. Edwin, Pérez, B. Javier (2009). *Determinación de arsénico, por absorción atómica, en agua de consumo humano proveniente de Sedapal, de cisterna y de pozo*

del distrito de Puente Piedra. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Colección Tesis EAP Farmacia y Bioquímica. Recuperado de: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/1638>.

Fundación Nacional de Salud; Funasa: (2013). *Manual Práctico de Análisis de Agua 4ta Edición. Brasilia. Brasil.* Recuperado de: www.funasa.gov.br/site/wp-content/.../manualaguaespanholweb_2.pdf

García M. Pablo *Et al* (2009). *Habitantes del agua.* Agencia Andaluza del Agua. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Recuperado de: http://www.jolube.es/pdf/libro_macrofitos_andalucia_2010.pdf

García, T. Zarela (2012). *Comparación Y Evaluación De Tres Plantas Acuáticas Para Determinar La Eficiencia De Remoción De Nutrientes En El Tratamiento De Aguas Residuales Domésticas.* Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú. Recuperado de: <https://docplayer.es/2797178-Universidad-nacional-de-ingenieria.html>

Gonzales P. Luis A. Osorio F. Johél (2014). *Determinación espectrofotométrica por absorción atómica de la concentración de cadmio y arsénico en aguas de consumo humano de la comunidad urbana de Chuquitanta – distrito de San Martín de Porres.* Facultad De Farmacia y Bioquímica UNMSM.[Repositorio de Tesis – UNMSM] Lima. Recuperado de: <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/3844> y https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_488781e07e923cf664abd01ace82c7f4/Details

Gramajo, C. Byron (2004.) *Determinación De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano y Uso Industrial, Obtenida De Pozos Mecánicos En La Zona 11, Mixco, Guatemala.* Trabajo de grado. Universidad de San Carlos de Guatemala Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0907_Q.pdf

Graza E. Franklin, Quispe P. Ronal. (2015). *Determinación De Pb, Cd, As En Aguas Del Río Santa En El Pasivo Minero Ambiental De Recuay, Ticapampa; Recuay Ancash*

HDT 67. Cepis/OPS (1995). Control de Calidad del agua en la red de distribución. Recuperado de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/hdt67/hdt067.html>

Huamán, D. Lizth F. (2014). *Trabajo de investigación: Valle del río Lurín*. E.A.P. Ingeniería Geográfica FIGMMG. UNMSM. Recuperado de: http://www.academia.edu/9701940/Valle_del_rio_Lurin

Imarpe (1997). *Borrador del diagnóstico regional sobre las actividades realizadas en tierra que afectan los ambientes marinos, costero y dulceacuícola asociados en el pacífico sudeste*. Recuperado 23 abril 2017 de: <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs-web/planaccion/biblioteca/pordinario/038.Borrador%20diagnostico%20regional%20actividades%20en%20tierra%20afectan%20ambientes%20marino%20costero%20dulceacuicola-1997.pdf>

Mayorga, María P. (s.f.). *Arsénico en aguas subterráneas su transferencia al suelo y a la planta*. Tesis Doctoral, Universidad de Valladolid. Recuperado de: <file:///F:/A%20Junio%20finish%202017%20water%20revisión/Cd%20As/Arsenico%20en%20aguas%20subterráneas%20%20%20%20%2027%20marzo%202018.pdf>

Mejía, C. Mario (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Tesis de maestría. Costarrica. Recuperado de: repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/.../Análisis_de_la_calidad_del_agua.

Ministerio de Agricultura. (2005). *Inventario De Fuentes De Agua Subterránea En El Valle Del Río Lurín, Lima 2005*. Recuperado de: www.ana.gob.pe/sites/default/.../fuente_agua_subterranea_lurin1_0_0.pdf

Ministerio de Salud (2014). *Análisis de Salud 2012*. Dirección De Salud II Lima Sur
Recuperado de : <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3358.pdf>

Mora, D. (1996). *Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe*. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS. Recuperado de: www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/010206/010206-10.pdf

Moreno R. María C. (2005) Valoración del residuo de rapa de uva como bioadsorbente para la eliminación de cadmio de efluentes acuosos. Proyecto/trabajo final de carrera. Universidad Politécnica de Catalunya. España. Recuperado 13/11/2017 de: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3126>

Municipalidad de Lurín (2012). *Diagnóstico Integral Participativo del Distrito de Lurín. 2010 – 2012. Volumen I*. Recuperado de: http://www.imp.gob.pe/images/IMP%20-%20PLANES%20DE%20DESARROLLO%20MUNICIPAL/lurin_plan_de_desarrollo_concertado_volumen_I.pdf

Municipalidad de Lurín (2016) *Plan Local de Seguridad Ciudadana de Lurín*. Comité Distrital de Seguridad Ciudadana de Lurín Pág. 80, 90. Recuperado de:

http://www.seguridadidl.org.pe/sites/default/files/archivos/planes_locales/1plalocal_lurin_opt.pdf

Muñoz, J. y Mafla, L. (2007). *Monitoreo y evaluación de cloro residual libre en el sistema de distribución del acueducto comunitario Cestillal El Diamante ACUCESDI, área rural del municipio de Pereira-Risaralda.*

Organización Mundial De La Salud: OMS (2006). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. Primer apéndice a la tercera edición, volumen 1. Ediciones de la OMS. Génève - Suiza.

OMS, OPS. Ministerio de Salud Pública (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua*. Santo Domingo

Pica, G. Yolanda (2012). *Contribuciones al conocimiento de la ecotoxicología y química ambiental en México*. Instituto Mexicano de tecnología del Agua

Resolución 00004716 (2010). Ministerio de La protección Social- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Colombia. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/4716%20-%202010.pdf>

Resolución 2115 (2007). Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Recuperado de: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Legislaci%C3%B3n_del_agua/Resoluci%C3%B3n_2115.pdf

Rodríguez Z. Johel (2008). *Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre del 2008*. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica Vol. 9, No. 12-13, 2009 • ISSN 1409-0112 • 125 – 134. Recuperado de: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/pensamiento-actual/article/view/2842/2764>

Rojas, M. Citlalli (2011). *Estudios de la contaminación de los recursos hídricos en la cuenca del Río San Pedro, previos a la construcción de una hidroeléctrica (P.H. Las Cruces) en Nayarit, México*.

- Rojas, R. 2002. *Elementos de vigilancia y control. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano*. Lima, CEPIS/OPS.
- Rivera, Hugo *et al* (2007). *Dispersión secundaria de los metales pesados en sedimentos de los ríos Chillón, Rímac y Lurín Departamento de Lima*. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 10, N° 20, 19-25 (2007) UNMSM ISSN: 1561-0888 (impreso) / 1628-8097 (electrónico).
- Salvador, R. María E. (2013). *Estudio general del sistema de almacenamiento de agua potable en los distritos de Lima Sur y Lima Centro*. Tesis Universidad Nacional de Ingeniería Facultad de Ingeniería Ambiental. Lima. Recuperado 19.06.2017 de: cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/2224/1/salvador_rm.pdf
- Santos, C. *et al* (2011) *Flora acuática*. Jornada de Presentación. Consejo Superior de Investigación Científica, Real Jardín Botánico – Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.Gobierno de España. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/es/agua/formacion/06-Macrofitos-Santos_Cirujano_tcm7-174291.pdf
- Solís-Castro, Y., Zúñiga-Zúñiga, L., & Mora-Alvarado, D. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica*. Revista Tecnología En Marcha, 31(1), 35-46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>. Recuperado de: http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/3495
- Sunass (1999). *Guía sobre el control de calidad de agua*. Lima Perú Recuperado 15 abril 2017 de: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/cd-cagua/ref/text/28.pdf>
- The Lima Consulting Group S.A (2009). *Informe ejecutivo: Determinación de las características del mercado de Agua en Bidones*
- Truque, B. Andrea (s.f.). *Armonización de los estándares de agua potable en las américas*.

- Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Nacional de Ecología. Uami (2005). *Pruebas Biológicas Para La Evaluación Ecotoxicológica De Sustancias Químicas*. México.
- U.S. Environmental Protection Agency. Usepa (2002) *Methods for measuring the acute toxicity of effluents and receiving waters to freshwater and marine organisms*. 5th Edition. U.S. EPA Office of Water, Washington, DC. EPA-821-R-02-012, viii+266 pp.
- URBANIA.PE (2014) Blog inmobiliario del Perú. Recuperado de: <http://urbania.pe/blog/proyectos-inmobiliarios/la-estancia-de-lurin/>
- World Health Organization.(W.H.O 2004). *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3a. ed. Geneva: World Health Organization; 2004.
- Zabala, T. Erika (2012). *Calidad microbiológica y fisicoquímica del agua embotellada, comercializada en la ciudad de Tacna*. Perú

ANEXOS

Anexo A. Hoja de Encuesta

Encuesta. Como Parte de Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales UNMSM.
Percepción de Calidad de Agua Potable Proveniente de Grifo Domiciliario, en la Población
de la Urbanización La Estancia de Lurín, Distrito Lurín Lima 2016

Tesista: Nevis Espitia Asesor: Dr. Oscar Tinoco

La siguiente encuesta tiene como objetivo identificar la percepción y nivel de satisfacción que tienen los pobladores de La Urbanización La Estancia de Lurín sobre la calidad de agua que reciben en sus grifos domiciliarios.

Consta de 10 preguntas, podrá usted revisar todas las opciones, y escoger con la que más se identifique. Debe marcar sólo una alternativa en cada pregunta. No es necesario incluir su nombre.

Distrito Lurín, Urbanización La Estancia de Lurín,

Sector _____

Escoja sólo una alternativa, la más cercana:

1.- En su vivienda viven

- A. adultos y/o: Embarazada, y/o niños, y/o adulto mayor
- B. solo adultos y adolescentes sin: embarazadas, niños, adulto mayor
- C. solo adultos sin: embarazadas, niños, adulto mayor

2.- Respecto al agua proveniente del grifo de su vivienda, ha detectado cualquiera o varias de las siguientes características: deja sarro en teteras, turbidez, partículas blanquecinas al hervirse, poca espuma con detergentes.

- A. totalmente en desacuerdo
- B. en desacuerdo
- C. de acuerdo
- D. totalmente de acuerdo
- E.- no sabe

3.- Al usar agua de grifo ha notado cualquiera de estas características: sabor salobre, deja resequeidad u otro cambio en la piel al bañarse, olor desagradable, olor a cloro, ardor en los ojos.

- A. siempre
- B. regularmente
- C. en ocasiones
- D. raramente

E. nunca

4.- El sabor del agua de su grifo es

- A. muy desagradable
- B. desagradable
- C. regular
- D. agradable
- E. muy agradable
- F. no la toma

5.- Considera que la calidad de agua del grifo es

- A. muy mala
- B. mala
- C. regular
- D. buena
- E. muy buena
- F. no sabe

6.- En su vivienda cuando se trata de tomar agua con mayor frecuencia usted usa?

- A. agua directamente del grifo sin tratamiento
- B. agua filtrada por su tanque elevado
- C. agua del grifo con filtro interno
- D. agua hervida
- E. agua embotellada de bidones

7.- Desde que vive en La Estancia de Lurín en cuanto a problemas estomacales y/o intestinales podría decir que

- A. han ido en aumento
- B. los ha desarrollado sólo al vivir aquí
- C. se han mantenido constantes, como antes de vivir aquí
- D. han disminuido
- E. se han eliminado
- F. ni antes, ni ahora ha presentado

8.- Usted cree que se necesita mejorar la calidad del agua de grifo que se le suministra a los hogares en su urbanización?

- A. totalmente en desacuerdo
- B. en desacuerdo
- C. de acuerdo
- D. totalmente de acuerdo
- E. no sabe

9.- Piensa que sería útil en los hogares como método de alerta temprana de identificación de calidad de agua de grifo utilizar y comparar el porcentaje de crecimiento de una planta

acuática en agua de su grifo y en otra agua certificada, como indicadora de calidad de agua potable?

- A. totalmente en desacuerdo
- B. en desacuerdo
- C. de acuerdo
- D. muy de acuerdo
- E. no sabe

10.- En cuanto a calidad del agua de consumo de Lurín con relación a otros distritos la considera mejor

- A. totalmente en desacuerdo
- B. en desacuerdo
- C. de acuerdo
- D. totalmente de acuerdo
- E. no sabe

Anexo B. Hoja de Registro de muestreo para análisis y ensayo.

Tipo de agua utilizada y fecha de muestreo				Coordenadas										
Sector	Agua de grifo	Fecha Muestreo	Punto de muestreo #	Código muestra	Dirección:									
					Norte	Este								
1	Agua de grifo	2 agosto	1	1A										
			2	2A										
			3	3A										
		8 agosto	4	7A										
			5	8A										
			6	9A										
	Agua de Grifo sector	2 agosto	7	4A										
			8	5A										
		8 agosto	9	10A										
			10	11A										
	Agua embotellada	2 agosto	11	6A										
		8 agosto	12	12A										
Observaciones:	Temperaturas:	Ensayo 1												
		Ensayo 2												
	Existe un equivalente igual de casa aún sin habitar de la inmobiliaria construida, por lo que sólo se puede tomar muestras de la parte habitada.													
	Algunos puntos que se escogieron inicialmente al azar r tuvieron que reemplazarse por otros dado que no fue factible acceder a la vivienda el día de muestreo.													

Fuente: Elaboración propia

Anexo C. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológico de laboratorio.

Laboratorios USAQ de la Facultad de Química y de Laboratorio de Calidad de Alimentos, Agua y Ambiente (LCCAAA) de la Facultad de Biología respectivamente, de la UNMSM.



