

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

ESCUELA DE POSGRADO



UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

TESIS:

**NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO
HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN
LA SALUD HUMANA, 2020**

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

Presentada por:

EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ

Asesor:

Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI

Cajamarca, Perú

2023



Universidad Nacional de Cajamarca

Escuela de Posgrado

El Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca expide, la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD:

Al Bachiller, **Edwin Jhon Saldaña Vásquez**, el que ha sustentado la Tesis de Maestría titulada: **NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA 2020**, de manera presencial acto que se realizó con fecha 27 de enero del 2023.

Que el Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani, en calidad de Asesor del sustentante, ha adjuntando el Informe antiplagio de la Tesis, obtenido a través del servicio de análisis documental de Turnitin con un porcentaje de 16%, del cual se puede verificar la originalidad de la Tesis antes mencionada.

Es todo cuanto se cumple con establecer para los fines pertinentes.

Cajamarca, 09 de junio de 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Dr. Juan E. Chávez Rabanal
DIRECTOR

COPYRIGHT 2023 © by
EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ
Todos los derechos reservados



Universidad Nacional de Cajamarca
LICENCIADA CON RESOLUCIÓN DE CONSEJO DIRECTIVO N° 080-2018-SUNEDU/CD
Escuela de Posgrado
CAJAMARCA - PERU



PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Siendo las 8:30 horas, del día 10 de mayo de dos mil veintitres, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por la **Dra. CONSUELO BELANIA PLASENCIA ALVARADO**, **Dr. EDIN EDGARDO ALVA PLASENCIA**, **M. Cs. JIMY FRANK OBLITAS CRUZ** y en calidad de Asesor el **Dr. CRISPÍN ZENÓN QUISPE MAMANI**. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada: **“NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020”**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó aprobar por unanimidad con la calificación de QUINCE (15) la mencionada Tesis; en tal virtud, el **Bachiller en Ingeniería Ambiental EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en Gestión Ambiental.

Siendo las 10:05 horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

.....
Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani
Asesor

.....
Dra. Consuelo Belania Plasencia Alvarado
Jurado Evaluador

.....
Dr. Edin Edgardo Alva Plasencia
Jurado Evaluador

.....
M. Cs. Jimmy Frank Oblitas Cruz
Jurado Evaluador

DEDICATORIA

- A la memoria de mis padres que todavía los tengo en vida: Faustino Saldaña Chávez y Melania Vásquez Tello, que gracias a su esfuerzo y a su amor infinito de padres me ofrecieron la mejor herramienta para seguir adelante, que es mi PROFESIÓN.
- A mi hermana: Fany Yaquelin Saldaña Vásquez, por ser parte fundamental en mi vida y de brindarme momentos de alegría y bienestar en mi vida.
- La dedico con todo cariño a Yanira Lizbel Herrera Vásquez, que estuviste motivándome y ayudándome para seguir adelante con esta investigación hasta donde tus alcances te permitieron.

EDWIN JHON

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero, profundo y personal agradecimiento a:

- A Dios, quien me ha dado la vida y por colocarme en el camino a personas maravillosas para seguir adelante.
- A la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela de Posgrado, Maestría en Ciencias, Mención Gestión Ambiental, quién me brindó la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.
- Al Dr. Crispín Zenón Quispe Mamani, asesor de la presente Tesis de Investigación, por su aporte y gran calidad humana, las asesorías vertidas, conocimientos científicos transmitidos, aportaciones y críticas constructivas brindadas para lograr consolidar la presente investigación con los estándares requeridos.
- Al Prof. Hugo Dagoberto Urrutia Morales y a todo el equipo técnico del Área Técnica Municipal de Agua y Saneamiento por permitirme el ingreso a las instalaciones de los Reservorios R-1, R2 y R-4, para la toma de las muestras en campo.
- Finalmente, a todas aquellas personas que me permitieron ingresar a sus viviendas, colegas y amigos de trabajo, quienes me brindaron el apoyo logístico con los equipos para la toma de muestras, el tiempo, el acompañamiento y la información para el logro de la presente investigación.

“Para empezar un gran proyecto, hace falta
valentía. Para terminar un gran proyecto,
hace falta perseverancia” **El Atrevimiento.**

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiv
LISTA DE FÓRMULAS	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
LISTA DE APÉNDICES	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS	xviii
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	4
1.1.1. Objetivo general.....	4
1.1.2. Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.1.1. Antecedentes internacionales	5
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.2. BASES TEÓRICAS	8
2.2.1. Agua para consumo humano	8

	Pág.
2.2.2. Importancia del agua de consumo	8
2.2.3. Cloro libre residual	9
2.2.4. Medición del cloro libre residual	9
2.2.5. Importancia del cloro libre residual	10
2.2.6. Agua potable.....	10
2.2.7. Calidad del agua	11
2.2.8. Desinfección del agua	11
2.2.9. La importancia del cloro en el agua	11
2.2.10. Importancia del agua potable en la salud pública.....	12
2.2.11. Efectos del cloro en la salud humana	13
2.2.12. Características de un buen desinfectante	14
2.2.13. Control de desinfectante	14
2.2.14. Densidad Kernel	15
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	16
CAPÍTULO III.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	19
3.1.1. Clima.....	20
3.1.2. Accesibilidad	20
3.1.3. Hidrografía	20
3.1.4. Ecología, edafología y geología	21
3.2. EQUIPOS, INSUMOS Y MATERIALES	22
3.3. MATERIAL DE LABORATORIO	22
3.4. MATERIAL DE GABINETE.....	23

	Pág.
3.5. METODOLOGÍA	23
3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	30
3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.....	30
CAPÍTULO IV	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1. Análisis del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (Época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (Época lluviosa) del año 2020 y 2021	33
4.2. Análisis del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (Época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (Época lluviosa) del año 2020 y 2021 en función al nivel y el rango según el cumplimiento del LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD	36
4.3. Contraste de Hipótesis de los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca, para los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021	38
4.3.1. Resultados descriptivos (Media, Desviación Estándar y Tendencia Temporal)	38
4.3.2. Análisis de Normalidad.....	40
4.3.3. Análisis de Variabilidad: ANOVA	41
4.3.4. Prueba Tukey para comparaciones múltiples	42
4.3.5. Análisis de Variabilidad y Varianza por niveles de cloro libre residual (Alto, Medio y Bajo).....	44
4.3.6. Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Alto, Medio y Bajo	46
4.3.7. Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Medio y Bajo	47
4.4. Análisis de asociación correlacional (Prueba de Chi-cuadrado) entre los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano por mes y sus efectos en la salud humana mediante los factores epidemiológicos en niños menores de 5 años	48
CAPÍTULO V	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
5.1. CONCLUSIONES.....	57

	Pág.
5.2. RECOMENDACIONES.....	58
CAPÍTULO VI.....	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
CAPÍTULO VII	65
ANEXOS	65
CAPÍTULO VIII.....	98
APÉNDICES	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Codificación de muestras de agua de cloro libre residual.....	23
Tabla 2. Técnicas e instrumentos de recopilación de información.....	30
Tabla 3. Indicadores epidemiológicos de la ciudad de Bambamarca (casco urbano) en niños menores de 5 años.....	32
Tabla 4. Resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (época lluviosa) del año 2020 y 2021.....	33
Tabla 5. Cumplimiento del Límite Máximo Permisible (LMP) del D.S. N° 031-2010-SALUD.....	36
Tabla 6. Promedio de cloro libre residual de las 2136 viviendas de acuerdo al LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD.....	37
Tabla 7. Concentración de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	38
Tabla 8. Prueba de Normalidad de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	40
Tabla 9. Análisis de Variabilidad: ANOVA de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	41
Tabla 10. Prueba Tukey para comparaciones múltiples de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	42
Tabla 11. Análisis de Variabilidad y Varianza por niveles de cloro libre residual de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	44
Tabla 12. Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Alto, Medio y Bajo de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.....	46
Tabla 13. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación en niños menores de 5 años.....	47

Tabla 14. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación en niños menores de 5 años.	48
Tabla 15. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) no complicada en niños menores de 5 años.....	49
Tabla 16. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock en niños menores de 5 años.	50
Tabla 17. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) disintérica en niños menores de 5 años.	51
Tabla 18. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) persistente en niños menores de 5 años.	52
Tabla 19. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Anemia en niños menores de 5 años.	53
Tabla 20. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Parasitosis en niños menores de 5 años.	54
Tabla 21. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) en niños menores de 5 años.	54
Tabla 22. Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual según indicadores epidemiológicos en niños menores de 5 años.	55

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Herramienta de densidad Kernel.....	16
Figura 2. Ubicación del proyecto de investigación en la ciudad de Bambamarca.	19
Figura 3. Puntos de muestreo de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SALUD.	27
Figura 4. Parámetros de campo y puntos de muestreo mediante el sistema de agua por gravedad simple.	28
Figura 5. Flujograma de la metodología desarrollada.....	31
Figura 6. Resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (época lluviosa) del año 2020.	35
Figura 7. Diagrama de Cajas por meses de la concentración de cloro libre residual en agua de hogares con respecto a la Tendencia Temporal.	39
Figura 8. Equipo colorímetro marca HACH calibrado, modelo Pocket Colorimeter II, con una celda de muestra (Zero) y dos celdas cubetas (A y B) de vidrio de 10 ml.	93
Figura 9. Reactivos en polvo de cloro libre residual para cada celda cubeta de 10 ml.	94
Figura 10. Equipo de Posicionamiento Global (GPS) marca Garmin, modelo GPSMAP64s.	95
Figura 11. Monitoreo de cloro libre residual en las 356 viviendas desde los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021 con el equipo colorímetro digital, debidamente calibrado.	96
Figura 12. Uso del GPS en las 356 viviendas para el diseño de los niveles de cloro libre residual por debajo de 0.5 mg/L mediante el uso del programa ArcGIS 10.4.1. (Herramienta densidad Kernel) sobre un mapa de base OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA.	97

LISTA DE FÓRMULAS

	Pág.
Fórmula 1. Densidad Kernel.....	15
Fórmula 2. Muestra de Estudio (población finita).....	26

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Límites Máximos Permisibles (LMPs) del Decreto Supremo N° 031-2010-SALUD.	65
Anexo 2. Concentración de cloro libre residual en agua de hogares de las 356 viviendas de la ciudad de Bambamarca desde el mes de Setiembre del año 2020 hasta el mes de Febrero del año 2021.	68
Anexo 3. Coordenadas UTM en WGS84 de las 356 viviendas de la ciudad de Bambamarca para diseñar los niveles de concentración de cloro libre residual, mediante el uso de la herramienta de densidad Kernel con el programa ArcGIS 10.4.1.	77
Anexo 4. Matriz de consistencia.	87
Anexo 5. Matriz de operacionalización de variables.	88
Anexo 6. Certificado de Calibración del equipo colorímetro marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II.	89
Anexo 7. Informe de Mantenimiento del equipo colorímetro marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II.	91
Anexo 8. Panel fotográfico.	93

LISTA DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Mapa de ubicación del casco urbano de la ciudad de Bambamarca, provincia de Hualgayoc - región Cajamarca.	98
Apéndice 2. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Setiembre del año 2020.....	98
Apéndice 3. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Octubre del año 2020.....	98
Apéndice 4. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Noviembre del año 2020.....	98
Apéndice 5. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Diciembre del año 2020.....	98
Apéndice 6. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Enero del año 2021.....	98
Apéndice 7. Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Febrero del año 2020.	98
Apéndice 8. Mapa de coordenadas UTM (WGS84) de las 356 viviendas monitoreadas con cloro libre residual de la ciudad de Bambamarca, provincia de Hualgayoc - región Cajamarca.	98

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS	: Organización Mundial de la Salud.
ONU	: Organización de las Naciones Unidas.
FNUAP	: Fondo de Población de las Naciones Unidas.
D.S.	: Decreto Supremo.
DPD	: dietil-p-fenilen-diamina.
HACH	: Water Intelligence System.
NTE	: Norma Técnica Ecuatoriana.
INEN	: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
ENAHO	: Encuesta Nacional de Hogares.
INGEMMET	: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil.
MINSA	: Ministerio de Salud.
INVIMA	: Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos.
ANDA	: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados.
EDAs	: Enfermedades Diarreicas Agudas.
ENDES	: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar.
LENNTECH BV	: Lenntech Water Treatment Solutions.
DIRESA	: Dirección Regional de Salud.
SABA	: Modelo de Saneamiento Básico Integral.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
GPS	: Sistema de Posicionamiento Global.
LMP	: Límite Máximo Permisible.
m ³	: Metro cúbico.

UN : United Nations.
WHO : World Health Organization.
OPS : Organización Panamericana de la Salud.
ESRI : Environmental Systems Research Institute.

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar los niveles de cloro residual en agua para consumo humano y sus efectos en la salud humana, 2020; fue de tipo no experimental y descriptivo, inició con la identificación, monitoreo y evaluación de las muestras de cloro libre residual en agua de hogares. Se aplicó el tamaño de muestra para calcular la población finita en un total de 356 viviendas haciendo un total de 2136 viviendas durante 6 meses. Utilizándose un colorímetro digital debidamente calibrado y un GPS para elaborar los niveles de cloro libre residual y proyectarlos sobre un mapa de base de OpenStreetMap con el manejo de la herramienta de densidad Kernel del programa ArcGIS 10.4.1. Finalmente, se simuló los niveles de cloro libre residual desde los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021, encontrándose concentraciones de cloro libre residual en un Nivel Medio, con un promedio de viviendas de 0,561; lo cual se encuentra en el rango de 0,50 mg/L - 1,00 mg/L, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SALUD del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano. Se realizó el análisis de varianza y Tukey con un nivel de significancia del 5%, obteniéndose para el mes de Diciembre una mayor concentración de cloro libre residual en relación a los demás meses, indicando que los Niveles Medio y Bajo señalan una correlación estadísticamente significativa y fuerte, representando una correlación positiva. También, se realizó la prueba de Chi-cuadrado encontrándose una asociación fuerte entre los niveles de concentración de cloro libre residual y las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs disentérica y EDAs persistente) en comparación a los demás indicadores de salud.

Palabras clave: Cloro libre residual, concentración, límite máximo permisible, enfermedad diarreica aguda y ciudad de Bambamarca.

ABSTRACT

The objective of the research was to determine the levels of residual chlorine in water for human consumption and its effects on human health, 2020; it was non-experimental and descriptive, it began with the identification, monitoring and evaluation of residual free chlorine samples in household water. The sample size was applied to calculate the finite population in a total of 356 homes, making a total of 2136 homes for 6 months. Using a properly calibrated digital colorimeter and a GPS to prepare the residual free chlorine levels and project them on an OpenStreetMap base map using the Kernel density tool of the ArcGIS 10.4.1 program. Finally, the levels of free residual chlorine were simulated from the months of September 2020 to February 2021, finding concentrations of free residual chlorine at a Medium Level, with an average for homes of 0.561; which is in the range of 0.50 mg/L - 1.00 mg/L, complying with the Maximum Permissible Limits of the D.S. No. 031-2010-HEALTH of the Regulation of Water Quality for Human Consumption. The analysis of variance and Tukey was carried out with a significance level of 5%, obtaining for the month of December a higher concentration of residual free chlorine in relation to the other months, indicating that the Medium and Low Levels indicate a statistically significant correlation and strong, representing a positive correlation. Also, the Chi-square test was performed, finding a strong association between the concentration levels of residual free chlorine and Acute Diarrheal Diseases (dysenteric ADD and persistent ADD) in comparison to the other health indicators.

Keywords: Residual free chlorine, concentration, maximum permissible limit, acute diarrheal disease and the city of Bambamarca.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), indican que el uso del agua hasta el 2025 se incrementará en un 50% en países en desarrollo y un 18% en países desarrollados, lo cual va a causar la escasez del agua, así como la contaminación contribuirán a aumentar el riesgo del agua en varias zonas del planeta. Estos problemas se reflejan por la aplicación de políticas nacionales en brindar un mejor acceso al agua y a un saneamiento saludable a poblaciones donde aún no cuentan con estos servicios y si es que lo tienen no es lo más seguro. Es por ello, que el acceso al agua potable segura y a un adecuado saneamiento básico, se reflejaran en sociedades más fuertes y saludables y a la vez estos ofrecer una oportunidad a las generaciones futuras, contribuyendo a una mejor calidad de vida, sobre todo a los niños menores de 5 años (FNUAP, 2015).

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud (OMS), menciona que las enfermedades diarreicas son la segunda mayor causa de muerte en niños menores de cinco años, y ocasionan la muerte de 525,000 niños cada año, siendo las principales causas de muerte en el pasado la deshidratación grave y la pérdida de líquidos; sin embargo, en la actualidad las infecciones bacterianas septicémicas son las responsables de la mayor cantidad de muertes relacionadas con la diarrea y a esto se suma los niños malnutridos o inmunodeprimidos que presentan mayor riesgo de enfermedades diarreicas potencialmente mortales (OMS, 2017). Por tal razón, el acceso al agua segura es fundamental para preservar la salud de las personas, siendo reconocido como un derecho humano esencial (United Nations, 2010). Por ello, en el Perú según el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del Ministerio de Salud; señala que el agua de consumo debe estar exenta de bacterias coliformes como *Escherichia coli*, virus, helmintos, quistes u oocistos

de protozoarios patógenos, y en caso de bacterias heterotróficas debe tener menos de 500 UFC/ml a 35°C. Para el logro de esta idoneidad, los proveedores de agua deben asegurar un nivel de cloro residual no menor de 0,5 mg/L en cualquier punto de la red de distribución (MINSA, 2011). Por lo tanto, la cloración del agua es un método costo-efectivo para el control de enfermedades como el cólera, disentería, tifoidea, polio, entre otras, que anualmente causan más de 500 000 muertes por enfermedades diarreicas en el mundo (World Health Organization, 2022).