INFORME DE ENSAYO N° 291-2016

Cliente : NEVIS ESPITIA IRIARTE
 Dirección : Colombia
 Referencia USAQ : 193-01/06
 Muestras : AGUA DE CAÑO
 (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO)
 Cotización : 260-2016/USAQ-FQIQ
 Fecha de Recepción : 04/08/2016
 Fecha de Emisión : 15/08/2016

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN FISICOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
193-01	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-1-A 02/08/2016	ARSÉNICO	N.D.
		CADMIO	N.D.
		DUREZA TOTAL	383 ppm
		CONDUCTIVIDAD	1038,0 μ S/cm
		TURBIDEZ	0,26 NTU
		PH Y TEMPERATURA	7,95 / 21,0 °C
193-02	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-2-A MFG L8 02/08/2016	ARSÉNICO	N.D.
		CADMIO	N.D.
		DUREZA TOTAL	351 ppm
		CONDUCTIVIDAD	1013,5 μ S/cm
		TURBIDEZ	0,33 NTU
		PH Y TEMPERATURA	7,70 / 21,0 °C

Muestra Proporcionada por el Cliente

EE-291-2016 NEVIS ESPITIA (Página 1 de 3)

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	--	---

RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN FISICOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
193-03	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-3-A 02/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 349 ppm 1071,0 µS/cm 0,38 NTU 7,72 / 21,2 °C
193-04	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-5-A M 2 SD L 10 02/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 420 ppm 1566,5 µS/cm 0,77 NTU 7,18 / 21,3 °C
193-05	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-4-A 02/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 424 ppm 1566,0 µS/cm 0,31 NTU 7,45 / 21,3 °C

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-291-2016 NEVIS ESPINOZA (Página 2 de 3)



RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN FISICOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
193-06	AGUA EMBOTELLADA SAN LUIS M-6-A 02/08/2016	ARSÉNICO	N.D.
		CADMIO	N.D.
		DUREZA TOTAL	13 ppm
		CONDUCTIVIDAD	66,25 μ S/cm
		TURBIDEZ	0,23 NTU
		PH Y TEMPERATURA	7,16 / 21,4 °C

Muestra proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección:

Arsénico = 5 ppb

Cadmio = 4 ppb

Métodos:

Dureza Total APHA 2340 C

Conductividad APHA 2510 B

pH APHA 4500 HB

Turbidez APHA 2130 B

Metales GFAAS USAQ-ME-15



Quím. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ.
CQP: 597

Nota: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o emienda en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra, podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de Entregado el Informe, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-291-2016 NEVIS ESPITIA(Página 3 de 3)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA

UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS

INFORME DE ENSAYO
N° 292-2016

Cliente : NEVIS ESPITIA IRIARTE
Dirección : Colombia
Referencia USAQ : 197-01/06
Muestras : AGUA DE CAÑO
(PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO)
Cotización : 261-2016/USAQ-FQIQ
Fecha de Recepción : 10/08/2016
Fecha de Emisión : 15/08/2016

RESULTADO DE ANÁLISIS DETERMINACIÓN FISICOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
197-01	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-7-A LUGAR: LA ESTANCIA DE LURIN 08/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 326 ppm 928,0 μ S/cm 0,28 NTU 7,92 / 21,1°C
197-02	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-8-A LUGAR: LA ESTANCIA DE LURIN 08/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 322 ppm 878,0 μ S/cm 0,33 NTU 7,90 / 21,5°C

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-292-2016 NEVIS ESPITIA (Página 1 de 3)

	UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS FACULTAD DE QUÍMICA E INGENIERÍA QUÍMICA UNIDAD DE SERVICIOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS	
---	---	---

RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN FISCOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
197-03	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-9-A LUGAR: LA ESTANCIA DE LURIN 08/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 369 ppm 987,0 µS/cm 0,67 NTU 7,79 / 21,5°C
197-04	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-10-A LUGAR: LA ESTANCIA DE LURIN 08/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 420 ppm 1524,0 µS/cm 0,14 NTU 7,70 / 22,2°C
197-05	AGUA DE CAÑO (PROCEDENTE DE UN POZO SUBTERRÁNEO) M-11 A LUGAR: LA ESTANCIA DE LURIN 08/08/2016	ARSÉNICO CADMIO DUREZA TOTAL CONDUCTIVIDAD TURBIDEZ PH Y TEMPERATURA	N.D. N.D. 417 ppm 1500,0 µS/cm 0,32 NTU 7,46 / 22,2°C

Muestra Proporcionada por el Cliente

IE-292-2016 NEVIS ESPITIA (Página 2 de 3)



RESULTADO DE ANALISIS DETERMINACIÓN FISICOQUÍMICA

Código de Muestra USAQ	Código y Referencia del Cliente	Determinación	Resultados
197-06	AGUA EMBOTELLADA SAN LUIS M-12-A 08/08/2016	ARSÉNICO	N.D.
		CADMIO	N.D.
		DUREZA TOTAL	20 ppm
		CONDUCTIVIDAD	58,3 µS/cm
		TURBIDEZ	0,13 NTU
		PH Y TEMPERATURA	7,24 / 22,2°C

Muestra proporcionada por el Cliente.

N.D. = NO DETECTABLE

Límite de Detección

Arsénico = 5 ppb

Cadmio = 4 ppb

Métodos

Dureza Total APHA 2340 C

Conductividad APHA 2510 B

pH APHA 4500 HB

Turbidez APHA 2130 B

Metales GFAAS USAQ-ME-15



Quim. María Angélica Rodríguez Best
Directora de la USAQ.
COP: 597

Note: El presente informe sólo es válido en su estado original y se refiere únicamente a la muestra analizada, cualquier corrección o omisión en el contenido del presente informe lo anula automáticamente.

Observ.: La muestra, podrá ser devuelta después del plazo de 15 días calendario de Entregado el Informe, dado el tiempo indicado no se aceptarán reclamos ni devoluciones.

IE-292-2016 NEVIS ESPITIA(Página 3 de 3)



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y AMBIENTE.

INFORME N° 542-2016

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico. Análisis físico químico.

MUESTRA : AGUAS DE POZO: M01-A, M02-A, M03-A, M04-A, M05-A, M06-A

VOLUMEN DE LA MUESTRA : 1 Litro.

FECHA DE RECEPCIÓN : 02 de Agosto de 2016. **HORA:** 16:00

FECHA DE ANALISIS : 02 de Agosto de 2016. **HORA:** 17:00

SOLICITANTE : NEVIS ESPITIA IRIARTE

DIRECCION : LA ESTANCIA DE LURÍN.

I. RESULTADO.-

	M01-A	M02-A	M03-A	M04-A	M05-A	M06-A	Limite Permissible*
Numeración de Coliformes Totales	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	20x10 ³ NMP/100ml
Numeración de Coliformes Termotolerantes	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	10x10 ³ NMP/100mL
Determinación de Cloro Libre Residual	0.5	0.5	0.5	0.3	0.5	0	
CALIFICACIÓN	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	

- Numeración de Coliformes Totales. APHA-AWWA. 9221 B-C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. 2012.
- Numeración de Coliformes Termotolerantes. APHA-AWWA. 9221 E-1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. 2012.

Lima, 07 de Agosto de 2016.

U. N. M. S. M.
 Control de Calidad Alimentos y Aguas

 GERMAN VERGARA ULFF
 DIRECTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ALIMENTOS, AGUAS y
AMBIENTE.

INFORME N° 555-2016

ESTUDIO REALIZADO : Análisis Microbiológico. Análisis físico químico.

MUESTRA : AGUAS DE POZO: M07-A, M08-A, M09-A, M10-A, M11-A, M12-A

VOLUMEN DE LA MUESTRA : 1 Litro.

FECHA DE RECEPCIÓN : 08 de Agosto de 2016. HORA: 13:40

FECHA DE ANALISIS : 08 de Agosto de 2016. HORA: 15:00

SOLICITANTE : NEVIS ESPITIA IRIARTE.

DIRECCION : LA ESTANCIA DE LURÍN.

I. RESULTADO.-

	M07-A	M08-A	M09-A	M10-A	M11-A	M12-A	Limite Permissible*
Numeración de Coliformes Totales	< 1.8	7.8	4.5	< 1.8	< 1.8	< 1.8	20x10 ³ NMP/100ml
Numeración de Coliformes Termotolerantes	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	< 1.8	10x10 ³ NMP/100mL
Determinación de Cloro Libre Residual	1.5	0.75	1.5	0.35	0.3	0	
CALIFICACIÓN	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	Conforme	

- Numeración de Coliformes Totales. APHA-AWWA. 9221 B-C. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. 2012.
- Numeración de Coliformes Termotolerantes. APHA-AWWA. 9221 E-1. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Edition. 2012.

Lima, 15 de Agosto de 2016.

U. N. M. S. M.

Lab. Control de Calidad Alimentos y Aguas


I. GERMAN VERGARA ULFF
DIRECTOR

Anexo D. Hoja de Registro de ensayo con *Lemna minor*:

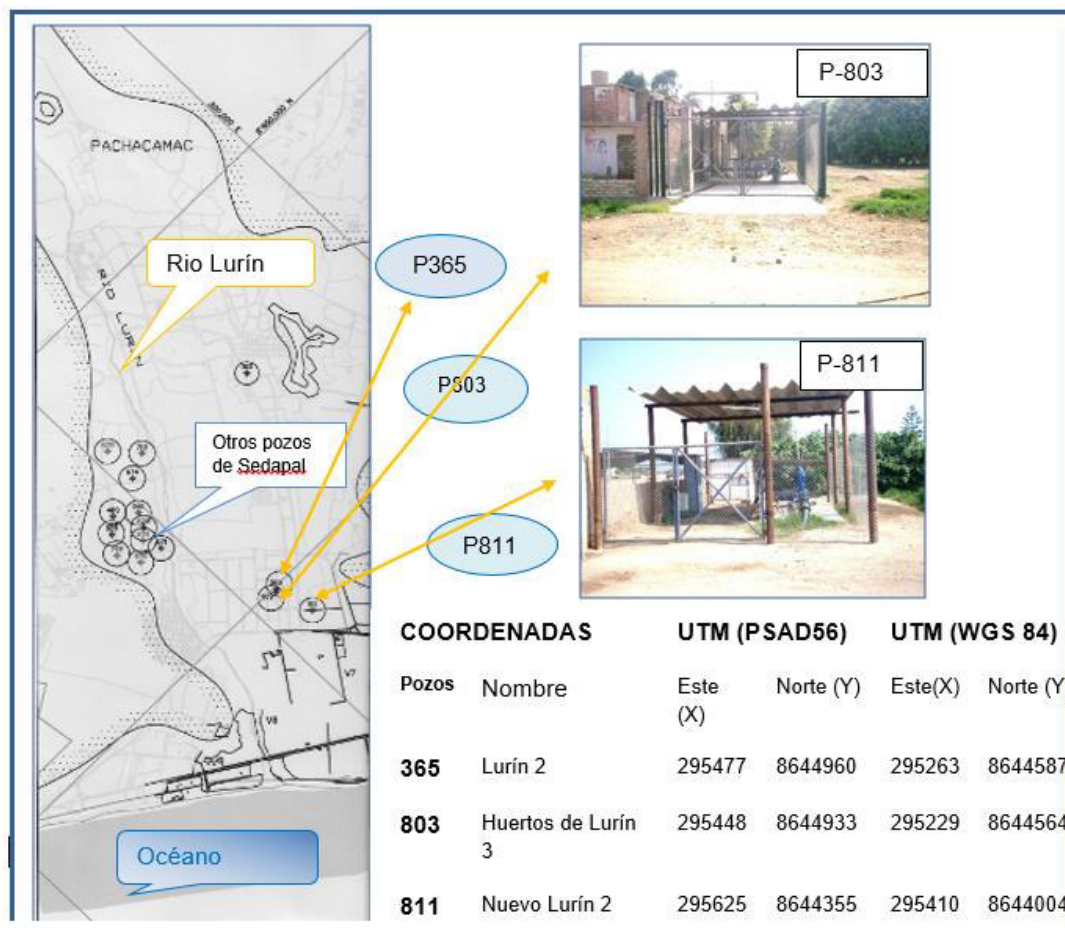
UNIDAD DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA
MAESTRÍA en CIENCIAS AMBIENTALES. MENCIÓN EN GESTIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN”

Tesis: ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUA POTABLE CON RELACION A SUS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, BIOLÓGICOS, Y CRECIMIENTO DE *Lemna minor* EN LA ESTANCIA DE LURÍN, LIMA 2015-2016
CRECIMIENTO planta LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor*)

		Tipo de agua utilizada y fecha de muestreo				Control de crecimiento en Triplicados de <i>Lemna minor</i> . Peso inicial 2 g de <i>Lemna</i> por recipiente			
	Agua de grifo Sector 1	Fecha Muestreo	Punto de muestreo #	Código muestra	Peso Final a los días:				
					Triplicado 1	Triplicado 2	Triplicado 3		
		2 agosto	1	M1A					
			2	M2A					
			3	M3A					
		8 agosto	4	M7A					
			5	M8A					
			6	M9A					
	Agua de Grifo sector 2	2 agosto	7	M4A					
			8	M5A					
		8 agosto	9	M10A					
			10	M11A					
	Agua embotellada	2 agosto	11	M6A					
			8 agosto	12	M12A				
Observaciones:	Temperatura de cultivo:	Ensayo 1							
		Ensayo 2							
	Volumen de agua: 100mL								
	Nivel de sensibilidad balanza: 4 cifras significativas decimales								

Fuente: Elaboración propia

Anexo E. Mapa, imagen y coordenadas de la localización de pozos que surten sector 1 del área de estudio



Fuente: Proyecto de Inversión, Consorcio Valle Sur (2012)

Anexo F. Parámetros de pozos operativos Distrito Lurín 2007 vigentes al 2016 en Zona A

Características						
Pozos	Ubicación	Profundidad	Caudal de Bombeo – Qb (L/s)	Caudal Máximo Diario – Qmd (L/s)	Abastecimiento	Bombeo (hrs)
P-803	Huertos de Lurín 3	80	27	13.50	Reservorio RE-01 – Centinela – 1,500 m3 (Lurín,	
P-811	Nuevo Lurín II	98	25	12.50	Nuevo Lurín y balnearios	
P-346			34	17.00	CR-377-500m# R-	12
P-483			33	16.50	683 CIDEPROC -	(6am a
P-671		-	50	25.00	1,200 m3 (I,II,III	6pm)
P-672			51	25.50	Etapa A.H. Villa Alejandro y Upis San José)	
P-329	Margen derecha del Río Lurín		30	15.00	Reservorio RE-02 Julio C Tello-900m3 (AH. Julio C Tello)	

Fuente: Municipalidad de Lurín 2012 y Área de Operación Mantenimiento - Centro de Servicios Villa el Salvador.Sedapal

Anexo G. Información técnica pozos 803 y 811 Sedapal que abastecen sector A de Lurín