En ese sentido, queda demostrado que el acceso al agua potable y de forma segura conllevará a una mejor calidad de vida de la población urbana, realizando la medición del cloro libre residual en las viviendas y de esa manera conocer las concentraciones del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) en cada vivienda monitoreada, lo cual servirá para elaborar los niveles de cloro libre residual durante los 6 meses, tanto en época seca y lluviosa, con el propósito de conocer los efectos en la salud humana; por otro lado, los monitoreos mensuales del cloro libre residual se reportarán al Puesto de Salud Virgen del Carmen y a la Unidad Ejecutora de Salud Ambiental de Hualgayoc - Bambamarca para que se implemente un plan de control de calidad del parámetro químico inorgánico desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) y se conozca con precisión las concentraciones de cloro libre residual en cada vivienda monitoreada, lo cual servirá como línea base para futuras investigaciones y éstas puedan ser tomadas y al mismo tiempo comparadas con otros investigadores.

Al mismo tiempo, es imprescindible reiterar que las Áreas Técnicas Municipales de Agua y Saneamiento (ATMAS) de los gobiernos locales, la Dirección de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS) de los Gobiernos Regionales, el Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU), el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) del Gobierno Nacional y las instituciones del sector salud en sus tres niveles de gobierno son los representantes encargados

en cerrar las brechas de calidad (cloro libre residual mayor o igual a 0,5 mg/L en las viviendas), continuidad (de 15 horas a 24 horas con servicio de agua), cobertura (más del 90% de usuarios con acceso al agua) y la de brindar una mejor calidad del agua a la población urbana.

En este contexto desde el punto de vista de la salud humana y de evitar el riesgo de que el agua suministrada contenga bacterias, coliformes u otros microorganismos patógenos que pongan en peligro a la población infantil y a los adultos mayores, susceptibles a contraer enfermedades como la Desnutrición Crónica Infantil y las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) por la inadecuada cloración del agua, debido a que no se cuenta con un acompañamiento técnico para una buena dosificación de la cloración del agua y a esto se suma el poco conocimiento por parte de los Gobiernos Locales en brindar una agua de calidad.

A partir de las problemáticas expuestas, el problema de la investigación se formuló a través de la pregunta: ¿Cuáles son los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020?

De igual manera, se planteó la hipótesis general en concordancia con las problemáticas expuestas, donde se manifiesta que los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano deben cumplir en cerrar las brechas de acceso al servicio de agua en el ámbito urbano, debido a que el parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) si se encontraría por debajo de 0,5 mg/L, ésta no cumpliría con los Límites Máximos Permisibles (LMPs) para agua de consumo humano, establecido en el D.S. N° 031-2010-SALUD.

La investigación se desarrolló en la ciudad de Bambamarca, perteneciente al área urbana comprendiendo un total de 356 viviendas. Igualmente, el espacio temporal en el que se desarrolló comprende los meses de Setiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero del año 2020 y 2021, abarcando las épocas estacionales de lluvia y estiaje. Además, se realizó en base al

análisis del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual).

Al llevar a cabo el estudio se presentó la limitación correspondiente a la enfermedad por el nuevo coronavirus (COVID-19), la cual era muy difícil poder ingresar a las viviendas y realizar los monitoreos a las 356 viviendas de manera puntual en los grifos, en muchos de los puntos de muestreos se tuvo que realizar la evaluación afuera de su vivienda, debido a que muchas familias tenían el temor de contagiarse, siendo un obstáculo al momento de ejecutar los trabajos en campo.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

- Determinar los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

1.1.2. Objetivos específicos

- ✓ Medir las concentraciones de cloro libre residual en agua para consumo de la ciudad de Bambamarca desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).
- ✓ Simular los niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).
- ✓ Determinar la relación de los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en el agua de consumo humano de la ciudad de Bambamarca.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se muestran algunos antecedentes en el ámbito internacional y nacional relacionadas a la monitoreo del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual)

en el agua para consumo humano.

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tinoco et al. (2019) en la investigación denominada “Niveles de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable en una institución de educación superior en la ciudad de Cali - Colombia, 2019”, tuvieron como objetivo realizar la ejecución del monitoreo en siete semanas y la toma de registros diarios de niveles de cloro libre residual en cuatro puntos estratégicos dentro de la red del acueducto en una institución pública de educación superior, dichos registros se tomaron para determinar la potabilidad del agua en las zonas de mayor consumo. Asimismo, establecieron los niveles de cloro libre residual con el reactivo DPD (dietil-p-fenilen-diamina) en gotas que al ser mezclado con 10 mL de agua dentro de un medidor de dos celdillas que reaccionaron inmediatamente dando una coloración determinada para cada muestra y posteriormente los resultados se compararon con los patrones impresos en el medidor, obteniendo los valores numéricos de cloro libre residual por muestra. Además, dichos valores se tabularon y graficaron, obteniéndose los siguientes valores promedio de cloro libre residual de los cuatro puntos de registro: 1.10; 1.00; 0.99; 0.90 mg/L, partiendo desde el punto de la red interna más cercano a la entrada de alimentación hasta los puntos más lejanos respectivamente. Finalmente, de acuerdo a la Resolución N° 2115 del año 2007 del Ministerio de la Protección Social y de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia, donde contempla que para que el agua sea potable, los niveles de cloro libre residual deben estar entre 0,30 mg/L y 2,00 mg/L, se concluyó que los valores obtenidos en el presente estudio si pertenecen a dicho rango, independientemente si el agua en las zonas estudiadas se utilizó para alimentación, recreación o consumo diario.

Guanuchi et al. (2017) en su investigación titulada “Evaluación del Cloro Residual

en la Red de Distribución de Agua Potable del Cantón Azogues a través de un Modelo Experimental en Cuenca - Ecuador, 2017”, tuvieron como objetivo evaluar el cloro residual en 30 puntos de monitoreo mensual en la red de distribución de agua potable durante los meses de julio a setiembre de 2016 y enero a febrero de 2017 y en el mes de marzo de 2017 establecieron 20 puntos de monitoreo en la zona alta de la red de agua potable. El análisis del cloro libre residual fue realizado in-situ mediante el método DPD (dietil-p-fenilen-diamina), con un equipo colorímetro digital marca HACH 890 calibrado, empleando la técnica del muestreo puntual. Finalmente, tuvieron como resultados que, las concentraciones de cloro libre residual durante los meses de muestreo estuvieron en el rango de 0,39 mg/L a 1,17 mg/L, en 27 puntos de monitoreo equivalente al 90% y el resto de los puntos de monitoreo que representa el 10% no cumplieron con el límite máximo permisible para consumo humano según la Norma Ecuatoriana NTE INEN 1108-2014, establecida de 0,3 mg/L - 1,5 mg/L.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Bendezu et al. (2016) en su investigación titulada “Concentración Inadecuada de Cloro Residual Libre en Agua de Hogares de Lima Metropolitana - Perú, 2016”, que consistió en realizar un análisis secundario de la Encuesta Nacional de Hogares (ENAH) 2016 de los resultados obtenidos de la evaluación de los niveles de cloro libre residual en las muestras de agua tomadas de los hogares. Asimismo, encontraron que, el 96,6% pertenecen a los hogares con abastecimiento de agua por red pública y el 3,4% está relacionado a los niveles de cloro libre residual. Finalmente, en sus resultados utilizaron la herramienta densidad Kernel y el paquete estadístico Stata 14.2 para caracterizar los hogares con abastecimiento de agua con niveles residuales de cloro por debajo de 0,5

mg/L, de cloro. Asimismo, emplearon datos de longitud y latitud de los hogares para proyectarlos sobre un mapa de base de OpenStreetMap en el programa ArcGIS versión 10.5 en un total de 3,345 hogares con datos completos sobre abastecimiento y niveles residuales de cloro. En relación al acceso al agua clorada, encontraron que existe una concentración inadecuada de cloro libre residual en un tercio de los hogares; es decir, el 34,0% de hogares de Lima Metropolitana. Por otro lado, identificaron zonas con diferentes densidades (rojas, anaranjadas y amarillas) en Lima Metropolitana, donde resaltaron que los hogares con inadecuados niveles de cloro se distribuyen por toda la ciudad; por lo que, se estaría poniendo en riesgo el acceso a contar con una agua segura para la disminución de las enfermedades y la mortalidad en la salud humana, tanto en los niños menores de 5 años y en los adultos mayores.

Miranda et al. (2010) en la investigación denominada “Situación de la Calidad de Agua para Consumo en Hogares de Niños Menores de Cinco Años en Perú, 2007 - 2010”, tuvieron como objetivo contar con la proporción de niños menores de cinco años con acceso a agua de calidad y su comportamiento en función de la localización geográfica, abastecimiento de agua y situación de pobreza en el (Perú), en la que utilizó una encuesta continua (transversal repetida), por muestreo aleatorio multietápico, del universo de niños menores de cinco años residentes en el Perú. También, evaluaron la presencia de cloro libre residual en muestras de agua para consumo en los hogares de 3,570 niños (Lima Metropolitana 666, resto de costa 755, sierra urbana 703, sierra rural 667 y selva 779) y la presencia de coliformes totales y E. Coli en muestras de agua de 2,310 hogares (Lima metropolitana 445, resto de costa 510, sierra urbana 479, sierra rural 393 y selva 483). Por lo que, la proporción nacional de niños menores de cinco años que residen en hogares

con cloro libre residual adecuado en el agua para consumo, alcanza a 19,5% del total, mientras que la correspondiente a agua libre de coliformes y E. Coli asciende a 38,3%. Existe una marcada diferencia de los resultados por área de residencia (los ámbitos más afectados fueron sierra rural y selva), red pública domiciliaria dentro de la vivienda y quintiles de ingreso. Motivo por el cual, existe una gran desventaja en los niños menores de cinco años provenientes de hogares pertenecientes al área rural y en extrema pobreza, para acceder al consumo de agua de calidad, siendo altamente preocupante la situación que representa un grave problema en la salud humana para el control y prevención de las Enfermedades Diarreicas agudas (EDAs) y la Desnutrición Crónica Infantil.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Agua para consumo humano

Es aquella que, por cumplir características físicas, químicas y microbiológicas, es apta para el consumo humano y está es utilizada en la bebida directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (INVIMA, 2014).

2.2.2. Importancia del agua de consumo

Es importante garantizar la disponibilidad del agua potable en el ámbito de la salud pública; lo cual, nos garantizará su seguridad e higiene, lo que significa que el agua no estará contaminada, así como brindar la transparencia y la divulgación de la información para garantizar una protección adecuada desde la recopilación hasta la entrega a los consumidores (Gómez et al., 2016). En consecuencia, garantizar un servicio de agua es de vital importancia ya que en el mundo existe un aproximado del 30% de la población que no accede a un servicio de agua potable seguro, lo que inclusive llega a desencadenar que muchos niños no se escolaricen (OMS, 2019).

Por tanto, el agua es considerada una necesidad esencial para la vida y contribuye

en gran medida al bienestar de la humanidad. La accesibilidad al agua potable, limpia y segura es un derecho humano básico en todo el mundo, y se estima que 3,4 millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades virales relacionadas con el agua, un ejemplo de estas es la gastroenteritis que principalmente ocasiona muertes, y contribuyen significativamente a la morbilidad y mortalidad en el mundo (Rashid et al., 2021).

2.2.3. Cloro libre residual

El cloro libre residual hace referencia al cloro que se encuentra activo, el cual persiste en el agua después de la desinfección, asegurando su esterilización en un tiempo prolongado; por lo que, la cloración es una de las mejores opciones para un agua microbiológicamente segura, y por sus atributos el cloro es eficiente para la gran mayoría de microorganismos en el agua incluyendo bacterias, virus, hongos, levaduras, de igual forma algas y limos que crecen en las tuberías de agua, alimentación y tanque de almacenamiento encontrándose en circunstancias normales el cloro libre residual entre 0,2 mg/L a 0,5 mg/L, siendo la cantidad de 0,5 mg/L y no menor de 0,2 mg/L y de esa manera se asegure que el agua ha recibido tratamiento y estará libre de bacterias al pasar por las tuberías y el tanque previo a ser consumida (OPS, 2013). Por lo que, se debe recalcar que las concentraciones bajas de cloro no es eficaz para matar microorganismos patógenos como bacterias y virus; y en concentraciones altas el cloro libre residual reacciona con material orgánico natural que puede disolverse para producir trihalometano y otros subproductos nocivos e inclusive cancerígenos (Hoque et al., 2017).

2.2.4. Medición del cloro libre residual

Es la 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

(MINSA, 2015).

La prueba más común es el indicador de DPD (dietil-para-fenil-diamina) mediante un kit de comparación. Esta prueba es el método más rápido y sencillo para evaluar el cloro residual. En esta prueba, se añade una tableta de reactivo a una muestra de agua, que la tiñe de rojo. La intensidad del color se compara con una tabla de colores estándar para determinar la concentración de cloro en el agua. Entre más intenso el color, mayor es la concentración de cloro en el agua. Hay muchos kits disponibles en el comercio para analizar el cloro residual en el agua, como el que se muestra más abajo. (Córdova, 2017).

Es por ello, que el control de la contaminación microbiológica con el uso del cloro en el tratamiento del agua tiene dos objetivos: Desactivar los elementos patógenos presentes en el agua bruta y prevenir nuevamente la contaminación del agua tratada durante su permanencia en la red de distribución antes del consumo. La desinfección por medio del cloro permite alcanzar estos objetivos por su gran eficacia para destruir patógenos y por asegurar la presencia de un residuo en la red de distribución, es primordial que el agua tratada sea siempre potable desde el punto de vista microbiológico (Rodríguez, 2007).

2.2.5. Importancia del cloro libre residual

Es muy importante la presencia del cloro libre residual en las redes de distribución, desde los reservorios donde se realiza la desinfección del agua hasta las viviendas de los usuarios finales, con el fin de asegurar que el líquido vital haya sido correctamente saneado y siga persistiendo su inocuidad (Tinoco et al., 2019).

2.2.6. Agua potable

Es el agua cuyas características físicas, químicas microbiológicas han sido tratadas a fin de garantizar su aptitud para consumo humano (INEN 1108, 2014).

2.2.7. Calidad del agua

El agua destinada al consumo humano es la que sirve para beber, cocinar, preparar alimentos u otros usos domésticos, lo cual no puede contener ningún tipo de microorganismos, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana. Normalmente el agua es captada de manantiales de aguas cristalinas, extraída del suelo mediante pozos profundos o extrayendo el agua de un acuífero de buena calidad. No obstante, el agua debe ser tratada para el consumo humano, y puede ser necesaria la eliminación de sustancias disueltas, sin disolver o de microorganismos perjudiciales para la salud (ANDA, 2015). Por consiguiente, la calidad del agua puede verse comprometida por la presencia de agentes infecciosos, productos químicos tóxicos o radiaciones (OMS, 2015).

2.2.8. Desinfección del agua

La desinfección del agua para uso humano tiene por finalidad la eliminación de los microorganismos patógenos contenidos en el agua mediante la inclusión de cloro en el agua. Además, la desinfección es el único tratamiento que se le da al agua para obtener agua potable; por el contrario, al potabilizar el agua con un exceso de cloro las personas pueden estar induciendo en enfermedades de alto riesgo como el cáncer de hígado, estomago, riñón, colon y recto. Es por ello, que el cloro es beneficioso para la desinfección del agua y para el consumo humano siempre y cuando se mantenga entre los límites permisibles por lo que es importante revisar frecuentemente el cloro residual en el sitio de entrega al público (Acuña et al., 2013).

2.2.9. La importancia del cloro en el agua

La mayoría de las enfermedades más comunes que se encuentran en comunidades traumatizadas después de un desastre, están relacionadas con el consumo de agua

contaminada. La contaminación se puede dar por microorganismos o por productos químicos naturales o hechos por el hombre. Este párrafo se concentra en los problemas causados por el consumo de agua contaminada con microorganismos, puesto que son de lejos los más comunes y se pueden reducir con la cloración. La contaminación química es difícil de tratar y requiere conocimiento y equipos especializados. Las personas que viven en el mismo lugar durante toda su vida y consumen regularmente agua contaminada, pueden volverse algo resistente a los contaminantes y sufrir pocos problemas de salud o ninguno. Las emergencias tienen tres efectos relevantes en las personas:

- Obligan a las personas a mudarse a otros lugares donde la calidad del agua puede ser diferente de la que consumen normalmente y para la que no poseen inmunidad.
- Obligan a las personas a vivir en malas condiciones, como en tiendas o en construcciones temporales, lo que les hace difícil mantener buenas prácticas de higiene.
- Afectan su dieta, generalmente reducen su valor nutricional, y las hace más vulnerables a las enfermedades.

Por eso es tan importante que todas las personas afectadas por la emergencia reciban agua de muy buena calidad. Existen muchas formas para mejorar la calidad de agua para consumo. Las más comunes son la decantación y el filtrado, seguidas por la desinfección. La eliminación de los organismos patógenos y la desinfección se pueden lograr de muchas formas, pero la más común es mediante la adición de cloro. Sin embargo, el cloro sólo actúa de forma correcta si el agua está limpia (OMS, 2009).

2.2.10. Importancia del agua potable en la salud pública

De acuerdo a las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable es aquella agua, que puede ser consumida por las personas durante toda su vida; sin poner en riesgo su salud (OMS, 2006). Para lograr esta condición, el agua potable debe contar con características físico-químicas y bacteriológicas, por debajo de los valores límite establecidos por las normas vigentes, que establecen la calidad del agua que no pone en riesgo la salud de las personas que la consume. El agua contaminada puede transmitir enfermedades, entre ellas las EDAs (Enfermedades Diarreicas Agudas), que son conocidas como una de las principales causas de morbilidad y de los altos índices de desnutrición crónica en niños menores de 5 años en el Perú. De acuerdo al MINSA, en el año 2014 se reportaron 478,000 casos de diarreas en niños menores de 5 años. Sólo el 1% del agua para consumo humano en las zonas rurales del Perú estaba clorada, según datos de la encuesta ENDES 2014 y reportada por la Contraloría General de La República en una auditoría de desempeño (Contraloría General de la República, 2015) efectuada a los servicios de saneamiento para el ámbito rural del Perú en el año 2015. La importancia del agua potable es reconocida por organizaciones internacionales como las Naciones Unidas (Cooperación Alemana al Desarrollo, 2017).