INFORMACION-TECNICA-DE-POZOS
MES DE ENERO DEL 2010

EQUIPO AGUAS SUBTERRANEAS
GERENCIA DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION PRIMARIA

Ubic Geo	POZO		Est.	AFORO (d-m-a)	CONDICIONES DE OPERACION			Profund. Pozo	Hrs Dia Mes	Dias PRODUCCION	Qe (Ls/m)	Caltia Fisico - Quimico					UTM (PSAD65)		UTM (WGS 84)			
	CS	Ds No			Nombre	ND(m)	P1(lbs)					P2(lbs)	Q(l/s)	Conductiv. umhos/cm	D. Total mg/l CaCO3	Sulfatos mg/l SO4	Cloruros mg/l Cl	Nitratos mg/l NO3	Este (X)	Norte (Y)	Este (X)	Norte (Y)
Ves 19	315		F	13/01/10	3.15	11.55	84	80	17	70.50	23	31	44,824.00	2.02	283	168	127	44	297518	8647585	297414	8647578
Ves 19	329	J.C.Tello 2	F	13/01/10	12.05	16.15	113	111	30	70.50	15	31	49,816.00	7.32	346	111	99	42	294380	8647260	294182	8646884
Ves 19	346	Jose Galvez 2	F	13/01/10	4.35	8.65	10	10	33	47.50	13	30	45,233.00	7.67	305	83	67	14	294830	8647220	294741	8646895
Ves 19	483	Jose Galvez 3	Rp	29/12/09	10.80	14.80	2	2	33	75.00	18	11	14,448.00	8.25	231	108	67	18	294590	8647440	294345	8647051
Ves 19	671	Villa Salvador P-1	F	29/12/09	2.45	16.20	46	30	50	79.40	19	31	102,099.00	3.64	242	75	47	10	294740	8646600	294496	8646200
Ves 19	672	Villa Salvador P-2	F	29/12/09	6.30	11.20	25	22	33	80.00	18	31	65,407.00	6.73	171	53	60	11	294640	8646870	294483	8646452
Ves 19	673	Villa Salvador P-3	F	07/10/09	7.70	8.50	18	17	22	80.00	16	31	36,057.00	27.50	154	66	47	9	294780	8647000	294562	8646543
Ves 19	674	Villa Salvador P-4	F	13/01/10	5.65	13.10	16	15	26	80.00	19	26	43,140.00	3.49	231	62	45	8	295200	8647850	295038	8647195
Ves 19	675	Villa Salvador P-5	Res*	16/09/09	8.70				17	50.50			0.00	-1.95	346	105	87	21	295240	8648200	294947	8647893
Ves 19	676	Villa Salvador P-6	Rs	06/10/03	8.35				13	66.87			0.00	-1.56	326	77	44	13	294380	8646660	294150	8646284
Ves 19	713	Jose Galvez 4	Res*	15/12/08	4.10				30	76.50			0.00	-7.32	184	64	62	12	295570	8647820	295369	8647455
Ves 19	749	Cideproc	Rs	03/05/07	10.60				10	85.00			0.00	-0.94	323	57	98	35	294208	8646984	293997	8646592
Ves 16	365	Lurín 2	F	04/01/10	5.55	16.00	115	114	7	80.00	24	31	19,454.00	0.87	213	102	102	9	295477	8644960	295263	8644587
Ves 16	803	Huertos de Lurín 3	F	04/01/10	6.10	26.90	110	108	30	80.00	24	31	74,190.00	1.44	201	99	90	7	295448	8644933	295229	8644554
Ves 16	811	Nuevo Lurín 2	F	04/01/10	3.60	10.65	92	47	17	96.00	19	31	38,930.00	2.41	746	339	342	26	295625	8644955	295410	8644004
Ves 26	853	El Hueso P1	Res	10/02/09	45.25				22	100.00			0.00	-0.49	6798	516	565	44	307113	8631691	306484	8631434
Ves 24	854	Punta Hermosa P-2	Res	11/11/08	34.95	37.15			10	47.65			0.00	4.55	1168	638	194		305266	8633560	302398	8635635
Ves 24	855	Punta Hermosa P-3	Res	11/11/08	39.40	40.47	20	20	13	49.00			0.00	12.15	--	--	2,598	--	305348	8633964	302490	8635634

F : Funcionando
Rp : Reparación
Res* : Reserva por uso conjunto
Res : Reserva con equipo

Fuente: Consorcio Valle Sur 2012

Anexo H. Horario abastecimiento por sectores en Lurín

HORARIO DE ABASTECIMIENTO POR SECTORES CORRESPONDIENTE AL MES DE FEBRERO 2010 DISTRITO : LURIN

SECTOR	HABILITACION	FUENTE	HORARIO	FREC.	HORAS
450	A.H VILLA ALEJANDRO 1RA ETAPA A.H VILLA ALEJANDRO 2DA ETAPA A.H VILLA ALEJANDRO 3RA ETAPA AH UPIS SAN JOSE AH UPIS SAN JOSE DE LURIN	R CIDEPRO	00 A 24:00	DIARIO	24 HORAS
453	AH HUARANGAL ALTO (2 SUMINISTROS ESTADO Z) PJ HUERTOS DE LURIN PJ HUERTOS DE VILLENA (5 SUMINISTROS ESTADO Z)	R CENTINELA	00 A 12:00	DIARIO	12 HORAS
459	P.J TELLO, JULIO CESAR	R-900	00 A 24:00	DIARIO	24 HORAS
460	P.J TELLO, JULIO CESAR MZ D (LTS. 4 al 7), E (LTS 09 AL 13 y 13A). V1 (LTS. 01 AL 26), V2 (LTS. 01 AL 18), B3 (LTS 01 AL 05), Y (LTS. 01 AL 17),Y1 (LTS. 01 AL 17), Y2 (LTS 01 AL 15), Y3 (LTS. 01 AL 15), Y4 (LTS. 01 AL 17)	R-900	00 A 24:00	DIARIO	24 HORAS
464	AH VALLEJO CESAR AH SILVA C GUADULFO	R-CENTINELA	00 A 12:00	DIARIO	12 HORAS
465	A.H HAYA DE LA TORRE, VICTOR RAUL VI (AMPL)	R-CENTINELA	00 A 12:00	DIARIO	12 HORAS
467	PUEBLO LURIN	R-CENTINELA	00 A 12:00	DIARIO	12 HORAS
	PJ. HUERTOS DE VILLENA (6 SUMINISTROS : ESTADO Z) AH. NUEVO LURIN 1ERA ETAPA URB. CIUDAD MORALES 1RA ETAPA URB. CIUDAD MORALES 2DA ETAPA AGRUP. DE PROPIETARIOS SAN VICENTE DE LURIN ZONA B LTS: 1 AL 12 AH. LA VIRREYNA JR COLON Nº 135 Lts: 32F, 32G, y 33 ASOC. QUINTA SANCHEZ	R- CENTINELA	00 A 10:00	DIARIO	10 HORAS
467	AH NUEVO LURIN 2DA ETAPA MZ 2 (LTS 02 AL 08), 3 (LTS 1 AL 22), 4 (LTS 01 AL 19), 5 (LTS 01 AL 21), 7 (LTS 01 AL 21), 8 (LTS 01 AL 23), 9 (LTS 01 AL 05 Y 15 AL 19), 10 (LTS 01 AL 20), 11 (LTS 01 AL 15), 12 (LTS 01 AL 16), 13 (LTS 01 AL 05), 14 (LTS 01 AL 19), 15 (LTS 01 AL 14), 16 (LTS 01 AL 14), 17 (LTS 01 AL 17), 18 (LTS 01 AL 04), 19 (LTS 01 AL 22), 20 (LTS 01 AL 08), 21 (LTS 01 AL 15), 22 (LTS 01 AL 20), 23 (LTS 01 AL 21), 24 (LTS 01 AL 20), 25 (LTS 01 AL 27), 26 (LTS 01 AL 20), 27 (LTS 01 AL 18), 11B (LTS 01 AL 17), 13A (LTS 01,02,07,08,09,10), 15A (LTS 01 AL 07), 17A (LTS 01 AL 07), 18A (LTS 01 AL 07), 22A (LTS 01 AL 10), 23B (LTS 01 AL 11), 24A (LTS 01 AL 11), 24B (LTS 01 AL 12), 3A (LTS 01 AL 05), 7A (LTS 02 AL 11), 9A (LTS 01 AL 08), M9 (LTS 06 AL 14), O17 (LTS 01 AL 19), O24 (LTS 01 AL 20)	R-CENTINELA	12 A 18:00	DIARIO	06 HORAS
468	ASOC LAS VELAS ASOC LA BARCA ASOC EL BARCO ASOC LOS SUSPIROS ASOC JAHUAY ASOC PROL.JAHUAY AH SUSPIROS AH NUEVO LURIN 3ERA ETAPA AH NUEVO LURIN 4TA ETAPA	R-CENTINELA	12 A 18:00 12 A 18:00	DIARIO DIARIO	06 HORAS 06 HORAS
469	URB. LA ESTANCIA DE LURIN 1 ETAPA URB. LA ESTANCIA DE LURIN 1 ETAPA Mz: Ca,Cb,Cc,Cd,G y Cj. A.H NUEVO LURIN AMPLIACION 2DA ETAPA URB LA ESTANCIA I ETAPA MZ. C ASOC DE VIV. LOS JARDIN DE LURIN 1 ETAPA URB LOS HUERTOS DE SANTA GENOVEVA Av. LOS EUCALIPTOS MZ E LT 2 TEX FABRICA DE CARROCERIAS METAL. MODASA FUNDO LAS SALINAS LT-03 AH JARDINES DE NUEVO LURIN PARCELACION SEMIRUSTICA LAS PRADERAS DE LURIN (Lote unificado 1 y 10 Mz C Intradeco)(Lote Acumulado 1,2,3,4,14,15 y 16 Mz I san Fernando S.A.)(Lote 3 seccion 3 Av. Los Gallos)	R-CENTINELA	00 A 10:00	DIARIO	10 HORAS
500	A.H VILLA ALEJANDRO 1RA ETAPA (CENTRO SALUD, UGEL 01, LOCAL MUNICIPAL, CAMPO DEPORTIVO, PLAZUELA) A.H VILLA ALEJANDRO 3RA ETAPA (COMEDOR POPULAR)	R-CIDEPRO	00 A 24:00	DIARIO	24 HORAS

Fuente: Consorcio Valle Sur 2012 Anexo4 Calc just/4 Eval Existnte/1 agua p/Informe Lurin

Anexo I Manto freático Valle de Lurín 2005

Zona	Sectores	Nivel Freático (m)
	Las Salinas – Los Claveles	0.83 – 1.88
	Playa Arica – Praderas de Lurín	6.36 – 29.98
	Sumac Paccha – Zona Industrial	34.90 – 57.18
	Los Higos – Los Puquiales	38.40 – 38.89
	Santa Genoveva - Pucará	19.93 – 44.73
	Santa Rita	49.50
	Huarangal – La Mina	0.83 – 9.40
	Lurín – San Pedro	0.95 – 2.56
	San Vicente	1.18 – 2.39
I	Santa Rosa	0.74 – 2.72
	Santa Rosa Baja	1.83 – 2.00
	Mamacona – Conchán Chico	1.48 – 7.00
	Panamericana – Señor del Morro	1.06 – 3.62
	Buenavista Baja	0.96 – 3.10
	Buenavista Alta	1.67 – 10.13
	Buenavista	1.29 – 3.18
	Rinconada	5.51 – 9.85
	Rinconada Baja	1.50 – 12-01

*Fuente: Inventario De Fuentes De Agua Subterránea En El Valle Del Río Lurín.,
Ministerio De Agricultura, Lima 2005*

Anexo J. Prevalencia de enfermedades por Zonas en el Distrito de Lurín

ZONA	A			B			C			D		
	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009	2007	2008	2009
Años	PUESTO POR AÑO											
DESCRIPCIÓN	PUESTO POR AÑO											
Enferm. infecciosas intestinales	3	3	3	3	4	4	2	4	3	4	3	3
# de casos:	930	1290	1965	1331	1075	1335	102	108	202	833	822	581
Otras enferm. sistema urinario	6	6	5	6	5	10	8	6	5	5	-	-
# de casos:	395	578	886	627	730	399	27	51	138	356	-	-
Helmintiasis	-	8	7	-	-	-	6	8	-	10	-	9
Enferm. del esófago y estómago	-	7	8	-	8	7	7	-	-	-	4	-
Enteritis y colitis no infeccs	10	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infecc. agudas de vías resp.	2	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1
Enferm. crónicas de las vías resp.	5	5	6	4	3	3	10	5	6	3	-	-
Otras infeccs agudas de vías resp.	4	4	4	-	9	6	-	9	-	7	-	-
Otras enferm. de las vías resp.	-	-	-	5	-	8	3	3	4	9	-	-
Enferm. de la cav. bucal	1	2	2	1	1	2	5	2	1	2	2	2
Infeccs c/modo de transm. predom.	8	-	-	7	6	5	4	-	7	6	-	-
Síntomas y signos generales	9	-	-	10	-	-	-	7	-	-	-	-
Otros transt. maternos relac.	-	-	-	8	7	-	9	-	-	-	-	-
Transt. tejidos blandos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
Enferm. inflam. Órganos	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
Dermatitis y eczema	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
otras infeccs piel y tejido subc	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	8
Micosis	-	-	9	-	-	-	-	-	-	8	7	6
Dermatitis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Pediculosis, acariasis y otros inf.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-
Sínt. y signos que involucran los sist.	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enferm. Hipertensivas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	10
Desnutrición	-	-	-	9	-	-	-	10	-	-	-	-
Anemias nutricionales	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	6	5
Traumatism. cabeza	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dorsopatía	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-
ITU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	7
Transt. Otras glánd. Endocr.	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-

10 primeras causas de morbilidad Distrito Lurín 2007—2009

Fuente: Consorcio Villa Sur 2012, /Anexo15_Intervención Social/1 info final-Lurín . referenciado de