2.2.11. Efectos del cloro en la salud humana

Los efectos del cloro en la salud humana dependen de la cantidad de cloro presente, del tiempo y la frecuencia de exposición. Asimismo, dependen de la salud de la persona y de las condiciones del medio cuando la exposición tuvo lugar (Lenntech BV, 2019). Es importante recalcar, que existe riesgo de cáncer en los humanos debido a la cloración del agua de consumo, lo cual ha sido evaluado en distintos estudios, siendo el de mayor

incidencia el cáncer de vejiga y la menor incidencia el cáncer de colon para personas que bebían agua clorada en exceso. Este riesgo es mayor en personas con antecedentes genéticos y mayores de 60 años de edad. También, se tiene una sensación de estrangulamiento e irritación en la boca y garganta, la laringe y esófago. Adicionalmente a ello, se demostró que la toxicidad de los compuestos clorados presentes en el agua produjo cambios en la información genética de las células (OMS, 2010).

2.2.12. Características de un buen desinfectante

Las principales características de un buen desinfectante deben ser:

- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas, presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto.
- No perder su capacidad desinfectante, ante cambios en la composición y condiciones del agua a desinfectar.
- No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos.
- Debe mantener su capacidad desinfectante, en un rango adecuado de temperatura del agua.
- Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como; de determinar su concentración en el agua.
- Debe proveer al agua una protección residual, contra contaminaciones posteriores a la desinfección, es decir, tener efecto residual (Cooperación alemana, 2017).

2.2.13. 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 mg/L de cloro libre residual en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguno debe contener menos de 0,3 mg/L (DIRESA PUNO, 2015).

2.2.14. Densidad Kernel

La herramienta densidad Kernel calcula la densidad de las entidades de punto de alrededor de cada celda ráster de salida y éstas puede calcularse para las entidades de punto y de línea. La densidad Kernel de cada punto o línea en una nueva ubicación (x,y) se determina mediante la siguiente fórmula:

$$Density = \frac{1}{(radius)^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{3}{\pi} \cdot pop_i \left(1 - \left(\frac{dist_i}{radius} \right)^2 \right)^2 \right]$$

For $dist_i < radius$

Fórmula 1. Densidad Kernel.

Dónde:

- $i = 1, \dots, n$ son los puntos de entrada. Solo debe incluir puntos en la suma si están dentro de la distancia de radio de la ubicación (x,y).
- pop_i es el valor de campo de población del punto i, que es un parámetro opcional.
- $dist_i$ es la distancia entre el punto i y la ubicación (x,y).

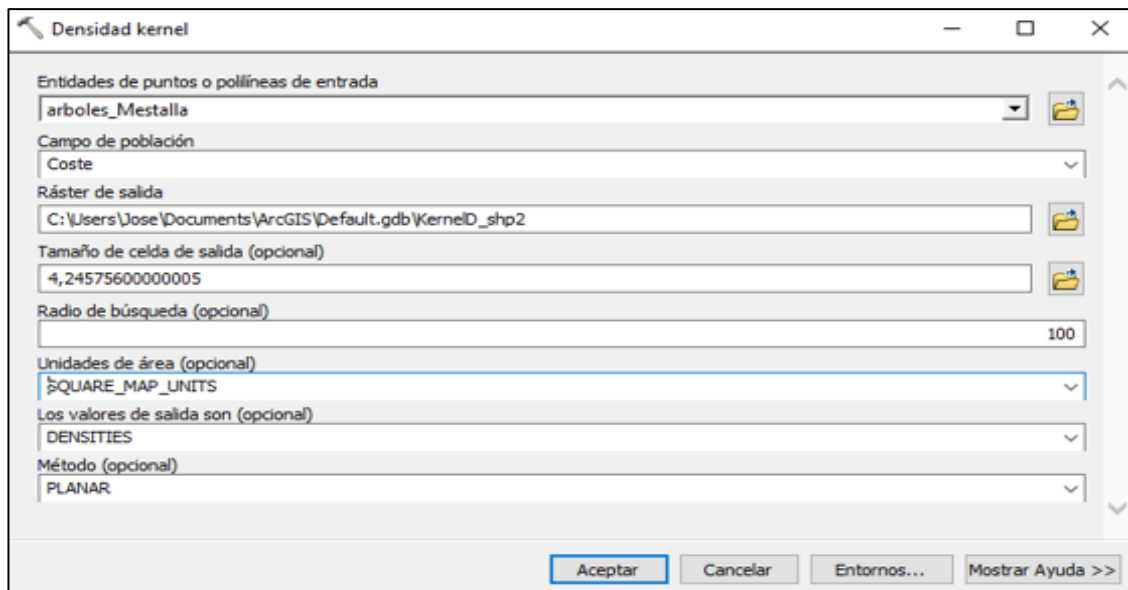
Posteriormente, la densidad calculada se multiplica por el número de puntos o la suma del campo de población si se proporcionó alguno. Esta corrección hace que el integral espacial sea igual que el número de puntos (o la suma o el campo de población) en lugar de que siempre sea igual que 1. Esta implementación usa una función Kernel

cuartica. Por lo que es necesario calcular la fórmula para cada ubicación en la que desea estimar la densidad. Puesto que se está creando un ráster, los cálculos se aplican al centro de cada celda en el ráster de salida.

Una vez cargado los datos en nuestra “tabla de contenidos” y visualizados en la vista de trabajo en el sistema de referencia, solo nos quedaría abrir la herramienta “densidad de Kernel” ubicada en ArcToolbox/SpatyalAnalyst/ densidad de Kernel y configurar los parámetros que nos darán el resultado final del trabajo (ESRI, 2021).

Figura 1

Herramienta de densidad Kernel



Fuente: ESRI, 2021.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Agua cruda: Es aquella agua que se encuentra en estado natural, captada para

abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento (MINSA, 2015).

Agua tratada: Es toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano (MINSA, 2015).

Demanda de cloro: Es la cantidad de cloro que al entrar en contacto con el agua se consume, reaccionando con las sustancias presentes en ella y en la eliminación e inactivación de los microorganismos (Fustamante, 2017).

Cloración del agua: Es la aplicación de cloro al agua con el propósito de eliminar los microorganismos o gérmenes que producen enfermedades y que se encuentran contenidas en el agua, haciéndolo apta para el consumo humano (SABA, 2014). Además, se considera un método de desinfección del agua mediante la adición de cloro, cuyo propósito es destruir o inactivar los organismos patógenos que pudieran estar presente en el agua (Murillo, 2015).

Equipo colorímetro: Es una herramienta que identifica el color y el matiz para una medida más objetiva del color, permite medir la absorbencia de una solución en una específica frecuencia de luz camillogena determinada. Es por eso, que hace posible descubrir la concentración de un soluto conocido que sea proporcional a la absorción (Murillo, 2015).

Reactivo DPD: Es una mezcla sólida homogénea que se emplea para determinar la presencia de cloro libre o cloro total en agua desinfectadas con insumos químicos clorados y se presenta en polvo, envasado en sachés de un material trilaminado que evita el contacto con la luz ultravioleta, la contaminación y la humedad (Murillo, 2015).

Continuidad del agua: La continuidad es el indicador que contabiliza las horas de suministro de agua al día, por lo que debe estar en el rango de 15 a 24 horas con acceso al servicio de agua (SUNASS, 2004).

Cobertura del agua: La cobertura señala la proporción de habitantes que cuentan con

conexiones de agua potable respecto a la población total, con la cual debe contar con el 90% de usuarios con el servicio de agua (SUNASS, 2004).

Límite Máximo Permisible (LMP): Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua establecido en el Reglamento del agua para el consumo humano (MINSA, 2015).

Fiscalización sanitaria: Atribución de la Autoridad de la Salud para verificar, sancionar y establecer medidas de seguridad cuando el proveedor incumpla las disposiciones del presente Reglamento y las normas sanitarias de calidad del agua que la Autoridad de Salud emita (MINSA, 2015).

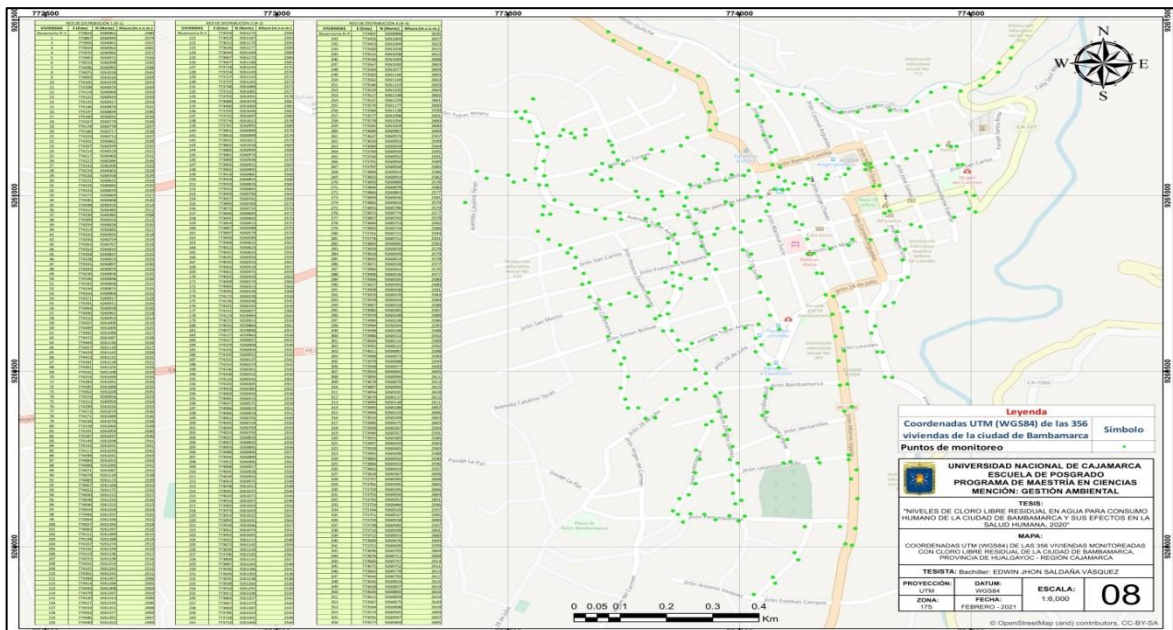
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La presente investigación se llevó a cabo en las 356 viviendas obtenidas a través de la muestra de estudio, realizándose muestreos mensuales en los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021; durante 6 meses, obteniendo en total 2136 puntos de monitoreo en las redes de distribución R-1, R-2 y R-4 del Jr. Augusto Bernardino Leguía, Jr. Horacio Zevallos Gámez, Jr. Arascorgue, Jr. Pencaspampa, Jr. Leoncio Prado, Jr. Ventanillas, Jr. Bambamarca, Jr. 28 de Julio, Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Puente Corellama, Jr. Miguel Grau, Jr. San Martín, Jr. Jaime de Martínez, Jr. 7 de Junio, Jr. Coremarca, Jr. Las Tinajas, Jr. Mariscal Sucre, Jr. Ramón Castilla, Jr. San Carlos, Jr. Los Libertadores, Av. Túpac Amaru y Av. Malecón Martin Quiliche de la Ciudad de Bambamarca con las siguientes coordenadas UTM (WGS84) que se detalla a continuación en la **Figura 2**:

Figura 2

Ubicación del proyecto de investigación en la ciudad de Bambamarca.



3.1.1. Clima: Bambamarca, presenta un clima variado y sano, templado, moderado, lluvioso, de invierno seco. En la parte alta de la cordillera, o en las cumbres de los altos cerros que la rodean, el clima es frío y soplan fuertes vientos que se desplazan en diversas direcciones. Se percibe dos estaciones bien diferenciadas: el verano y el invierno. El verano dura desde mayo hasta diciembre, caracterizándose por ausencia de lluvias, salvo en los marcados cambios de luna o por periodos cíclicos o circunstanciales, cielo azulado y sol quemante durante el día, frío en la noche y cielo estrellado. El invierno dura desde octubre hasta abril, intensificándose en los meses de enero, febrero y marzo, en estos meses se presenta una precipitación pluvial de hasta 1000 mm con lo cual se incrementa el caudal de los ríos y quebradas siendo bueno para la práctica de la agricultura, pero cuando es excesiva, causa daños a los cultivos, vías de acceso y viviendas (INEI, 2017).

3.1.2. Accesibilidad: Los medios de transporte del distrito de Bambamarca, lo constituyen empresas rurales de transporte, entre las que se encuentran: Trandía, Atahualpa, Inca Atahualpa, Ángel Divino, Burga Express y Palacios, que hacen el servicio de Cajamarca a Bambamarca, teniendo una tarifa de 10 nuevos soles; asimismo, existe otro Comité de Transporte de Pasajeros “Sagrado Corazón de Jesús”, que cobra una tarifa de 15 nuevos soles. Cabe mencionar que el tiempo que utilizan los buses y microbuses entre Cajamarca y Bambamarca, es en promedio de 3 horas, mientras que en autos de servicio privado se puede llegar hasta en 2,5 horas (INEI, 2017).

3.1.3. Hidrografía: Los recursos hídricos provenientes de la cuenca del río Llaucano se pierden actualmente en el río Marañón, pues las necesidades de la región y específicamente los agrícolas de las áreas bajo riego son pequeños, a consecuencia de la reducida extensión de éstas y de su corto periodo de utilización, ya que el recurso es empleado para riego

complementario. La cuenca del río Llaucano, hasta la estación de aforos Llaucano - Sugar, tiene una extensión de 884 Km² de la cual el 68,3%, o sea 604 Km² corresponden a la cuenca colectora del futuro reservorio Llaucano. El escurrimiento superficial del río Llaucano se origina de las precipitaciones que ocurren en su cuenca, las cuales se presentan concentradas principalmente durante los meses de setiembre a mayo. El río Llaucano recibe el aporte de numerosos afluentes, entre los cuales cabe mencionar a los ríos Pomagón, Hualgayoc, Cuñacales, Maygasbamba, Sugar, Chonta y Conchano. El estudio hidrológico efectuado ha tenido dos enfoques; primero, se ha realizado un análisis general del escurrimiento de todos los afluentes del río Llaucano que cuentan con estación de aforos y, posteriormente, se ha analizado sólo al río Llaucano, Este último análisis ha sido realizado en base a las descargas diarias del período 1963 - 1973, medidas en la estación de aforos de Corellama y ubicada a 200 metros aguas abajo del puente del mismo nombre. La ubicación de esta estación es muy importante, ya que se encuentra a pocos kilómetros de la futura bocatoma de derivación hacia el río Chotano y un poco más abajo de la presa del futuro reservorio Llaucano. El volumen promedio anual descargado por el río Llaucano, medido en la estación de aforos de Corellama para el periodo de registros 1963 - 1973, ha sido estimado en 288.72 millones de m³ que corresponde a un módulo anual de 9,15 m³/seg habiéndose estimado con esta cifra que el rendimiento medio anual para la cuenca colectora es de 475,650 m³/km². La máxima descarga diaria registrada ha sido 129,05 m³/seg mientras que la mínima ha sido de 0,69 m³/seg (INDECI, 2014).

3.1.4. Ecología, edafología y geología: La ciudad de Bambamarca se encuentra asentada en depósitos cuaternarios y macizos rocosos, siendo la mayor ocupación en depósitos. Los

macizos rocosos se exponen como materiales dominantes al Oeste y Sur de la ciudad (camino a Llaucán), mientras los depósitos se distribuyen al norte. Las rocas sedimentarias son conglomerados con areniscas de color rojo y morado. Los macizos rocosos corresponden a rocas de origen sedimentario clásticos e ígneo las cuales han sido reconocidas por el INGEMMET como Formación Chota y Volcánicos Efusivos Huambo respectivamente. La ciudad de Bambamarca y el centro poblado de Llaucán se encuentra asentado sobre una secuencia de rocas y suelos, comprendidos desde el Cretáceo superior hasta el Cuaternario reciente (INDECI, 2014).

3.2. EQUIPOS, INSUMOS Y MATERIALES

Equipos: Colorímetro digital (marca HACH), GPS digital (marca Garmin), Laptop computadora (marca Toshiba), cámara fotográfica digital (marca Samsung).

Insumos: Reactivos DPD (dietil-p-fenilen-diamina) en polvo y papel secante (Tissue).

Materiales: Software ArcGIS 10.4.1, formato de encuesta, mapa de ubicación de las viviendas, útiles de escritorio (libreta, tablero, lapicero, lápiz, tajador y borrador), guantes quirúrgicos y mascarillas KN95.

3.3. MATERIAL DE LABORATORIO

- ✓ Colorímetro digital marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II.
- ✓ GPS digital marca Garmin, modelo GPSMAP 64s.
- ✓ Cámara fotográfica digital (marca Samsung), modelo SM-A725M/DS.
- ✓ Reactivos DPD (dietil-p-fenilen-diamina) en polvo, marca HACH.
- ✓ Papel secante (Tissue).
- ✓ Guantes quirúrgicos.
- ✓ Mascarillas KN95.

3.4. MATERIAL DE GABINETE

- ✓ Laptop computadora (marca Toshiba), modelo C55-C5212K.
- ✓ Software ArcGIS 10.4.1.
- ✓ Mapa de ubicación de las viviendas.
- ✓ Útiles de escritorio (libreta, tablero, lapicero, lápiz, tajador y borrador).

3.5. METODOLOGÍA

El método científico empleado corresponde a un diseño no experimental de tipo transeccional o transversal con enfoque cuantitativo, debido a que dichos resultados de la investigación serán estadísticos, porque los resultados se midieron a través de números, gráficos, fórmulas y modelos analíticos.

3.5.1. Codificación de las muestras

Las muestras de agua de cloro libre residual obtenidas en los grifos de las 356 viviendas mensuales de las redes de distribución R-1, R-2 y R-4, tenían la codificación de la siguiente manera, como se observa en la **Tabla 1**:

Tabla 1

Codificación de muestras de agua de cloro libre residual.