Fuente: RED- VES- LPP - ESTADISTICA E INFORMATICA – 2010

Anexo K. Interpretación de resultados técnica NMP

Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza		Combinación de tubos positivos			NMP/100mL	Límites de 95% de confianza	
				Inferior	Superior					Inferior	Superior
0	0	0	< 1.8	-	6.8	4	0	3	25	9.8	70
0	0	1	1.8	0.090	6.8	4	1	0	17	6.0	40
0	1	0	1.8	0.090	6.9	4	1	1	21	6.8	42
0	1	1	3.6	0.70	10	4	1	2	26	9.8	70
0	2	0	3.7	0.70	10	4	1	3	31	10	70
0	2	1	5.5	1.8	15	4	2	0	22	6.8	50
0	3	0	5.6	1.8	15	4	2	1	26	9.8	70
1	0	0	2.0	0.10	10	4	2	2	32	10	70
1	0	1	4.0	0.70	10	4	2	3	38	14	100
1	0	2	6.0	1.8	15	4	3	0	27	9.9	70
1	1	0	4.0	0.71	12	4	3	1	33	10	70
1	1	1	6.1	1.8	15	4	3	2	39	14	100
1	1	2	8.1	3.4	22	4	4	0	34	14	100
1	2	0	6.1	1.8	15	4	4	1	40	14	100
1	2	1	8.2	3.4	22	4	4	2	47	15	120
1	3	0	8.3	3.4	22	4	5	0	41	14	100
1	3	1	10	3.5	22	4	5	1	48	15	120
1	4	0	10	3.5	22	5	0	0	23	6.8	70
2	0	0	4.5	0.79	15	5	0	1	31	10	70
2	0	1	6.8	1.8	15	5	0	2	43	14	100
2	0	2	9.1	3.4	22	5	0	3	58	22	150
2	1	0	6.8	1.8	17	5	1	0	33	10	100
2	1	1	9.2	3.4	22	5	1	1	46	14	120
2	1	2	12	4.1	26	5	1	2	63	22	150
2	2	0	9.3	3.4	22	5	1	3	84	34	220
2	2	1	12	4.1	26	5	2	0	49	15	150
2	2	2	14	5.9	36	5	2	1	70	22	170
2	3	0	12	4.1	26	5	2	2	94	34	230
2	3	1	14	5.9	36	5	2	3	120	36	250
2	4	0	15	5.9	36	5	2	4	150	58	400
3	0	0	7.8	2.1	22	5	3	0	79	22	220
3	0	1	11	3.5	23	5	3	1	110	34	250
3	0	2	13	5.6	35	5	3	2	140	52	400
3	1	0	11	3.5	26	5	3	3	170	70	400
3	1	1	14	5.6	36	5	3	4	210	70	400
3	1	2	17	6.0	36	5	4	0	130	36	400
3	2	0	14	5.7	36	5	4	1	170	58	400
3	2	1	17	6.8	40	5	4	2	220	70	440
3	2	2	20	6.8	40	5	4	3	280	100	710
3	3	0	17	6.8	40	5	4	4	350	100	710
3	3	1	21	6.8	40	5	4	5	430	150	1100
3	3	2	24	9.8	70	5	5	0	240	70	710
3	4	0	21	6.8	40	5	5	1	350	100	1100
3	4	1	24	9.8	70	5	5	2	540	150	1700
3	5	0	25	9.8	70	5	5	3	920	220	2600
4	0	0	13	4.1	35	5	5	4	1600	400	4600
4	0	1	17	5.9	36	5	5	5	> 1600	700	-
4	0	2	21	6.8	40						

Fuente: Standard Methods

Anexo L. Normatividad Recurso Agua Potable. A.- Según Digesa. DS N° 031-2010-Sa.

Artículo 8°.- Entidades de la gestión de la calidad del agua de consumo humano

Las entidades que son responsables y/o participan en la gestión para asegurar la calidad del agua para consumo humano en lo que le corresponde de acuerdo a su competencia, en todo el país son las siguientes:

1. Ministerio de Salud;
2. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento;
3. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento;
4. Gobiernos Regionales;
5. Gobiernos Locales Provinciales y Distritales;
6. Proveedores del agua para consumo humano; y
7. Organizaciones comunales y civiles representantes de los consumidores.

Artículo 14°.- Programa de vigilancia

La DIGESA y las Direcciones de Salud o las Direcciones Regionales de Salud o las Gerencias Regionales de Salud en todo el país, administran el programa de vigilancia sanitaria del abastecimiento del agua, concordante a sus competencias y con arreglo al presente Reglamento. Las acciones del programa de vigilancia se organizan de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Registro.- Identificación de los proveedores y caracterización de los sistemas de abastecimiento de agua;
2. Ámbito.- Definición de las zonas de la actividad básica del programa de vigilancia, distinguiendo el ámbito de residencia: urbano, peri urbano y rural, a fin de determinar la zona de trabajo en áreas geográficas homogéneas en cuanto a tipo de suministro, fuente y administración del sistema de abastecimiento del agua;
3. Autorización sanitaria: Permiso que otorga la autoridad de salud que verifica los procesos de potabilización el agua para consumo humano, garantizando la remoción de sustancias o elementos contaminantes para la protección de la salud;

4. Monitoreo.- Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua;

5. Calidad del agua.- Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano establecidos en el presente Reglamento; y

6. Desarrollo de Indicadores.- Procesamiento y análisis de los resultados de los monitoreos de la calidad del agua, del sistema de abastecimiento y del impacto en la morbilidad de las enfermedades de origen o vinculación al consumo del agua.

TÍTULO IX: REQUISITOS DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Artículo 59°.- Agua apta para el consumo humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 60°.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para el consumo humano, como se indica en el Anexo I, debe estar exenta entre otros de:

1. Bacterias coliformes totales, termotolerantes y Escherichia coli,

Artículo 61°.- Parámetros de calidad organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada monitoreo establecido en el plan de control, correspondientes a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el Anexo II del presente Reglamento. Del diez por ciento (10%) restante, el proveedor evaluará las causas que originaron el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente Reglamento.

Artículo 62°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en la Anexo III del presente Reglamento.

Artículo 63°.- Parámetros de control obligatorio (PCO)

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

1. Coliformes totales;
2. Coliformes termotolerantes;
3. Color;
4. Turbiedad;
5. Residual de desinfectante; y
6. pH.

En caso de resultar positiva la prueba de coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Artículo 64°.- Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO)

De comprobarse en los resultados de la caracterización del agua la presencia de los parámetros señalados en los numerales del presente artículo, en los diferentes puntos críticos de control o muestreo del plan de control de calidad (PCC) que exceden los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en el presente Reglamento, o a través de la acción de vigilancia y supervisión y de las actividades de la cuenca, se incorporarán éstos como parámetros adicionales de control (PACO) obligatorio a los indicados en el artículo precedente.

1. Parámetros microbiológicos

Bacterias heterotróficas; virus; huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos; y organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos.

2. Parámetros organolépticos

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, dureza total, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad;

3. Parámetros inorgánicos

Plomo, arsénico, mercurio, cadmio, cromo total, antimonio, níquel, selenio, bario, flúor y cianuros, nitratos, boro, clorito clorato, molibdeno y uranio.[...]

En caso que el proveedor excediera los plazos que la autoridad ha dispuesto para cumplir con los LMP para el parámetro adicional de control, la Autoridad de Salud aplicará medidas preventivas y correctivas que correspondan de acuerdo a ley sobre el proveedor, y deberá

efectuar las coordinaciones necesarias con las autoridades previstas en los artículos 10°, 11° y 12° del presente Reglamento, para tomar medidas que protejan la salud y prevengan todo brote de enfermedades causado por el consumo de dicha agua.