RED DE DISTRIBUCIÓN 1 (R-1)		RED DE DISTRIBUCIÓN 2 (R-2)		RED DE DISTRIBUCIÓN 4 (R-4)	
VIVIENDAS		VIVIENDAS		VIVIENDAS	
Reservorio R-1	60	Reservorio R-2	181	Reservorio R-4	299
1	61	121	182	242	300
2	62	122	183	243	301
3	63	123	184	244	302
4	64	124	185	245	303
5	65	125	186	246	304
6	66	126	187	247	305
7	67	127	188	248	306
8	68	128	189	249	307
9	69	129	190	250	308
10	70	130	191	251	309

11	71	131	192	252	310
12	72	132	193	253	311
13	73	133	194	254	312
14	74	134	195	255	313
15	75	135	196	256	314
16	76	136	197	257	315
17	77	137	198	258	316
18	78	138	199	259	317
19	79	139	200	260	318
20	80	140	201	261	319
21	81	141	202	262	320
22	82	142	203	263	321
23	83	143	204	264	322
24	84	144	205	265	323
25	85	145	206	266	324
26	86	146	207	267	325
27	87	147	208	268	326
28	88	148	209	269	327
29	89	149	210	270	328
30	90	150	211	271	329
31	91	151	212	272	330
32	92	152	213	273	331
33	93	153	214	274	332
34	94	154	215	275	333
35	95	155	216	276	334
36	96	156	217	277	335
37	97	157	218	278	336
38	98	158	219	279	337
39	99	159	220	280	338
40	100	160	221	281	339
41	101	161	222	282	340
42	102	162	223	283	341
43	103	163	224	284	342
44	104	164	225	285	343
45	105	165	226	286	344
46	106	166	227	287	345
47	107	167	228	288	346
48	108	168	229	289	347
49	109	169	230	290	348
50	110	170	231	291	349
51	111	171	232	292	350

52	112	172	233	293	351
53	113	173	234	294	352
54	114	174	235	295	353
55	115	175	236	296	354
56	116	176	237	297	355
57	117	177	238	298	356
58	118	178	239		
59	119	179	240		
	120	180	241		

3.5.2. Distribución de las muestras

La distribución de las muestras se realizó en base a la **Tabla 1** de las 356 viviendas identificadas y monitoreadas con cloro libre residual durante 6 meses, en las épocas estacionales de estiaje y lluvia, haciendo un total de 2136 puntos de monitoreo durante los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021.

3.5.3. Descripción del sistema de monitoreo

La investigación se ha dividido en tres fases fundamentales que guían el avance y el desarrollo de la ejecución, presentándose a continuación las siguientes fases:

- a) Fase de campo
- b) Fase de laboratorio
- c) Fase de gabinete

a) Fase de campo

La fase de campo estuvo determinada por la adquisición de insumos, reactivos, materiales, equipos e instrumentos necesarios para realización de la investigación; a continuación se describen las actividades desarrolladas en esta fase:

- Consolidación de las 4809 viviendas que se abastecen de los 03 reservorios de almacenamiento de agua (R1 = 675 m³, R2 = 469 m³ y R4 = 160 m³), cuyas aguas almacenadas son destinadas a la población urbana, y éstas parten de un proceso de

cloración, mediante la utilización de Hipoclorito de Calcio Granulado al 70% como insumo principal para la eliminación de las bacterias y/o microorganismos patógenos presentes en el agua.

- Utilización de la fórmula matemática para obtener la muestra de estudio de la población finita:

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

Fórmula 2. Muestra de Estudio (población finita).

Dónde:

N: Población = 4,809.

p: Población de éxito = 50%.

q: Probabilidad de fracaso = 50%.

e: Nivel de precisión = 5%.

z: Limite de Confianza = 1.96.

$$N = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 4809}{(4809 - 1) * 0.05^2 + 0.5 * 0.5 * 1.96^2}$$

$$N = 355.81 \text{ viviendas.}$$

$$N = 356 \text{ viviendas.}$$

- Identificación y georreferenciación de los 356 puntos de monitoreo (viviendas), en donde se detalla las coordenadas UTM (WGS84) en la Figura 1; la georreferenciación se realizó con el uso del GPS digital marca Garmin, modelo GPSMAP 64s.
- Adquisición de reactivos DPD (dietil-p-fenilen-diamina) en polvo, marca HACH Lote Nro. 2105569 Pk/100, papel secante (Tissue), guantes quirúrgicos y mascarillas KN95.

b) Fase de laboratorio

La fase de laboratorio se ha diferenciado en tres etapas, la primera etapa consistió

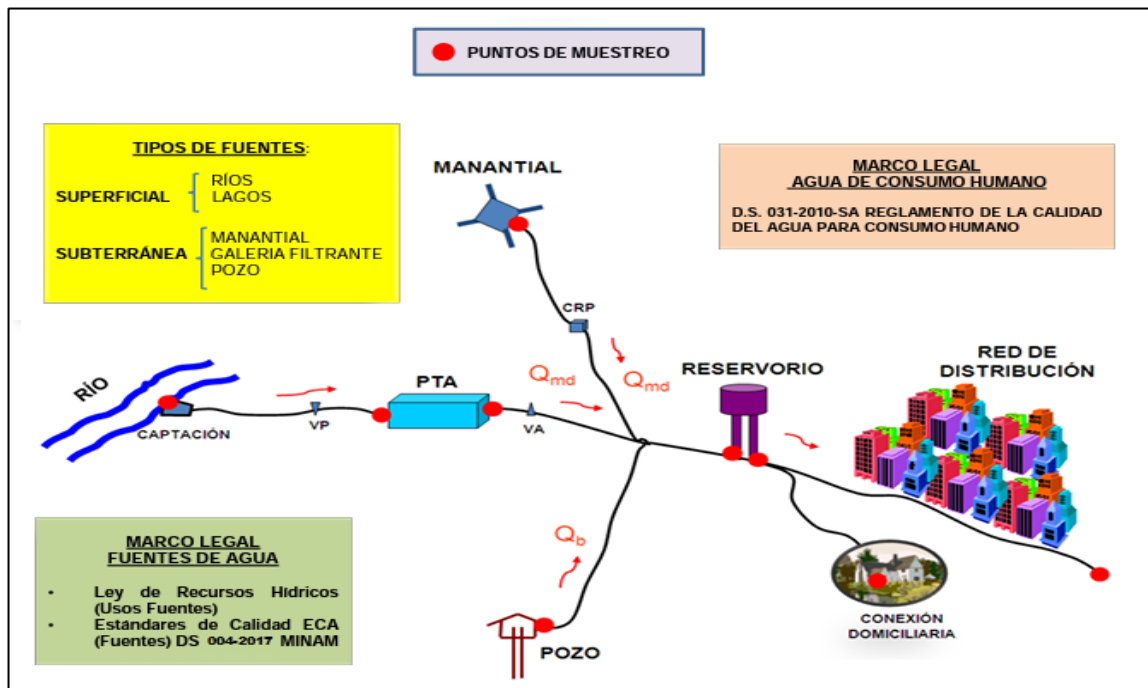
en tomar la muestra de agua en el grifo de las 356 viviendas, la segunda etapa consistió en agregar la celda cubeta con la muestra de agua de 10 mL debidamente homogeneizada en el equipo comparador calibrado y la tercera etapa consistió en obtener la concentración de cloro libre residual registrado por el equipo comparador, donde nos dará los resultados en cifras decimales.

Etapa 1: Tomar la muestra de agua en el grifo de las 356 viviendas

Para asegurar la calidad e inocuidad de la muestra de agua obtenida en cada vivienda, se ha tenido en consideración la toma de muestras de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano del D.S. N° 031-2010-SALUD, tal y como se indica en la **Figura 3**.

Figura 3

Puntos de muestreo de acuerdo al D.S. N° 031-2010-SALUD.

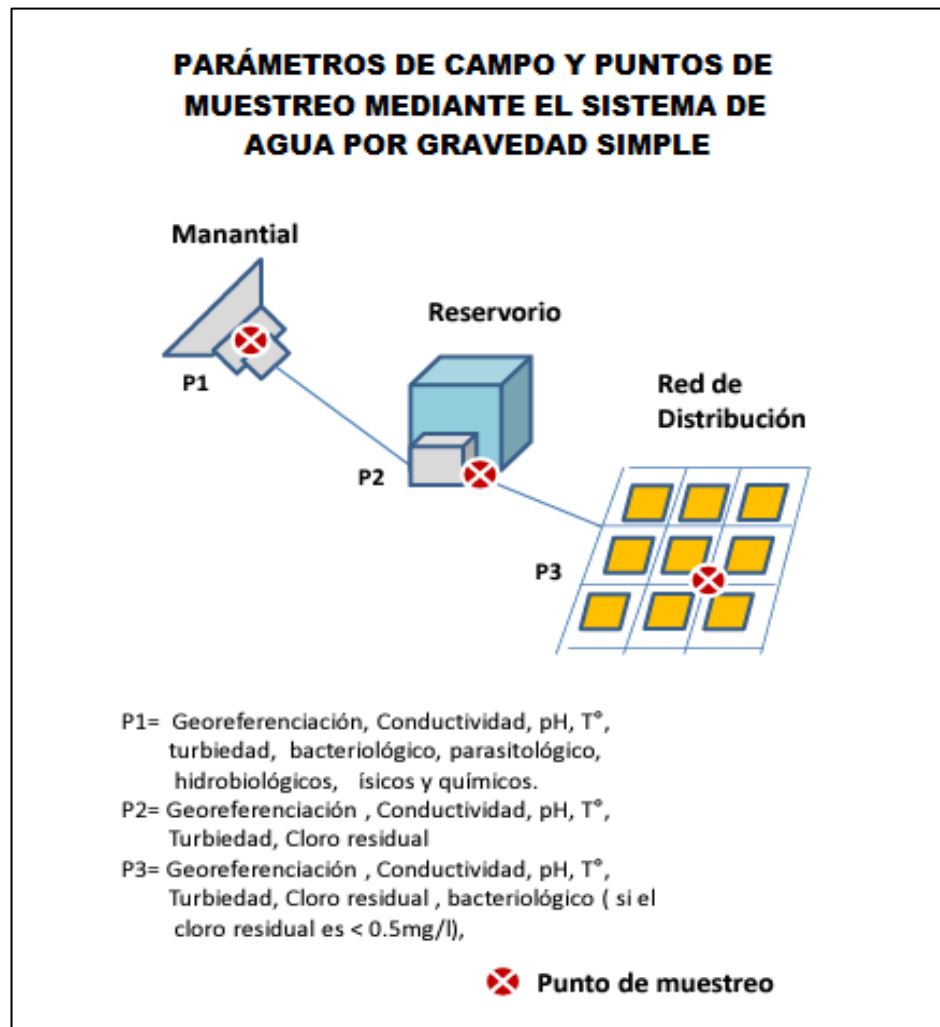


- Se realizó la toma de muestra en agua mediante un muestreo manual desde los reservorios de almacenamiento de agua hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de acuerdo al

marco legal del agua de consumo humano, tal y como lo establece el D.S. N° 031-2010-SALUD y la **Figura 4**:

Figura 4

Parámetros de campo y puntos de muestreo mediante el sistema de agua por gravedad simple.



Etapas 2: Agregar la celda cubeta con la muestra de agua de 10 mL debidamente homogeneizada en el equipo comparador calibrado

- Para el llenado de la celda cubeta con agua, se limpió y se retiró del grifo cualquier material extraño adherida a la boca de la salida, hasta que se alcance su flujo máximo; para ello, se dejó correr el agua en un máximo de 2 minutos y de esa manera se extraía la muestra de

agua.

- La celda cubeta de vidrio con agua ha sido llenado hasta 10 mL, luego se limpió con un paño suave la celda y se agregó un reactivo DPD (dietil-p-fenilen-diamina) en polvo para determinar el cloro libre residual; por lo que, el espacio de aire es útil para el proceso de la homogeneización de la muestra, para lo cual se deben desaparecer las partículas presentes en la muestra de agua.

Etapas 3: Obtener la concentración de cloro libre residual registrado por el equipo comparador

- El equipo comparador digital ha sido debidamente calibrado, y de esa manera obtener datos confiables y se ajusten al protocolo de monitoreo de las muestras de agua para consumo humano.
- La concentración de cloro residual fue obtenida vivienda por vivienda durante las 356 viviendas mensuales, cuyo resultado nos mostraba en números decimales, lo cual nos servía para la elaboración de los niveles de cloro libre residual en la fase de gabinete.

c) Fase de gabinete

En la fase de gabinete se realizó la sistematización de los resultados obtenidos de los 6 meses de monitoreo de cloro libre residual realizado en 2136 puntos de muestreo ejecutados en campo. Asimismo, con dichos resultados se ha elaborado los mapas de niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca durante 6 meses, donde se detalla a continuación los pasos para llegar al resultado final:

- Se empleó el paquete estadístico Stata 14.2 para caracterizar las viviendas con niveles de cloro libre residual por debajo de 0,5 mg/L.
- Se utilizó los datos de longitud y latitud mediante la georreferenciación con el GPS

digital marca Garmín, para luego ser proyectado en un mapa de base de OpenStreetMap.

- Se aplicó la herramienta de densidad Kernel para realizar un análisis con especificaciones predeterminadas en el programa ArcGIS, en la versión 10.4.1. (ESRI Inc., Redlands, CA, USA).
- Finalmente, al procesar la información obtenida de los 2136 puntos de monitoreo de cloro libre residual, se ha logrado obtener mapas de niveles de cloro libre residual con concentraciones adecuadas e inadecuadas de cloro libre residual.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Durante el desarrollo de la investigación se utilizó las siguientes técnicas e instrumentos de recopilación de datos, tal y como se detalla en la **Tabla 2**:

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recopilación de información.

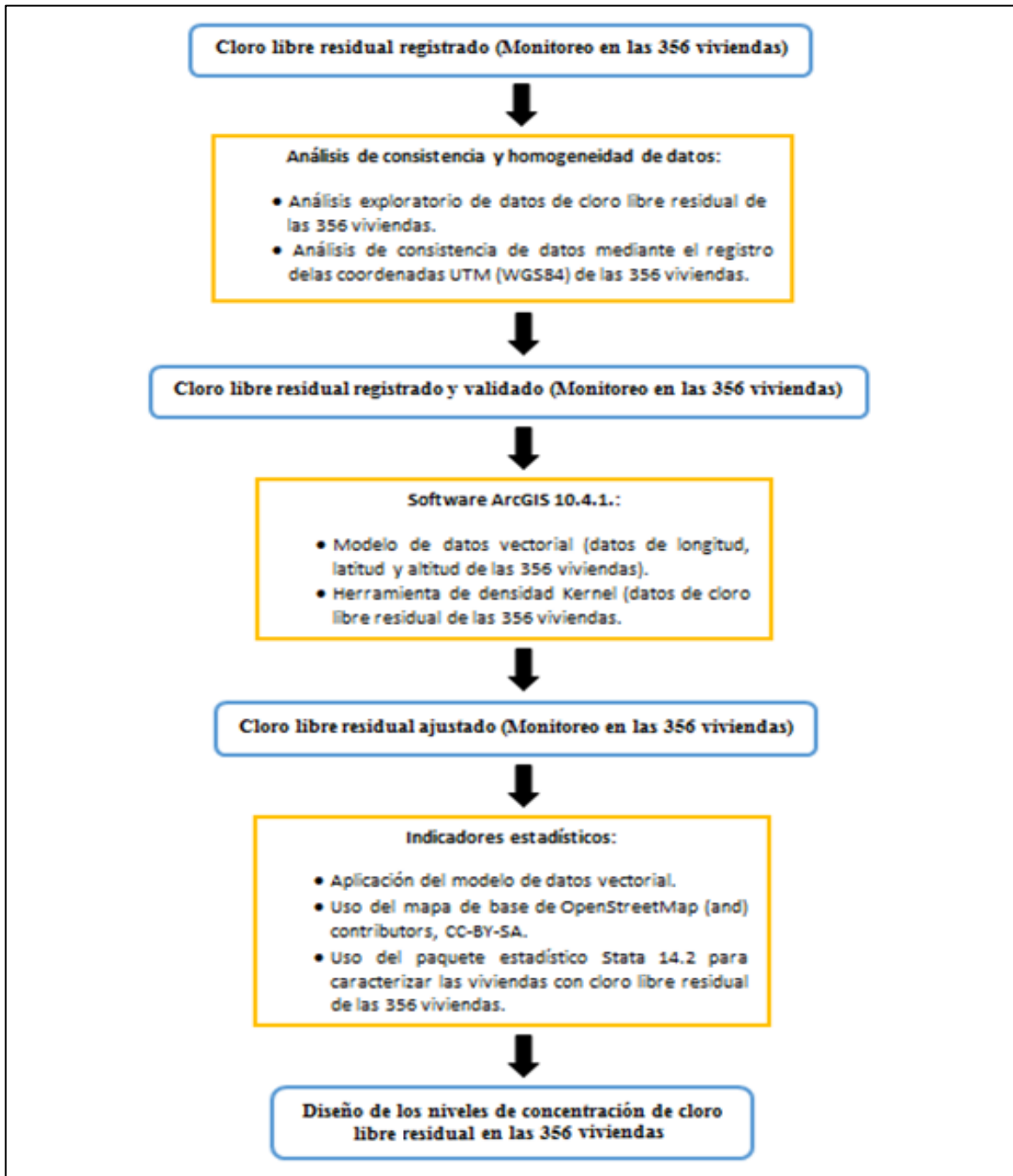
Parámetro	Unidad	Método de detección
Cloro libre residual	Mg Cl ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-cl G, 24th Ed. 2023: DPD Colorimetric Method (Validado - Modificado).

3.7. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Para el procesamiento de la información y con la finalidad de cumplir los objetivos 1 y 2 propuestos en la investigación, se desarrolló el procedimiento metodológico en la **Figura 5**. Donde se apreció, un flujograma sobre la metodología desarrollada sobre el cloro libre residual registrado mediante el monitoreo de las 356 viviendas mensuales durante 6 meses; y de esa manera llegar a simular los niveles de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana 2020, tal y como se muestra en la **Figura 5**:

Figura 5

Flujograma de la metodología desarrollada



Asimismo, con la finalidad de cumplir con el objetivo 3 propuesto en la investigación, se utilizó los indicadores de salud brindados por la Unidad Ejecutora de Salud de Hualgayoc - Bambamarca, tal y como se muestra en la **Tabla 3**, para poder llegar a

entender la relación de los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana a través de los indicadores epidemiológicos desde el mes de Setiembre del año 2020 hasta el mes de Febrero del año 2021:

Tabla 3

Indicadores epidemiológicos de la ciudad de Bambamarca (casco urbano) en niños menores de 5 años.