Artículo 65°.- Parámetros inorgánicos y orgánicos adicionales de control

Si en la vigilancia sanitaria o en la acción de supervisión del agua para consumo humano de acuerdo al plan de control de calidad (PCC) se comprobare la presencia de cualquiera de los parámetros que exceden los LMP señalados en el Anexo III del presente Reglamento, la Autoridad de Salud y los proveedores de agua procederán de acuerdo a las disposiciones señaladas en el artículo precedente.

Artículo 66°.- Control de desinfectante

Antes de la distribución del agua para consumo humano, el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución, no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mgL⁻¹ y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT).

Artículo 67°.- Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales y/o coliformes termotolerantes, el proveedor investigará inmediatamente las causas para adoptar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario, y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias coliformes totales ni termotolerantes.

Artículo 68°.- Control de parámetros químicos

Cuando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible, en una muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y de corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para

adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector.

Artículo 69°.- Tratamiento del agua cruda

El proveedor suministrará agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizará de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso que ésta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP) señalados en los Anexos del presente Reglamento, deberá ser desinfectada previo al suministro a los consumidores.

Artículo 70°.- Sistema de tratamiento de agua

El Ministerio de Salud a través de la DIGESA emitirá la norma sanitaria que regula las condiciones que debe presentar un sistema de tratamiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas técnicas de diseño del MVCS, tanto para el ámbito urbano como para el ámbito rural.

Artículo 71.- Muestreo, frecuencia y análisis de parámetros

La frecuencia de muestreo, el número de muestras y los métodos analíticos correspondientes para cada parámetro normado en el presente Reglamento, serán establecidos mediante Resolución Ministerial del Ministerio de Salud, la misma que deberá estar sustentada en un informe técnico emitido por DIGESA.

Artículo 74°.- Revisión de los requisitos de calidad del agua

Los requisitos de calidad del agua para consumo humano establecidos por el presente Reglamento se someterán a revisión por la Autoridad de Salud del nivel nacional, cada cinco (05) años.

Anexo 9. Parámetros de muestreo Digesa.2013. Listado de requisitos para recepción de muestras. Versión 2 Microbiológicos

Ensayo	Tipo de muestra	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra ⁽²⁾	Preservación / Conservación desde la toma de muestra	Tiempo máximo para transporte al laboratorio
--------	-----------------	----------------	---	--	--

Coliformes totales, fecales, <i>Escherichia coli</i> . (Método fermentación tubos múltiples)	Agua para uso y consumo humano, agua purificada.	V ⁽¹⁾	250 mL	Si fueran cloradas, preservar con tiosulfato de sodio al 3% 0.1 mL / 120 mL de muestra ⁽³⁾ . Refrigerar de 4 °C a < 8° C	No exceder de 24 horas
Coliformes totales, fecales, <i>Escherichia coli</i> . (Método fermentación tubos múltiples)	Agua natural, aguas residuales, aguas salinas.	V ⁽¹⁾	250 mL	Refrigerar de 4 °C a < 8° C	No exceder de 6 horas
Coliformes totales, fecales (Método filtración por membrana)	Agua para uso y consumo humano, agua purificada.	V ⁽¹⁾	500 mL	Si fueran cloradas, preservar con tiosulfato de sodio al 3% 0.1 mL / 120 mL de muestra ⁽³⁾ . Refrigerar de 4 °C a < 8° C.	No exceder de 24 horas

(1) Frasco de vidrio esterilizado en el laboratorio.

(2) Al tomar la cantidad mínima de muestra que se indica en la tabla, asegurarse de dejar suficiente espacio aéreo en el envase, aproximadamente 2,5 cm.

(3) El frasco de vidrio esterilizado y con el preservante es preparado en el laboratorio.

Fuente: APHA, AWW, WEF. 2012. *Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition.*

IV. FISICOQUIMICOS

Ensayo	Tipo de envase	Cantidad mínima de muestra	Preservación / Conservación desde la toma de muestra	Tiempo máximo para transporte al laboratorio
pH			Medido en campo	
Temperatura			Medido en campo	
Conductividad			Medido en campo	
Oxígeno disuelto			Medido en campo	
BÁSICOS				
Turbiedad	P o V ⁽¹⁾	200 mL	Refrigerar a 4°C en oscuridad.	48 horas
Alcalinidad	P o V ⁽¹⁾	200 mL	Refrigerar a 4°C	14 días
Color	P o V ⁽¹⁾	500 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Sólidos sedimentables	P o V ⁽¹⁾	1000 mL	Refrigerar a 4°C	48 horas
Sólidos (disueltos, fijos, suspendidos, volátiles, totales.)	P o V ⁽¹⁾	1000 mL	Refrigerar a 4°C	7 días
Cloruros	P o V ⁽¹⁾	200 mL	Refrigerar a 4°C	28 días
Sulfatos	P o V ⁽¹⁾	100 mL	Refrigerar a 4°C	28 días
Dureza	P o V ⁽¹⁾	500 mL	Agregar 1,5 mL de HNO ₃ 1+1 ⁽⁴⁾ hasta pH < 2	6 meses

- 1) P: frasco de plástico polietileno de alta densidad boca ancha; V: frasco de vidrio de borosilicato boca ancha.
- 2) P(A): lavado con HNO₃ 1+1; V(A): lavado con HNO₃ 1+1.
- 3) V(D): acondicionado en el laboratorio con solventes orgánicos (Ejem: Acetona luego con hexano)
- 4) 1+1 (un volumen de ácido + un volumen de agua destilada). Debe asegurarse la calidad del agua destilada (libre de metales o compuestos orgánicos).
 Ácido nítrico: concentración 65% y de alta pureza. Ver especificaciones técnicas 1.
 Ácido sulfúrico: concentración 98% y grado P.A.
 Ácido clorhídrico: concentración 37 % y grado P.A.
- 5) Para ensayo de metales disueltos filtrar en el campo antes de preservar. Utilizar filtro de membrana de policarbonato o éster de celulosa, tamaño de poro 0,45 µm
- 6) Ácido clorhídrico (C), equivalente a Ácido clorhídrico 12 N. El ácido para preservar debe tener como máximo 5 µg/L de Hg

Fuentes: - APHA, AWW, WEF. 2012. Standard methods for examination of water & wastewater, 22nd Edition.

- Environmental Protection Agency 8015B, 245.7, 8081 B, 8141B. 2007.

- SW-846: Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods: <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/chap2.pdf>.

- Environmental Protection Agency EPA. Capítulo 4.

- **Normas Gobierno Regional y Local**

- ✓ **Ley Orgánica de Gobiernos Regionales – Ley N° 27867**

Artículo 3°.- Jurisdicción

Los gobiernos regionales tienen jurisdicción en el ámbito de sus respectivas circunscripciones territoriales, conforme a Ley.

Artículo 4°.- Finalidad

Los gobiernos regionales tienen por finalidad esencial fomentar el desarrollo regional integral sostenible, promoviendo la inversión pública y privada y el empleo y garantizar el ejercicio pleno de los derechos y la igualdad de oportunidades de sus habitantes, de acuerdo con los planes y programas nacionales, regionales y locales de desarrollo.