N°	ESTABLECIMIENTO DE SALUD	Mes/Año	A. EDAs con deshidratación	A. EDAs no complicada	B. EDAs con deshidratación y shock	B. EDA disintérica	C. EDA persistente	D. Anemia	E. Parasitosis	F. Desnutrición Crónica Infantil (DCI)
1	BAMBAMARCA - HOSPITAL TITO VILLAR CABEZAS	SETIEMBRE/2020	38	3	37	1	22	42	1	64
		OCTUBRE/2020	32	2	33	0	18	39	1	60
		NOVIEMBRE/2020	36	2	36	0	20	40	1	59
2	BAMBAMARCA - ESTABLECIMIENTO DE SALUD VIRGEN DEL CARMEN	DICIEMBRE/2020	39	4	38	1	23	44	1	65
		ENERO/2021	33	2	33	0	18	38	0	58
		FEBRERO/2021	31	2	31	0	19	36	0	59
Total general			209	15	208	2	120	239	4	365

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la investigación, sobre los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020. Asimismo, se demuestran las hipótesis planteadas y los respectivos análisis descriptivos, prueba de normalidad y pruebas comparativas múltiples en Tukey para los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano. Finalmente, se muestra la prueba de Chi-cuadrado para el análisis de asociación (relación) entre los niveles de concentración de cloro libre residual para consumo humano y sus efectos en la salud humana mediante los indicadores epidemiológicos en niños menores de 5 años.

4.1. Análisis del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (Época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (Época lluviosa) del año 2020 y 2021

Tabla 4

Resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (época lluviosa) del año 2020 y 2021.

Meses	LMP SEGÚN EL DS N° 031- 2010-SA.	fi	Fi	hi	hi%	Hi%
Setiembre	Si cumple	229	229	0,64	64,33	64,33
	No cumple	127	356	0,36	35,67	100
Octubre	Si cumple	242	242	0,68	67,98	67,98
	No cumple	114	356	0,32	32,02	100
Noviembre	Si cumple	239	239	0,67	67,13	67,13
	No cumple	117	356	0,33	32,87	100
Diciembre	Si cumple	230	230	0,65	64,61	65
	No cumple	126	356	0,35	35,39	100
Enero	Si cumple	252	252	0,71	70,79	70,79
	No cumple	104	356	0,29	29,21	100

Febrero	Si cumple	251	251	0,71	70,51	71
	No cumple	105	356	0,29	29,49	100
PROMEDIO	Si cumple	240	240	0,68	67,56	67,56
	No cumple	116	356	0,32	32,44	100

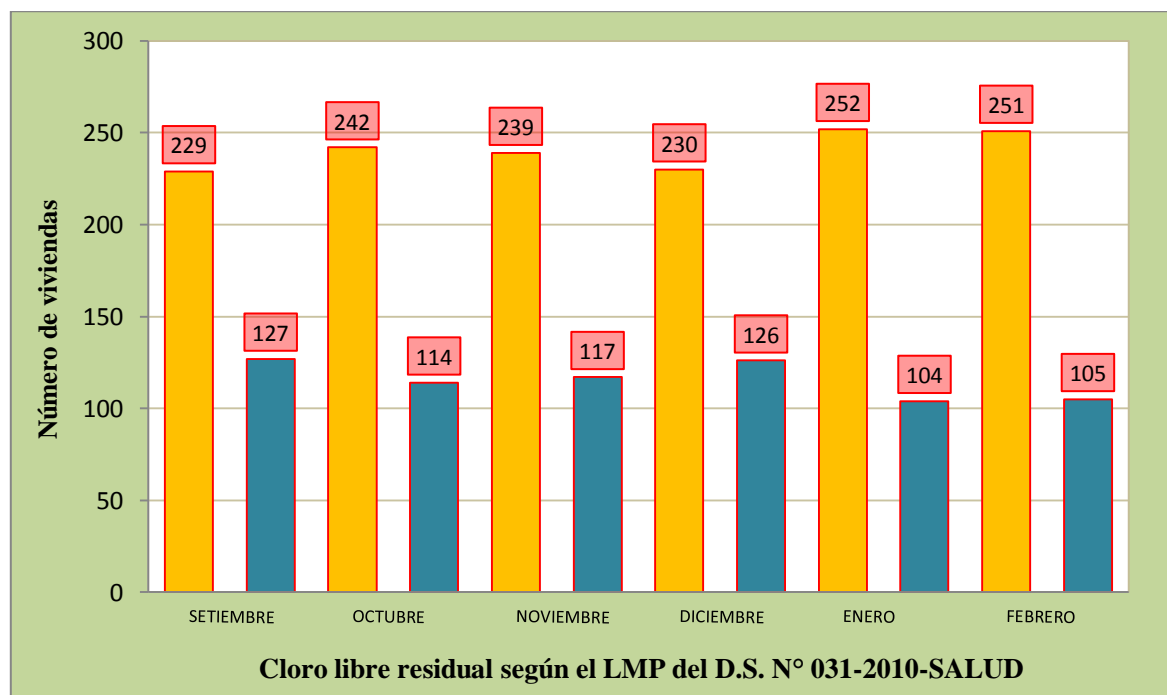
En la Tabla 4 se muestra todos los resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) obtenidos en los 6 meses de monitoreos realizados en la época de estiaje y lluviosa. La mayor cantidad de viviendas que si cumple con el parámetro inorgánico (cloro libre residual, se identificó en el mes de Enero (época lluviosa) con 252 viviendas que se encuentran en el rango del LMP de cloro libre residual de 0,5 mg/L - 1,0 mg/L, del D.S. N° 031-2010-SALUD; mientras que, la menor cantidad de viviendas se identificó en el mes de Enero (época lluviosa) con 104 viviendas que no cumple con el rango del LMP de cloro libre residual de 0,5 mg/L - 1,0 mg/L, del D.S. N° 031-2010-SALUD.

Estos resultados de cloro libre residual miden la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito para proteger de posible contaminación microbiológica (MINSA, 2015). Por lo que, los valores monitoreados del mes de Setiembre, Octubre y Noviembre (época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (época lluviosa) se tiene un promedio de 240 viviendas que si cumple con el rango de cloro libre residual de 0,5 mg/L - 1,0 mg/L establecido en el D.S. N° 031-2020-SALUD; y también el promedio de las 116 viviendas no cumple con el Límite Máximo Permisible (LMP) del D.S. N° 031-2010-SALUD; es decir, están por debajo de 0,5 mg/L, lo cual representa el 32,44% de viviendas muestreadas con cloro residual inadecuado y a la vez señala que existe confianza con los datos evaluados y el grado de precisión con la investigación realizada por (Bendezu et al., 2016) y (Miranda et al., 2010), al identificar el 34,17% y el 38,35% de viviendas muestreadas con acceso al agua de niveles inadecuados de cloro libre residual, así como la identificación de zonas con densidades altas de cloro libre residual inadecuado. Por otro lado, del promedio

de las 116 viviendas muestreadas con cloro libre residual inadecuado se tiene el 87,74% de viviendas con cloro libre residual inadecuado por debajo de 0,5 mg/L, y el 12,26% de viviendas con cloro libre residual inadecuado por debajo de 0,3 mg/L, lo cual no cumplen con la normativa peruana (DIRESA PUNO, 2015). Asimismo, en dichas viviendas donde se evidencia el cloro libre residual inadecuado, podemos decir que no se está logrando la eliminación de los microorganismos patógenos presente en el agua y a la vez viene afectando a la salud humana; debido a la baja cloración del agua, lo cual no garantiza que el agua se encuentre apta para el consumo humano y libre de microorganismos en la red de la conexión domiciliaria (Acuña et al., 2013).

Figura 6

Resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (época lluviosa) del año 2020.



Leyenda	
Color	Cloro libre residual según el LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD
	Si cumple

No cumple

En la figura 6 se observan los resultados del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) de ambas épocas, durante los 6 meses y comparados con el LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD. Donde se identifica para el mes de Setiembre a 229 viviendas, Octubre 242 viviendas, Noviembre 239 viviendas, Diciembre 230 viviendas, Enero 252 viviendas y Febrero 251 viviendas que si cumple con el rango de cloro libre residual de 0,5 mg/L - 1,0 mg/L; asimismo, se ha identificado para el mes de Setiembre a 127 viviendas, Octubre 114 viviendas, Noviembre 117 viviendas, Diciembre 126 viviendas, Enero 104 viviendas y Febrero 105 viviendas que no cumple con el Límite Máximo Permisible (LMP) del D.S. N° 031-2010-SALUD; es decir, el 90% de muestras de cloro libre residual tomadas en la época seca y lluviosa durante los 6 meses están por debajo de 0,5 mg/L, lo cual no cumple con la normativa peruana (DIRESA PUNO, 2015).

4.2. Análisis del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) correspondiente a los meses de Setiembre, Octubre y Noviembre (Época de estiaje) y Diciembre, Enero y Febrero (Época lluviosa) del año 2020 y 2021 en función al nivel y el rango según el cumplimiento del LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD

Tabla 5

Cumplimiento del Límite Máximo Permisible (LMP) del D.S. N° 031-2010-SALUD.

Cumplimiento del Reglamento de la Calidad del agua para Consumo Humano del D.S. N° 031-2010-SALUD.								
Niveles de cloro libre residual en viviendas	Rango del cloro libre residual (mg/L)	Cumplimiento del LMP			Época de monitoreo			
		D.S. N° 031-2010-SALUD	Setiembre (estiaje)	Octubre (estiaje)	Noviembre (estiaje)	Diciembre (lluvia)	Enero (lluvia)	Febrero (lluvia)
Nivel Alto	0,00 mg/L - 0,49 mg/L	X	127	114	117	126	104	105
Nivel Medio	0,50 mg/L - 0,74 mg/L	√	156	198	213	204	217	210
Nivel Bajo	0,75 mg/L - 0,99 mg/L	√	73	44	26	26	35	41
Total			356	356	356	356	356	356

Nota 1: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración de cloro libre residual no debe ser menor de 0,5 mg/L.

La simbología utilizada tiene el siguiente significado:
 “X”: No cumple con el LMP.

“√”: Si cumple con el LMP.

De las concentraciones de cloro libre residual evaluadas, se tiene como Nivel alto en el rango de 0,00 mg/L - 0,49 mg/L, que no cumple con el LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD, ello debido a que las tuberías de las redes de conexiones domiciliarias existe una mínima concentración del cloro libre residual como un agente desinfectante. Asimismo, dentro del Nivel medio y bajo están en el rango de 0,50 mg/L - 1,00 mg/L, lo cual si cumple con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SALUD, estando dentro de las concentraciones óptimas de cloro libre residual en las tuberías de las redes de conexiones domiciliarias, siendo importante para disminuir los indicadores de la salud pública de acuerdo al Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (MINSa, 2011).

Tabla 6

Promedio de cloro libre residual de las 2136 viviendas de acuerdo al LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD.

Promedio del Cloro Libre Residual de acuerdo al LMP del D.S. N° 031-2010-SALUD.								
Niveles de cloro libre residual en viviendas	Rango del cloro libre residual (mg/L)	Setiembre (estiaje)	Octubre (estiaje)	Noviembre (estiaje)	Diciembre (lluvia)	Enero (lluvia)	Febrero (lluvia)	Promedio
Nivel Alto	0,00 mg/L - 0,49 mg/L	0,357	0,320	0,329	0,354	0,292	0,295	0,324
Nivel Medio	0,50 mg/L - 0,74 mg/L	0,438	0,556	0,598	0,573	0,610	0,590	0,561
Nivel Bajo	0,75 mg/L - 1,00 mg/L	0,205	0,124	0,073	0,073	0,098	0,115	0,115
TOTAL								1,000

De acuerdo a la Tabla 6 se muestra el promedio del cloro libre residual evaluadas en las 2136 viviendas, lo cual se puede evidenciar que las concentraciones encontradas se encuentra en un Nivel Medio, con un promedio de 0,561 lo cual se encuentra en el rango de 0,50 mg/L - 1,00 mg/L, lo cual si cumple con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SALUD, lo cual no estaría afectando a la salud humana y estaría cumpliendo con la normativa actual del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano (MINSa, 2011).

4.3. Contraste de Hipótesis de los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca, para los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021

4.3.1. Resultados descriptivos (Media, Desviación Estándar y Tendencia Temporal)

Tabla 7

Concentración de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

Estadísticos						
	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
N	356	356	356	356	356	356
Media	0,5846	0,5762	0,5648	0,5541	0,5723	0,5774
Desv. Desviación	0,15765	0,14071	0,12752	0,13082	0,12946	0,12992

De acuerdo a la Tabla 7, se tiene un **Tamaño de la muestra (N)** tomado por mes en 356 hogares con concentración de cloro libre residual durante cada uno de los meses de Setiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero del año 2020 y 2021; lo cual es una muestra bastante grande y representativa para cada mes. Asimismo, con respecto a la **Media (Promedio)** indica que la concentración de cloro libre residual alcanza su valor máximo en Setiembre (0,5846) y disminuye gradualmente en los meses siguientes hasta llegar al valor mínimo en Diciembre (0,5541).

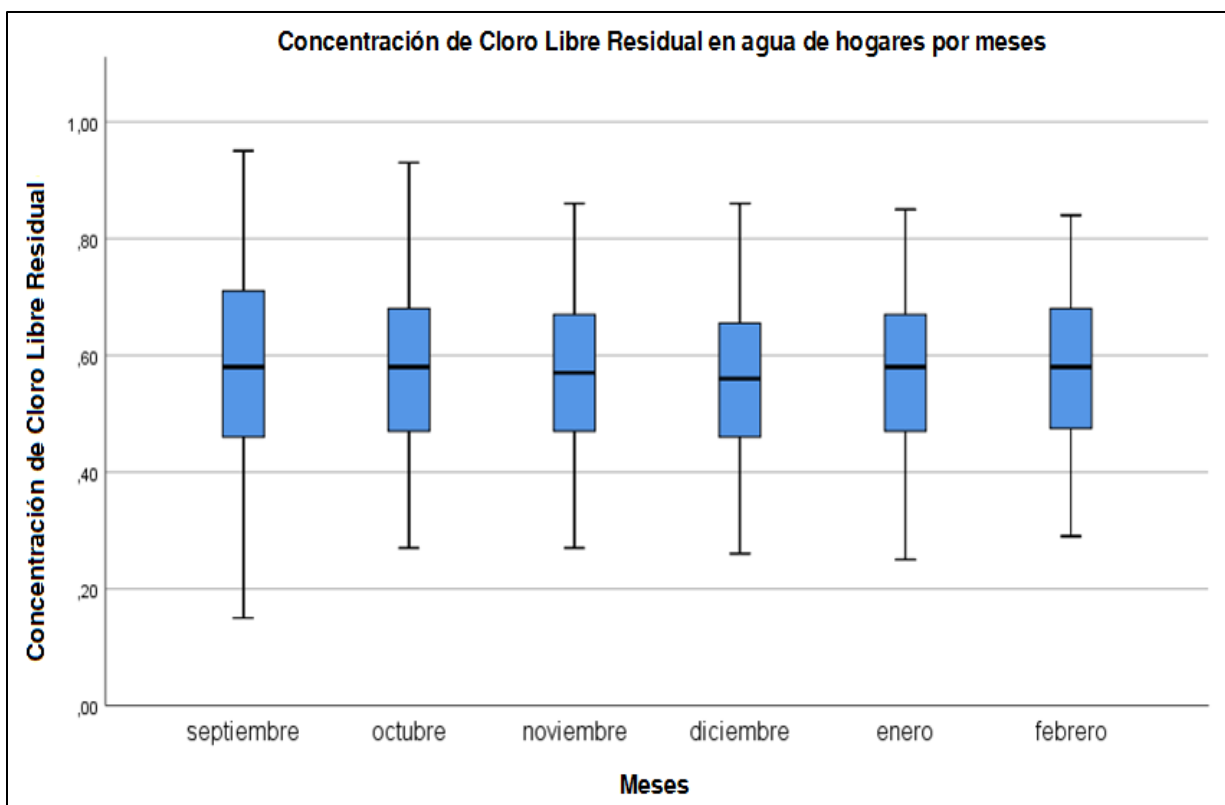
En general, los valores medios se mantienen en un rango cercano entre 0,5541 y 0,5846; lo que sugiere cierta estabilidad en la concentración de cloro libre residual en el agua de hogares para consumo humano durante estos meses.

Por otro lado, se tiene a la **Desviación Estándar** donde se muestra que los datos obtenidos son relativamente bajos para todos los meses, lo que sugiere que las concentraciones de cloro libre residual están relativamente cerca de la media en cada mes. Esto indica una cierta consistencia en los niveles de cloro durante el año.

Finalmente, con respecto a la **Tendencia Temporal**, se puede apreciar que la concentración de cloro libre residual disminuye gradualmente desde Setiembre hasta Diciembre y luego aumenta nuevamente en Enero y Febrero; esta variación se debe principalmente al factor estacional del cambio de estiaje a lluvia, también se debe al cambio fisicoquímico y microbiológico de las fuentes de agua y por último se debe al proceso de tratamiento del agua como es la cloración y la calibración del equipo de cloración con respecto a la variación del caudal del agua y la dosis del hipoclorito de calcio. Sin embargo, las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano en la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana durante el año 2020 y 2021 muestran cierta variabilidad mensual, pero en general, los niveles de cloro libre residual son relativamente estables y se mantienen dentro de un rango estrecho. También, se observa una tendencia a la disminución hacia fin de año y un aumento en los primeros meses del año siguiente, tal y como se muestra en la **Figura 7**.

Figura 7

Diagrama de Cajas por meses de la concentración de cloro libre residual en agua de hogares con respecto a la Tendencia Temporal.



4.3.2. Análisis de Normalidad

Tabla 8

Prueba de Normalidad de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

Pruebas de normalidad			
Meses	Kolmogorov Smirnov (N>=50)		
	Estadístico	gl	P valor
SETIEMBRE	0,098	356	0,200
OCTUBRE	0,070	356	0,120
NOVIEMBRE	0,064	356	0,156
DICIEMBRE	0,063	356	0,390
ENERO	0,057	356	0,089
FEBRERO	0,052	356	0,059

Los resultados de las pruebas de normalidad utilizando el test de Kolmogorov-Smirnov (N>=50) para los niveles de cloro libre residual en el agua para consumo humano en la ciudad de Bambamarca durante los meses de Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021, indican que los

datos siguen una distribución normal en todos los meses evaluados. Esto significa que los niveles de cloro libre residual en el agua se ajustan a una distribución estadística típica y pueden estar sujetos a variaciones significativas. Teniendo en cuenta que los resultados de los meses de Setiembre a Febrero presentan P valores > 0.05, son datos que se distribuyen en forma de gauss.

4.3.3. Análisis de Variabilidad: ANOVA

Se plantearon dos hipótesis:

H₀= NO existe relación entre la concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021.

H₁= SI existe relación entre la concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021.

Nivel de significancia= 0,05.

Tabla 9

Análisis de Variabilidad: ANOVA de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

ANOVA					
Concentración de cloro libre residual en agua de hogares					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,205	5	,041	2,202	,005
Dentro de grupos	39,641	2130	,019		
Total	39,846	2135			

El análisis de varianza (ANOVA) aplicado a la concentración de cloro libre residual en agua de hogares durante los meses de Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021 con un nivel de significancia de 0,05 arroja resultados significativos. La hipótesis nula (H₀) establece que NO existe relación entre la concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021, mientras que la hipótesis

alternativa (H1) propone que SI existe relación entre la concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021. Por lo tanto, el valor F calculado de 2,202 es mayor que el valor crítico a un nivel de significancia del 5%, lo que indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre al menos dos de los grupos de meses analizados. Además, el valor p (Sig.) es menor que 0,05, lo que refuerza la evidencia de que al menos un mes presenta una concentración de cloro libre residual significativamente diferente a los demás. Por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que existe SI existe relación entre la concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021; lo cual se sugiere, que se deben considerar medidas adecuadas para garantizar una adecuada cloración del agua potable desde los reservorios de almacenamiento de agua hasta obtener la concentración optima de cloro libre residual en las últimas viviendas.

4.3.4. Prueba Tukey para comparaciones múltiples

Tabla 10

Prueba Tukey para comparaciones múltiples de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

Comparaciones múltiples						
Concentración de cloro libre residual en agua de hogares						
HSD Tukey						
(I) meses	(J) meses	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.(p valor)	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
setiembre	octubre	,00848	,01023	,962	-,0207	,0376
	noviembre	,01983	,01023	,378	-,0093	,0490
	diciembre	,03051*	,01023	,034	,0013	,0597
	enero	,01233	,01023	,834	-,0168	,0415
	febrero	,00728	,01023	,981	-,0219	,0364
octubre	setiembre	-,00848	,01023	,962	-,0376	,0207
	noviembre	,01135	,01023	,877	-,0178	,0405

	diciembre	,02202	,01023	,260	-,0071	,0512
	enero	,00385	,01023	,999	-,0253	,0330
	febrero	-,00121	,01023	1,000	-,0304	,0280
noviembre	setiembre	-,01983	,01023	,378	-,0490	,0093
	octubre	-,01135	,01023	,877	-,0405	,0178
	diciembre	,01067	,01023	,903	-,0185	,0398
	enero	-,00750	,01023	,978	-,0367	,0217
	febrero	-,01256	,01023	,823	-,0417	,0166
diciembre	setiembre	-,03051*	,01023	,034	-,0597	-,0013
	octubre	-,02202	,01023	,260	-,0512	,0071
	noviembre	-,01067	,01023	,903	-,0398	,0185
	enero	-,01817	,01023	,481	-,0473	,0110
	febrero	-,02323	,01023	,206	-,0524	,0059
enero	setiembre	-,01233	,01023	,834	-,0415	,0168
	octubre	-,00385	,01023	,999	-,0330	,0253
	noviembre	,00750	,01023	,978	-,0217	,0367
	diciembre	,01817	,01023	,481	-,0110	,0473
	febrero	-,00506	,01023	,996	-,0342	,0241
febrero	setiembre	-,00728	,01023	,981	-,0364	,0219
	octubre	,00121	,01023	1,000	-,0280	,0304
	noviembre	,01256	,01023	,823	-,0166	,0417
	diciembre	,02323	,01023	,206	-,0059	,0524
	enero	,00506	,01023	,996	-,0241	,0342

Concentración de cloro libre residual en agua de hogares

HSD Tukey

meses	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
diciembre	356	,5541	
noviembre	356	,5648	,5648
enero	356	,5723	,5723
octubre	356	,5762	,5762
febrero	356	,5774	,5774
setiembre	356		,5846
Sig.		,206	,378

Los resultados de las comparaciones múltiples utilizando la prueba HSD de Tukey para la concentración de cloro libre residual en agua de hogares entre los diferentes meses revelan

diferencias significativas en las medias de concentración de cloro libre residual entre algunos de los pares de meses. Aquí están las interpretaciones de las diferencias significativas:

Diciembre - Setiembre: La diferencia de medias entre Diciembre y Setiembre es significativa (0,03051) con un nivel de significancia del 0,05. Esto indica que la concentración de cloro libre residual en Diciembre es significativamente mayor que en Setiembre.

Noviembre - Setiembre: No se encuentra una diferencia significativa entre Noviembre y Setiembre en términos de concentración de cloro libre residual en agua de hogares.

Diciembre - Noviembre: La diferencia de medias entre Diciembre y Noviembre es significativa (0,01067) con un nivel de significancia del 0,05; lo que sugiere que la concentración de cloro en Diciembre es significativamente mayor que en Noviembre.

Enero - Setiembre: No se encuentra una diferencia significativa entre Enero y Setiembre en términos de concentración de cloro libre residual en agua de hogares.

Febrero - Setiembre: No se encuentra una diferencia significativa entre Febrero y Setiembre en términos de concentración de cloro libre residual en agua de hogares.

En general, estos resultados indican que las diferencias significativas se observan principalmente en comparación con el mes de Setiembre. Por lo tanto, Diciembre muestra una concentración de cloro libre residual significativamente mayor que Setiembre, y también se observa una diferencia significativa entre Diciembre y Noviembre. Los demás pares de meses no muestran diferencias estadísticamente significativas en la concentración de cloro libre residual en agua de hogares.

4.3.5. Análisis de Variabilidad y Varianza por niveles de cloro libre residual (Alto, Medio y Bajo)

Tabla 11

Análisis de Variabilidad y Varianza por niveles de cloro libre residual de las concentraciones de

cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

RESUMEN	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Nivel Alto	6	693	115,5	97,9
Nivel Medio	6	1198	199,666667	502,666667
Nivel Bajo	6	245	40,8333333	303,766667
Setiembre (estiaje)	3	356	118,666667	1774,33333
Octubre (estiaje)	3	356	118,666667	5945,33333
Noviembre (estiaje)	3	356	118,666667	8744,33333
Diciembre (lluvia)	3	356	118,666667	7961,33333
Enero (lluvia)	3	356	118,666667	8442,33333
Febrero (lluvia)	3	356	118,666667	7280,33333

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Filas	75774,3333	2	37887,1667	83,7902691	5,66269E-07	4,10282102
Columnas	0	5	0	0	1	3,32583453
Error	4521,66667	10	452,166667			
Total	80296	17				

Para el **Nivel de Cloro Libre Residual** la suma de cuadrados para esta variable es de 75774,33; con 2 grados de libertad. El promedio de cuadrados es de 37887,17. El valor F obtenido es de 83,79; y la probabilidad asociada a este valor F es extremadamente baja (5,66269E-07), lo que indica que existe una diferencia significativa entre los niveles de cloro. Además, el valor crítico para F (4,1028) también respalda la significancia estadística de esta diferencia.

Para los **Meses** en este caso, la suma de cuadrados es de 0, lo que sugiere que no hay diferencias significativas entre los meses en términos de niveles de cloro. Esto es respaldado por un valor F de 0 y una probabilidad de 1, lo que indica que no hay efecto significativo debido al factor de los meses.

En resumen, los resultados indican que hay una diferencia significativa en los niveles de cloro libre residual entre los diferentes niveles de cloro libre residual (Alto, Medio, Bajo), ya que la prueba F es altamente significativa. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los meses (Setiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero) en términos de niveles de cloro libre residual, ya que la suma de cuadrados para este factor es cero. Esto sugiere que la variación en los niveles de cloro libre residual está más relacionada con los diferentes niveles de cloro libre residual que con los meses en los que se realizaron las mediciones.

4.3.6. Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Alto, Medio y Bajo

Tabla 12

Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Alto, Medio y Bajo de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

		Correlaciones	
		medio	bajo
alto	Correlación de Pearson	0,007	0,293
	Sig. (bilateral)	0,146	0,573
	N	6	6

La correlación de Pearson entre **Alto y Medio**, indica que los niveles de cloro libre residual "Alto" y "Medio" es de 0,007. El valor p asociado a esta correlación es 0,146. Esta correlación es muy cercana a cero y no es estadísticamente significativa ($p > 0,05$). En otras palabras, no hay una relación significativa entre los niveles de cloro "Alto" y "Medio."

La correlación de Pearson entre **Alto y Bajo**, indica que los niveles de cloro libre residual "Alto" y "Bajo" es de 0,293. El valor p asociado a esta correlación es 0,573. Aunque esta correlación es positiva, indica una relación débil entre los niveles de cloro "Alto" y "Bajo," y no es estadísticamente significativa.

En resumen, los resultados indican que no existen correlaciones significativas entre los

niveles de cloro libre residual "Alto" y "Medio," ni entre "Alto" y "Bajo" en viviendas. Esto sugiere que la presencia o ausencia de niveles altos de cloro libre residual en una vivienda no parece estar relacionada de manera significativa con la presencia o ausencia de niveles medios o bajos de cloro libre residual en otras viviendas, en la muestra y en las condiciones evaluadas. Por lo tanto, las correlaciones son muy débiles y no alcanzan niveles de significancia estadística, lo que respalda la falta de relación significativa entre estos niveles de cloro libre residual en las viviendas.

4.3.7. Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Medio y Bajo

Tabla 13

Correlación de Pearson por nivel de cloro libre residual Medio y Bajo de las concentraciones de cloro libre residual para consumo humano por meses de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.

Correlaciones		
		bajo
medio	Correlación de Pearson	-,907*
	Sig. (bilateral)	0,013
	N	6

La correlación de Pearson entre Medio y Bajo, indica que los niveles de cloro libre residual "Medio" y "Bajo" es de -0,907. El valor p asociado a esta correlación es muy bajo (0,013), lo que indica que esta correlación es estadísticamente significativa a un nivel de significancia del 0,05 (bilateral).

Esta correlación negativa y fuerte sugiere que existe una relación significativa entre los niveles de cloro "Medio" y "Bajo" en las viviendas. Específicamente, cuando un hogar tiene niveles de cloro clasificados como "Medio," es mucho más probable que otro hogar tenga niveles de cloro clasificados como "Bajo," y viceversa. Esta fuerte correlación negativa implica que los niveles de cloro libre residual en estas dos categorías están inversamente relacionados: cuando

uno sube, el otro tiende a bajar.

Los resultados señalan una correlación estadísticamente significativa y fuerte entre los niveles de cloro libre residual "Medio" y "Bajo" en las viviendas, lo que sugiere que la presencia de uno de estos niveles está asociada inversamente con la presencia del otro. Esto podría tener implicaciones importantes en la gestión y el monitoreo de los niveles de cloro libre residual en las viviendas para garantizar la calidad del agua potable.

Por lo tanto, con la evaluación del parámetro químico inorgánico (cloro libre residual) en el agua de hogares de la ciudad de Bambamarca, se identificó que, según las condiciones actuales en las que se encuentra el agua de las viviendas, si existe relación entre los niveles de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en al menos un mes entre Setiembre a Febrero del año 2020 y 2021.

4.4. Análisis de asociación correlacional (Prueba de Chi-cuadrado) entre los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano por mes y sus efectos en la salud humana mediante los factores epidemiológicos en niños menores de 5 años

Tabla 14

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según la Atención de EDAs con deshidratación en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	,040	2	0.980
octubre	9,044	2	0.011
noviembre	1,350	2	0.509
diciembre	2,955	2	0.228
enero	3,014	2	0.222
febrero	2,529	2	0.282

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado revelan que, en septiembre ($p = 0.980$), noviembre ($p = 0.509$), diciembre ($p = 0.228$), enero ($p = 0.222$), y febrero ($p = 0.282$), no se observan diferencias significativas en los niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca en comparación con octubre, que mostró una diferencia significativa ($p = 0.011$). Esta variación en octubre podría indicar la presencia de factores epidemiológicos que afectan a la salud humana de los niños menores de 5 años mediante síntomas leves como es la deshidratación, que podrían verse influenciados por los cambios en el proceso de tratamiento del agua durante ese mes en particular, lo que destaca la importancia de garantizar la seguridad de la calidad del agua potable para el consumo humano y a la vez se disminuya dichos indicadores y evitar complicaciones como la deshidratación en los niños menores de 5 años.

Tabla 15

Niveles de cloro libre residual por mes según la Atención de EDAs no complicada en niños menores de 5 años	
---	--

mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	,985	2	0.611
octubre	2,961	2	0.228
noviembre	1,350	2	0.509
diciembre	3,014	2	0.222
enero	1,288	2	0.525
febrero	3,207	2	0.201

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) no complicada en niños menores de 5 años.

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) no complicada, no muestran diferencias significativas en comparación al mes de octubre ($p = 0.228$) con respecto a los meses de septiembre ($p = 0.611$), noviembre ($p = 0.509$), diciembre ($p = 0.222$), enero ($p = 0.525$), y febrero ($p = 0.201$). Este patrón sugiere una consistencia relativa en los niveles de concentración de cloro libre residual a lo largo de estos meses, con una diferencia notable en el mes de octubre. La estabilidad en los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en estos meses puede ser un indicador positivo; por lo que, se requiere mejorar las posibles variaciones en el tratamiento del agua durante ese período en específico.

Tabla 16

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según la Atención de EDAs con deshidratación y shock en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	,032	2	0.984
octubre	8,728	2	0.013
noviembre	,130	2	0.937
diciembre	3,294	2	0.193
enero	4,263	2	0.119
febrero	1,082	2	0.582

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock muestran una diferencia significativa en el mes de octubre ($p = 0.013$) en comparación con los otros meses evaluados, que no presentan variaciones importantes: septiembre ($p = 0.984$), noviembre ($p = 0.937$), diciembre ($p = 0.193$), enero ($p = 0.119$), y febrero ($p = 0.582$). Este hallazgo indica una variación específica entre los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana como síntomas graves durante el mes de octubre en relación a los casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock, lo que subraya la importancia de garantizar la consistencia en la calidad del agua durante situaciones críticas de salud, ya que afectaría a los niños menores de 5 años, siendo las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock, con alta letalidad en niños desnutridos, predominando las complicaciones inducidas por la pérdida de agua y electrolitos.

Tabla 17

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) disintérica en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según la Atención de EDAs disintérica en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	1,286	2	0.526
octubre	2,961	2	0.228
noviembre	1,350	2	0.509
diciembre	,747	2	0.688
enero	4,263	2	0.119
febrero	8,728	2	0.013

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) disintérica muestran una diferencia significativa en el mes de febrero ($p = 0.013$) y octubre ($p = 0.228$) en comparación con los otros meses evaluados: setiembre ($p = 0.526$), noviembre ($p = 0.509$), diciembre ($p = 0.688$), y enero ($p = 0.119$). Esto indica una variación notable en los niveles de concentración de cloro libre residual durante el mes febrero y; en menor medida, en el mes de octubre en relación con los casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) disintérica. Estos hallazgos subrayan la importancia de disminuir estas enfermedades de origen hídrico en los niños menores de 5 años, siendo de alta mortalidad y letalidad en ese grupo etario; mediante la buena calidad del agua para el consumo humano como es la seguridad del agua potable en las viviendas.

Tabla 18

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según la

atención de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) persistente en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según la Atención de EDAs persistente en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	1,002	2	0.606
octubre	14,943	2	0.001
noviembre	5,023	2	0.081
diciembre	13,729	2	0.001
enero	,463	2	0.793
febrero	1,899	2	0.387

Los resultados mediante la prueba Chi-cuadrado para para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) persistente muestran una diferencia altamente significativa en los meses de octubre ($p = 0.001$) y diciembre ($p = 0.001$) en comparación con los otros meses evaluados: setiembre ($p = 0.606$), noviembre ($p = 0.081$), enero ($p = 0.793$), y febrero ($p = 0.387$). Estos hallazgos señalan que se debe reducir drásticamente las tasas de mortalidad y letalidad en los niños menores de 5 años durante los meses de octubre y diciembre en relación a los casos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) persistente encontradas; por lo que, se debe seguir monitoreando la calidad del servicio de agua potable.

Tabla 19

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Anemia en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según casos de Anemia en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	,030	2	0.985
octubre	10,12	2	0.006
noviembre	,598	2	0.741
diciembre	6,432	2	0.040
enero	2,737	2	0.254
febrero	1,491	2	0.475

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Anemia muestran una diferencia significativa en el mes

de octubre ($p = 0.006$) y diciembre ($p = 0.040$) en comparación con los otros meses evaluados: septiembre ($p = 0.985$), noviembre ($p = 0.741$), enero ($p = 0.254$), y febrero ($p = 0.475$). Estos hallazgos indican una variación en los niveles de concentración de cloro libre residual durante octubre y diciembre en relación con los casos de Anemia en los niños menores de 5 años.

Tabla 20

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Parasitosis en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según casos de Parasitosis en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	1,286	2	0.526
octubre	,800	2	0.670
noviembre	,673	2	0.714
diciembre	,747	2	0.688
enero	2,737	2	0.254
febrero	1,491	2	0.475

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Parasitosis no muestran diferencias significativas en la concentración de cloro en ninguno de los meses evaluados: septiembre ($p = 0.526$), octubre ($p = 0.670$), noviembre ($p = 0.714$), diciembre ($p = 0.688$), enero ($p = 0.254$) y febrero ($p = 0.475$). Estos hallazgos sugieren una consistencia relativa en los niveles de concentración de cloro libre residual a lo largo de estos meses en casos de Parasitosis. Aunque no se observan variaciones significativas, es importante continuar monitoreando la calidad del agua para garantizar condiciones óptimas en la atención a los casos de Parasitosis en los niños menores de 5 años.

Tabla 21

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual por mes según casos de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) en niños menores de 5 años.

Niveles de cloro libre residual por mes según casos de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) en niños menores de 5 años			
mes	Chi-cuadrado	df	p valor
setiembre	,158	2	0.924
octubre	2,735	2	0.255
noviembre	,244	2	0.885
diciembre	,747	2	0.688
enero	5,532	2	0.063
febrero	,172	2	0.918

Los resultados mediante la prueba de Chi-cuadrado para los niveles de concentración de cloro libre residual por mes en casos de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) no muestran diferencias significativas en ninguno de los meses evaluados: septiembre ($p = 0.924$), octubre ($p = 0.255$), noviembre ($p = 0.885$), diciembre ($p = 0.688$), enero ($p = 0.063$), y febrero ($p = 0.918$). Estos hallazgos indican una consistencia relativa en los niveles de concentración de cloro libre residual a lo largo de estos meses en relación con los casos de Desnutrición Crónica Infantil (DCI) en los niños menores de 5 años. Aunque no se observan variaciones significativas, mantener una calidad constante del agua es crucial para la atención a estos casos y su salud a largo plazo.

Tabla 22

Niveles de cloro libre residual según indicadores epidemiológicos en niños menores de 5 años

factores	Chi-cuadrado	df	p valor
EDAs con deshidratación	2,706	2	0.258
EDAs no complicada	4,680	2	0.096
EDAs con deshidratación y shock	3,828	2	0.147
EDAs disintérica	15,091	2	0.001
EDAs persistente	18,908	2	0.000
Anemia	3,434	2	0.180
Parasitosis	3,138	2	0.208
Desnutrición Crónica Infantil (DCI)	1,821	2	0.402

Prueba de asociación (relación) entre los niveles de cloro libre residual según indicadores epidemiológicos en niños menores de 5 años.

A continuación se muestra la relación entre los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana en función a los factores epidemiológicos:

En el factor epidemiológico de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación ($p = 0.258$): No se encontraron diferencias significativas en los niveles de cloro libre residual en relación con los casos de EDAs con deshidratación. Esto indica una posible falta de asociación directa entre los niveles de concentración de cloro libre residual y este tipo de enfermedad diarreica aguda.

En el factor epidemiológico de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) no complicada ($p = 0.096$): Aunque este resultado mostró una tendencia hacia la significancia, aún no alcanzó un nivel estadísticamente significativo. Puede indicar una posible relación leve entre los niveles de concentración de cloro libre residual y los casos de EDAs no complicada.

En el factor epidemiológico de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) con deshidratación y shock ($p = 0.147$): No se observaron diferencias significativas en los niveles de concentración de cloro libre residual en relación con estos casos de EDAs. Esto sugiere una falta de correlación directa entre los niveles de concentración de cloro libre residual y la gravedad de la enfermedad diarreica aguda.

En el factor epidemiológico de EDAs disintérica ($p = 0.001$): Este resultado muestra una alta significancia estadística. Existe una asociación notable entre los niveles de concentración de

cloro libre residual y los casos de EDAs disintérica, lo cual indica que existe una relación entre los niveles de concentración de cloro libre residual y ésta influya en la prevalencia de esta enfermedad.

En el factor epidemiológico de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs) persistente ($p = 0.000$): Similar al caso anterior, este resultado muestra una alta significancia estadística. Lo cual, los niveles de concentración de cloro libre residual parecen tener una fuerte asociación con los casos de EDAs persistente, indicando que las variaciones en los niveles de concentración de cloro libre residual podrían afectar significativamente la presencia de esta enfermedad.

En el factor epidemiológico de ANEMIA ($p = 0.180$): No se encontraron diferencias significativas entre los niveles de cloro libre residual y los casos de Anemia. No parece haber una asociación directa entre los niveles de concentración de cloro libre residual y estos casos.

En el factor epidemiológico de Parasitosis ($p = 0.208$) y Desnutrición Crónica Infantil ($p = 0.402$): Ambos indicadores no mostraron asociaciones significativas con los niveles de concentración de cloro libre residual. Esto indica que la variación de los niveles de concentración de cloro libre residual no parece influir en la prevalencia de Parasitosis o Desnutrición Crónica Infantil en la ciudad de Bambamarca.

En resumen, los niveles de concentración de cloro libre residual parece estar más fuertemente asociada con ciertos tipos de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs disintérica y EDAs persistente) en comparación con otros indicadores de salud como la Anemia, Parasitosis y Desnutrición Crónica Infantil (DCI) en la ciudad de Bambamarca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Se ha determinado la concentración de cloro libre residual desde los reservorios hasta

las conexiones domiciliarias (viviendas), identificándose un promedio de viviendas de 0,561; dichas concentraciones de cloro libre residual se encuentran en un Nivel Medio, lo cual se encuentra en el rango de 0,50 mg/L - 1,00 mg/L, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SALUD del Reglamento de la Calidad del Agua para el Consumo Humano.

Se ha simulado los niveles de concentración de cloro libre residual desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas), donde se identificaron un promedio de 240 viviendas que representa el 67,56% con concentración adecuada de cloro libre residual (áreas amarillas y áreas naranjas) en los Jirones Las Tinajas, Los Libertadores, Ramón Castilla, Jaime de Martínez, Alfonso Ugarte, Mariscal Sucre, Francisco Bolognesi, Coremarca, San Martín, San Carlos, Simón Bolívar, Jorge Chávez, 7 de Junio, Horacio Zevallos Gámez y en la Avenida Túpac Amaru.

Se ha realizado la relación entre los niveles de concentración de cloro libre residual y sus efectos en la salud humana, obteniéndose en el mes de Diciembre una mayor concentración de cloro libre residual en relación a los demás meses, indicando que los Niveles Medio y Bajo señalan una correlación estadísticamente significativa y fuerte, representando una correlación positiva. También, se realizó la prueba de Chi-cuadrado encontrándose una asociación fuerte entre los niveles de concentración de cloro libre residual y las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAs disintérica y EDAs persistente) en comparación a los demás indicadores de salud.

5.2. RECOMENDACIONES

A la Municipalidad Provincial de Hualgayoc - Bambamarca, se sugiere a través de

su área competente, realizar la vigilancia de la calidad del agua; así como realizar un estricto control sobre una adecuada dosificación del cloro en el agua desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas); así como, realizar evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas en el agua para consumo humano a largo plazo tanto en época de estiaje y de lluvia; y también la evaluación de Trihalometanos en el agua clorada y/o cloraminadas.

Considerar el monitoreo de cloro libre residual a mayor cantidad de viviendas, a fin de obtener datos más precisos para la simulación del cloro libre residual en las viviendas y a la vez permita tomar decisiones a corto plazo en la mejor dosificación del hipoclorito de calcio para el consumo humano.

Al evaluar el cloro libre residual es muy relevante para realizar estudios de la calidad del agua para el consumo humano de manera semanal, quincenal y mensual, lo cual siempre deberá ser considerado en el análisis de la calidad de agua, en la cual se verá influenciado por las características microbiológicas que contenga el agua de los manantiales.

Para los investigadores y personas interesadas que deseen realizar estudios de la misma naturaleza, se recomienda utilizar programas de simulación sobre el comportamiento de las concentraciones del cloro libre residual en las viviendas, y de esa manera ampliar la investigación y lograr resultados más precisos.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acuña, F. y Pacheco, A. (2013). *Implementación de un sistema de control y monitoreo de cloración de agua en forma remota mediante tecnología Zigbee para la planta de potabilización "El Calzado" de la EPMAPAL* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Ecuador.
- Bendezu, B., Whuking, C., Medina, P., Maruy, A., y Namuche, B. (2016). *Concentración Inadecuada de Cloro Residual Libre en Agua de Hogares de Lima Metropolitana*. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública.
- Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, SV (ANDA). (2015). *Calidad del Agua*. San Salvador, El Salvador.
- Cooperación Alemana al Desarrollo. (2017). *Manual para la cloración del agua en sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural*. Implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Miraflores, Perú.
- Córdova, R., y Zelaya, W. (2017). *Generación de un modelo de simulación para la optimización de redes de agua potable de las ciudades de Huaraz e Independencia provincia Huaraz - Ancash*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM). Huaraz, Perú.
- DIRESA PUNO. (2015). *Calidad sanitaria de agua del distrito de Puno actividad 2013-2014*. Puno, Perú.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). 2021. *Densidad Kernel*. Recuperado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/latest/tools/spatial-analyst-toolbox/kernel-density.htm>.
- FNUAP. (2015). *Los retos de la población mundial*. Recuperado de

<http://albageo2a.bloges.org/1445601839/los-retos-de-la-poblacion-mundial/>.

Gómez, A., Miralles, M., Corbella, I., García, S., Navarro, S., y Llebaria, X. (2016). *La calidad sanitaria del agua de consumo*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>.

Guanuchi, C., y Ordóñez, J. (2017). *Evaluación del Cloro Residual en la Red de Distribución de Agua Potable del Cantón Azogues a través de un Modelo Experimental*. (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca. Cuenca, Ecuador.

Hoque, E., Hsu, L., Aryasomayajula, A., Selvaganapathy, P., Kruse, P. (2017). Pencil-Drawn Chemiresistive Sensor for Free Chlorine in Water. *IEEE Sensors Letters*. Recuperado de: <https://doi.org/10.1109/lens.2017.2722958>.

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2014). *Estudio “Mapas de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos, Plan de Usos del Suelo ante Desastres, Proyectos y Medidas de Mitigación de la Ciudad de Bambamarca y Centro Poblado Llaucán”*. Disponible de http://sigrid.cenepred.gob.pe/docs/PARA%20PUBLICAR/INDECI/Mapa%20peligros%20vulnerabilidad%20y%20riesgos%20usos%20del%20suelo%20y%20medidas%20mitigacion%20de%20Bambamarca_2014.pdf.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2016). *Encuesta Nacional de Hogares sobre Condiciones de Vida y Pobreza*. Lima, Perú. Recuperado de https://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/543/vargrp/VG11.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Lima, Perú. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm.

- INVIMA. (2014). *Agua potable para consumo humano*. Recuperado de https://www.invima.gov.co/procesos/archivos/procesos_eliminados/Capacitacion_y_asistencia/2008/formatos/PM06-CAT-DI22.pdf.
- Lenntech BV. (2019). *Cloro (Cl). Water treatment*. Recuperado de: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cl.htm>.
- Ministerio de Salud (MINSA). (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. Decreto Supremo N° 031-2010-SA*. Lima, Perú.
- Ministerio de Salud (MINSA). (2015). "*Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano*". Lima, Perú.
- Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., y Campos, M. (2010). *Situación de la Calidad de Agua para Consumo en Hogares de Niños Menores de Cinco Años en Perú, 2007-2010*. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública.
- Modelo de Saneamiento Básico Rural (SABA). (2014). *Desinfección y cloración en sistemas rurales*. Lima, Perú.
- Murillo, Y. (2015). "*Control estadístico de la calidad del agua respecto al cloro residual y turbidez en la Planta de Tratamiento SEDA JULIACA de 2015*". (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano - Puno. Puno, Perú.
- Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEM 1008. (2014) *Agua Potable*. Recuperado de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2009). *Medición del cloro residual en el agua*. Recuperado de <http://www.disaster-info.net/Agua/pdf/11-CloroResidual.pdf>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2010). *El efecto del cloro en la salud de las personas*.

- Recuperado de: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs172.html.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2015). *Agua*. Recuperado de <http://www.who.int/topics/water/es/>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Enfermedades diarreicas*. Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/diarrhoeal-disease>.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *1 de cada 3 personas en el mundo no tiene acceso al agua potable, según UNICEF y la OMS*. Comunicado de prensa. Recuperado de: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/1-de-cada-3-personas-en-el-mundo-no-tiene-acceso-a-agua-potable%0Ahttps://www.who.int/es/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water---unicef-who%0Ahttps://www.who.int/>.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2013). *Guía rápida para la vigilancia sanitaria del agua. Acciones para garantizar agua segura a la población*. Recuperado de: https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/4341/Guia_para_la_vigilancia_del_agua_VERSION_WEB.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Rashid, M., Khan, M., y Jalbani, N. (2021). *Detection of human Adenovirus, Rotavirus, and Enterovirus in tap water and their association with the overall quality of water in Karachi, Pakistan*. *Food and Environmental Virology*. Recuperado de: <http://doi.org/10.1007/s12560-020-09448-8>.
- Rodríguez, M., Rodríguez, G., Serodes, J., y Sadiq, R. (2007). *Subproductos de la desinfección del agua potable: Formación, aspectos sanitarios y reglamentación*. Revista Interciencia. Caracas, Venezuela.
- Streiner, D. (2003). *Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal*

consistency. Journal of Personality Assessment. Recuperado de https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15327752JPA8001_18.

SUNASS. (2004). *La calidad del agua potable en el Perú*. Lima, Perú.

Tinoco, J., y Castro, A. (2019). *Niveles de cloro residual libre en la red de distribución de agua potable en una institución de educación superior en la ciudad de Cali en el año 2019*. (Tesis de maestría). Universidad Santiago de Cali. Cali, Colombia.

United Nations (UN). (2010). *The Human Right to Water and Sanitation*. Recuperado de: http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief.pdf.

World Health Organization (WHO). (2022). *Drinking-Water*. Geneva, Switzerland: WHO. Recuperado de: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs391/en/>.

CAPÍTULO VII ANEXOS

Anexo I. Límites Máximos Permisibles (LMPs) del Decreto Supremo N° 031-2010-SALUD.

ANEXO III		
LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS		
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitrítos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001
10. Endrín	mgL ⁻¹	0,0006
11. Gamma HCH (lindano)	mgL ⁻¹	0,002
12. Hexaclorobenceno	mgL ⁻¹	0,001
13. Heptacloro y heptacloroepóxido	mgL ⁻¹	0,00003
14. Metoxicloro	mgL ⁻¹	0,020
15. Pentaclorofenol	mgL ⁻¹	0,009
16. 2,4-D	mgL ⁻¹	0,030
17. Acrilamida	mgL ⁻¹	0,0005
18. Epiclorhidrina	mgL ⁻¹	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mgL ⁻¹	0,0003
20. Benzopireno	mgL ⁻¹	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mgL ⁻¹	0,03
22. Tetracloroetano	mgL ⁻¹	0,04

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
23. Monocloramina	mgL ⁻¹	3
24. Tricloroeteno	mgL ⁻¹	0,07
25. Tetracloruro de carbono	mgL ⁻¹	0,004
26. Ftalato de di (2-etilhexilo)	mgL ⁻¹	0,008
27. 1,2- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	1
28. 1,4- Diclorobenceno	mgL ⁻¹	0,3
29. 1,1- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,03
30. 1,2- Dicloroeteno	mgL ⁻¹	0,05
31. Diclorometano	mgL ⁻¹	0,02
32. Ácido edético (EDTA)	mgL ⁻¹	0,6
33. Etilbenceno	mgL ⁻¹	0,3
34. Hexaclorobutadieno	mgL ⁻¹	0,0006
35. Acido Nitrilotriacético	mgL ⁻¹	0,2
36. Estireno	mgL ⁻¹	0,02
37. Tolueno	mgL ⁻¹	0,7
38. Xileno	mgL ⁻¹	0,5
39. Atrazina	mgL ⁻¹	0,002
40. Carbofurano	mgL ⁻¹	0,007
41. Clorotoluron	mgL ⁻¹	0,03
42. Cianazina	mgL ⁻¹	0,0006
43. 2,4- DB	mgL ⁻¹	0,09
44. 1,2- Dibromo-3- Cloropropano	mgL ⁻¹	0,001
45. 1,2- Dibromoetano	mgL ⁻¹	0,0004
46. 1,2- Dicloropropano (1,2- DCP)	mgL ⁻¹	0,04
47. 1,3- Dicloropropeno	mgL ⁻¹	0,02
48. Dicloroprop	mgL ⁻¹	0,1
49. Dimetato	mgL ⁻¹	0,006
50. Fenoprop	mgL ⁻¹	0,009
51. Isoproturon	mgL ⁻¹	0,009
52. MCPA	mgL ⁻¹	0,002
53. Mecoprop	mgL ⁻¹	0,01
54. Metolaclo	mgL ⁻¹	0,01
55. Molinato	mgL ⁻¹	0,006
56. Pendimetalina	mgL ⁻¹	0,02
57. Simazina	mgL ⁻¹	0,002
58. 2,4,5- T	mgL ⁻¹	0,009
59. Terbutilazina	mgL ⁻¹	0,007
60. Trifluralina	mgL ⁻¹	0,02
61. Clorpirifos	mgL ⁻¹	0,03
62. Piriproxifeno	mgL ⁻¹	0,3
63. Microcistin-LR	mgL ⁻¹	0,001

Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
64. Bromato	mgL ⁻¹	0,01
65. Bromodichlorometano	mgL ⁻¹	0,06
66. Bromoformo	mgL ⁻¹	0,1
67. Hidrato de cloral (tricloroacetaldehído)	mgL ⁻¹	0,01
68. Cloroformo	mgL ⁻¹	0,2
69. Cloruro de cianógeno (como CN)	mgL ⁻¹	0,07
70. Dibromoacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,1
71. Dibromoclorometano	mgL ⁻¹	0,05
72. Dichloroacetato	mgL ⁻¹	0,02
73. Dichloroacetoniitrilo	mgL ⁻¹	0,9
74. Formaldehído	mgL ⁻¹	0,02
75. Monocloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
76. Tricloroacetato	mgL ⁻¹	0,2
77. 2,4,6- Triclorofenol		

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

Nota 3: La suma de los cocientes de la concentración de cada uno de los parámetros (Cloroformo, Dibromoclorometano, Bromodichlorometano y Bromoformo) con respecto a sus límites máximos permisibles no deberá exceder el valor de 1,00 de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\frac{C_{\text{cloroformo}}}{LMP_{\text{cloroformo}}} + \frac{C_{\text{Dibromoclorometano}}}{LMP_{\text{Dibromoclorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromodichlorometano}}}{LMP_{\text{Bromodichlorometano}}} + \frac{C_{\text{Bromoformo}}}{LMP_{\text{Bromoformo}}} \leq 1$$

donde, C: concentración en mg/L, y LMP: límite máximo permisible en mg/L

Anexo 2. Concentración de cloro libre residual en agua de hogares de las 356 viviendas de la ciudad de Bambamarca desde el mes de Setiembre del año 2020 hasta el mes de Febrero del año 2021.

TESIS "NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020"							
N° DE VIVIENDAS POR RED	CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA DE HOGARES DE LAS 356 VIVIENDAS DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA DESDE EL MES DE SETIEMBRE 2020 HASTA EL MES DE FEBRERO 2021						
	N° DE VIVIENDAS	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
Red de Distribución 1 (R-1)	Reservorio R-1	0,68	0,86	0,86	0,76	0,82	0,87
	1	0,62	0,64	0,65	0,63	0,64	0,65
	2	0,59	0,78	0,68	0,68	0,68	0,78
	3	0,46	0,68	0,52	0,73	0,53	0,61
	4	0,51	0,72	0,50	0,71	0,59	0,58
	5	0,75	0,61	0,67	0,83	0,67	0,68
	6	0,41	0,58	0,61	0,64	0,61	0,62
	7	0,32	0,79	0,78	0,62	0,73	0,57
	8	0,67	0,85	0,73	0,54	0,65	0,55
	9	0,64	0,93	0,68	0,58	0,74	0,59
	10	0,55	0,78	0,63	0,51	0,85	0,73
	11	0,81	0,56	0,58	0,67	0,67	0,81
	12	0,70	0,78	0,46	0,54	0,53	0,77
	13	0,46	0,61	0,68	0,58	0,46	0,61
	14	0,76	0,47	0,61	0,53	0,42	0,68
	15	0,75	0,67	0,74	0,59	0,47	0,54
	16	0,58	0,87	0,48	0,63	0,38	0,51
	17	0,32	0,52	0,67	0,69	0,32	0,42
	18	0,42	0,58	0,54	0,73	0,46	0,48
	19	0,76	0,74	0,78	0,61	0,58	0,33
	20	0,87	0,58	0,59	0,68	0,55	0,39
	21	0,53	0,42	0,38	0,73	0,51	0,46
	22	0,66	0,46	0,48	0,75	0,67	0,37
	23	0,21	0,38	0,42	0,61	0,73	0,34
	24	0,38	0,32	0,36	0,43	0,78	0,48
	25	0,65	0,47	0,49	0,36	0,83	0,53
	26	0,89	0,57	0,57	0,49	0,85	0,58
	27	0,15	0,62	0,59	0,41	0,81	0,47
	28	0,42	0,68	0,65	0,46	0,76	0,44
	29	0,75	0,78	0,62	0,42	0,73	0,49
	30	0,53	0,62	0,54	0,57	0,58	0,38
	31	0,66	0,69	0,46	0,51	0,51	0,34
32	0,61	0,84	0,48	0,48	0,46	0,57	

VIENE...

33	0,59	0,72	0,38	0,56	0,37	0,78
34	0,46	0,61	0,47	0,67	0,39	0,69
35	0,41	0,86	0,59	0,63	0,45	0,53
36	0,34	0,72	0,71	0,42	0,41	0,67
37	0,68	0,69	0,76	0,47	0,35	0,73
38	0,66	0,52	0,63	0,63	0,44	0,81
39	0,76	0,57	0,68	0,61	0,57	0,72
40	0,47	0,73	0,57	0,74	0,53	0,64
41	0,36	0,54	0,52	0,72	0,68	0,59
42	0,57	0,42	0,37	0,65	0,65	0,56
43	0,63	0,49	0,45	0,69	0,78	0,38
44	0,53	0,42	0,67	0,73	0,61	0,47
45	0,59	0,33	0,63	0,86	0,57	0,65
46	0,45	0,37	0,82	0,79	0,36	0,52
47	0,49	0,59	0,70	0,63	0,29	0,74
48	0,50	0,52	0,74	0,60	0,46	0,61
49	0,58	0,41	0,61	0,52	0,58	0,57
50	0,42	0,36	0,58	0,43	0,47	0,68
51	0,36	0,67	0,35	0,48	0,35	0,72
52	0,47	0,54	0,48	0,46	0,39	0,46
53	0,69	0,68	0,47	0,37	0,59	0,35
54	0,84	0,78	0,37	0,41	0,63	0,32
55	0,63	0,63	0,43	0,57	0,78	0,67
56	0,74	0,52	0,55	0,52	0,82	0,72
57	0,48	0,69	0,68	0,56	0,64	0,81
58	0,57	0,44	0,72	0,72	0,76	0,64
59	0,64	0,41	0,62	0,62	0,65	0,73
60	0,68	0,37	0,57	0,54	0,71	0,68
61	0,79	0,55	0,68	0,73	0,54	0,55
62	0,83	0,69	0,73	0,65	0,59	0,69
63	0,42	0,78	0,61	0,69	0,63	0,51
64	0,47	0,92	0,66	0,74	0,67	0,43
65	0,45	0,67	0,59	0,62	0,58	0,40
66	0,36	0,62	0,48	0,54	0,47	0,36
67	0,46	0,69	0,42	0,58	0,42	0,48
68	0,43	0,52	0,39	0,46	0,58	0,74
69	0,54	0,36	0,41	0,41	0,53	0,58
70	0,39	0,45	0,34	0,48	0,39	0,62
71	0,57	0,62	0,52	0,39	0,51	0,69
72	0,78	0,67	0,58	0,32	0,65	0,53
73	0,86	0,48	0,57	0,46	0,76	0,57

VAN...

VIENE...

74	0,73	0,36	0,71	0,48	0,64	0,63
75	0,82	0,32	0,56	0,39	0,71	0,81
76	0,54	0,57	0,67	0,34	0,55	0,78
77	0,46	0,68	0,58	0,43	0,40	0,57
78	0,48	0,71	0,52	0,57	0,47	0,44
79	0,31	0,69	0,37	0,52	0,41	0,37
80	0,52	0,85	0,31	0,76	0,73	0,34
81	0,78	0,53	0,48	0,68	0,56	0,42
82	0,85	0,78	0,42	0,57	0,62	0,64
83	0,89	0,72	0,86	0,53	0,76	0,78
84	0,71	0,82	0,72	0,67	0,67	0,51
85	0,54	0,50	0,56	0,61	0,54	0,58
86	0,50	0,58	0,76	0,69	0,58	0,77
87	0,63	0,75	0,45	0,64	0,47	0,66
88	0,47	0,61	0,47	0,58	0,41	0,61
89	0,68	0,58	0,40	0,52	0,56	0,59
90	0,79	0,46	0,55	0,64	0,77	0,46
91	0,84	0,36	0,78	0,51	0,71	0,49
92	0,86	0,58	0,67	0,48	0,63	0,42
93	0,95	0,66	0,63	0,42	0,58	0,34
94	0,77	0,78	0,56	0,46	0,67	0,31
95	0,71	0,63	0,62	0,41	0,62	0,45
96	0,84	0,69	0,60	0,34	0,54	0,67
97	0,54	0,52	0,52	0,37	0,57	0,61
98	0,76	0,58	0,43	0,46	0,48	0,74
99	0,41	0,70	0,48	0,31	0,42	0,79
100	0,67	0,54	0,36	0,48	0,47	0,58
101	0,79	0,39	0,42	0,26	0,36	0,63
102	0,55	0,47	0,57	0,36	0,49	0,69
103	0,76	0,67	0,59	0,42	0,58	0,75
104	0,88	0,87	0,62	0,52	0,54	0,61
105	0,71	0,56	0,78	0,41	0,63	0,55
106	0,58	0,52	0,67	0,47	0,67	0,46
107	0,78	0,67	0,71	0,58	0,62	0,37
108	0,38	0,62	0,58	0,67	0,71	0,42
109	0,29	0,59	0,53	0,63	0,53	0,58
110	0,46	0,42	0,60	0,57	0,32	0,68
111	0,42	0,44	0,79	0,53	0,46	0,74
112	0,65	0,32	0,83	0,65	0,41	0,77
113	0,44	0,28	0,57	0,61	0,48	0,80
114	0,58	0,47	0,47	0,78	0,67	0,63

VIENE...

	115	0,36	0,56	0,44	0,74	0,60	0,58
	116	0,69	0,35	0,38	0,63	0,57	0,52
	117	0,74	0,46	0,32	0,73	0,74	0,77
	118	0,87	0,67	0,46	0,54	0,72	0,83
	119	0,45	0,72	0,36	0,58	0,64	0,59
	120	0,62	0,58	0,34	0,63	0,52	0,55
Red de Distribución 2 (R-2)	Reservorio R-2	0,88	0,85	0,81	0,83	0,82	0,78
	121	0,65	0,64	0,67	0,79	0,69	0,64
	122	0,55	0,81	0,54	0,64	0,73	0,61
	123	0,47	0,69	0,58	0,62	0,64	0,78
	124	0,77	0,77	0,62	0,53	0,71	0,72
	125	0,68	0,53	0,73	0,74	0,62	0,56
	126	0,79	0,58	0,68	0,73	0,57	0,51
	127	0,54	0,68	0,62	0,64	0,45	0,46
	128	0,44	0,73	0,58	0,69	0,38	0,67
	129	0,39	0,66	0,36	0,57	0,36	0,62
	130	0,59	0,78	0,46	0,68	0,39	0,53
	131	0,63	0,54	0,54	0,54	0,52	0,75
	132	0,65	0,47	0,57	0,47	0,58	0,79
	133	0,47	0,42	0,37	0,42	0,71	0,84
	134	0,78	0,48	0,51	0,53	0,67	0,59
	135	0,88	0,33	0,63	0,47	0,62	0,71
	136	0,54	0,55	0,53	0,40	0,78	0,67
	137	0,44	0,78	0,67	0,57	0,57	0,62
	138	0,32	0,46	0,59	0,62	0,54	0,71
	139	0,48	0,41	0,52	0,69	0,37	0,64
	140	0,37	0,35	0,68	0,75	0,46	0,76
	141	0,28	0,66	0,73	0,79	0,58	0,52
	142	0,36	0,59	0,62	0,52	0,67	0,46
	143	0,38	0,78	0,52	0,66	0,61	0,36
	144	0,52	0,65	0,43	0,57	0,78	0,39
	145	0,46	0,58	0,48	0,46	0,73	0,44
	146	0,37	0,47	0,39	0,41	0,69	0,49
	147	0,58	0,38	0,61	0,35	0,82	0,63
148	0,48	0,62	0,65	0,31	0,84	0,69	
149	0,78	0,64	0,53	0,47	0,68	0,52	
150	0,66	0,86	0,58	0,42	0,61	0,57	
151	0,89	0,67	0,72	0,34	0,56	0,62	
152	0,57	0,71	0,73	0,38	0,47	0,77	
153	0,71	0,58	0,54	0,57	0,41	0,64	
154	0,42	0,39	0,65	0,59	0,36	0,69	

VAN...

VIENE...

155	0,47	0,47	0,82	0,68	0,39	0,73
156	0,84	0,34	0,73	0,63	0,57	0,65
157	0,66	0,44	0,63	0,75	0,51	0,57
158	0,58	0,47	0,59	0,79	0,68	0,47
159	0,41	0,66	0,45	0,67	0,63	0,41
160	0,35	0,72	0,42	0,63	0,68	0,29
161	0,38	0,78	0,35	0,54	0,54	0,35
162	0,47	0,55	0,30	0,59	0,63	0,48
163	0,57	0,59	0,37	0,43	0,74	0,45
164	0,69	0,57	0,48	0,47	0,52	0,58
165	0,55	0,67	0,68	0,37	0,62	0,51
166	0,78	0,52	0,74	0,32	0,47	0,56
167	0,38	0,69	0,71	0,26	0,41	0,66
168	0,56	0,64	0,69	0,37	0,36	0,72
169	0,46	0,68	0,66	0,32	0,32	0,78
170	0,37	0,58	0,53	0,39	0,39	0,53
171	0,43	0,44	0,59	0,47	0,61	0,64
172	0,29	0,48	0,68	0,59	0,46	0,81
173	0,37	0,40	0,73	0,56	0,33	0,74
174	0,54	0,38	0,58	0,67	0,67	0,62
175	0,51	0,29	0,79	0,52	0,53	0,54
176	0,46	0,47	0,61	0,69	0,58	0,58
177	0,40	0,67	0,45	0,74	0,51	0,52
178	0,34	0,48	0,48	0,67	0,68	0,68
179	0,58	0,54	0,32	0,62	0,63	0,55
180	0,67	0,59	0,37	0,55	0,71	0,44
181	0,78	0,47	0,46	0,43	0,63	0,47
182	0,46	0,37	0,36	0,49	0,52	0,41
183	0,65	0,46	0,52	0,36	0,64	0,48
184	0,52	0,31	0,63	0,37	0,73	0,38
185	0,43	0,52	0,76	0,45	0,54	0,36
186	0,48	0,58	0,68	0,32	0,37	0,52
187	0,77	0,68	0,62	0,38	0,47	0,58
188	0,36	0,74	0,78	0,47	0,58	0,47
189	0,88	0,65	0,64	0,56	0,53	0,63
190	0,65	0,70	0,39	0,58	0,69	0,69
191	0,68	0,51	0,46	0,75	0,83	0,74
192	0,53	0,47	0,42	0,71	0,74	0,64
193	0,57	0,40	0,49	0,66	0,65	0,78
194	0,59	0,49	0,57	0,63	0,51	0,60
195	0,51	0,68	0,37	0,78	0,67	0,65

VAN...

VIENE...

196	0,83	0,72	0,39	0,56	0,72	0,56
197	0,93	0,62	0,46	0,78	0,65	0,52
198	0,76	0,75	0,41	0,67	0,78	0,49
199	0,83	0,81	0,52	0,79	0,52	0,61
200	0,52	0,59	0,45	0,64	0,67	0,58
201	0,48	0,35	0,47	0,54	0,51	0,73
202	0,34	0,30	0,38	0,67	0,42	0,63
203	0,66	0,28	0,54	0,53	0,46	0,69
204	0,47	0,43	0,57	0,46	0,41	0,52
205	0,74	0,53	0,62	0,42	0,36	0,59
206	0,71	0,69	0,51	0,36	0,48	0,51
207	0,88	0,73	0,43	0,35	0,53	0,69
208	0,42	0,46	0,47	0,47	0,58	0,78
209	0,48	0,61	0,37	0,41	0,51	0,72
210	0,41	0,42	0,45	0,36	0,67	0,58
211	0,59	0,74	0,58	0,39	0,72	0,55
212	0,65	0,63	0,73	0,47	0,78	0,45
213	0,61	0,68	0,64	0,41	0,54	0,42
214	0,58	0,55	0,78	0,45	0,66	0,48
215	0,44	0,50	0,52	0,36	0,52	0,44
216	0,48	0,46	0,64	0,31	0,65	0,67
217	0,67	0,59	0,68	0,56	0,72	0,72
218	0,77	0,67	0,55	0,78	0,58	0,55
219	0,82	0,52	0,43	0,54	0,52	0,50
220	0,61	0,58	0,41	0,67	0,66	0,58
221	0,58	0,76	0,45	0,72	0,72	0,63
222	0,43	0,83	0,36	0,58	0,64	0,74
223	0,48	0,65	0,39	0,64	0,53	0,51
224	0,36	0,78	0,59	0,52	0,47	0,64
225	0,42	0,54	0,67	0,67	0,59	0,65
226	0,66	0,69	0,54	0,58	0,52	0,53
227	0,58	0,44	0,35	0,52	0,63	0,47
228	0,45	0,37	0,38	0,67	0,78	0,39
229	0,31	0,67	0,52	0,78	0,71	0,40
230	0,76	0,83	0,58	0,66	0,65	0,42
231	0,64	0,87	0,59	0,78	0,62	0,34
232	0,46	0,75	0,74	0,52	0,58	0,46
233	0,42	0,72	0,71	0,57	0,55	0,57
234	0,78	0,86	0,62	0,64	0,46	0,67
235	0,62	0,64	0,57	0,59	0,38	0,51
236	0,55	0,55	0,43	0,47	0,29	0,68

VAN...

VIENE...

	237	0,79	0,42	0,48	0,42	0,38	0,54
	238	0,75	0,35	0,32	0,37	0,47	0,78
	239	0,61	0,27	0,37	0,36	0,37	0,62
	240	0,78	0,47	0,44	0,46	0,46	0,73
	241	0,58	0,36	0,41	0,42	0,53	0,53
Red de Distribución 4 (R-4)	Reservorio R-4	0,78	0,82	0,77	0,79	0,85	0,81
	242	0,72	0,63	0,65	0,65	0,76	0,76
	243	0,68	0,56	0,68	0,72	0,63	0,65
	244	0,74	0,47	0,75	0,56	0,57	0,54
	245	0,44	0,68	0,54	0,68	0,51	0,49
	246	0,40	0,57	0,58	0,52	0,46	0,43
	247	0,36	0,43	0,79	0,69	0,41	0,40
	248	0,45	0,58	0,50	0,63	0,39	0,32
	249	0,37	0,78	0,67	0,61	0,45	0,37
	250	0,44	0,53	0,57	0,76	0,57	0,48
	251	0,67	0,68	0,52	0,78	0,62	0,57
	252	0,54	0,53	0,47	0,67	0,52	0,52
	253	0,61	0,64	0,44	0,62	0,73	0,67
	254	0,78	0,69	0,36	0,54	0,78	0,63
	255	0,66	0,44	0,72	0,59	0,63	0,58
	256	0,44	0,47	0,79	0,45	0,58	0,75
	257	0,41	0,35	0,63	0,41	0,49	0,72
	258	0,58	0,39	0,68	0,48	0,43	0,69
	259	0,60	0,46	0,75	0,39	0,38	0,58
	260	0,72	0,59	0,54	0,36	0,31	0,47
	261	0,63	0,64	0,58	0,47	0,64	0,44
	262	0,79	0,52	0,52	0,42	0,75	0,42
	263	0,84	0,67	0,47	0,58	0,68	0,48
	264	0,81	0,78	0,43	0,52	0,53	0,41
	265	0,64	0,54	0,48	0,67	0,76	0,35
	266	0,55	0,67	0,39	0,73	0,52	0,53
267	0,67	0,53	0,43	0,64	0,79	0,58	
268	0,47	0,47	0,57	0,58	0,83	0,68	
269	0,59	0,36	0,64	0,51	0,64	0,73	
270	0,71	0,43	0,68	0,62	0,57	0,63	
271	0,62	0,41	0,73	0,54	0,61	0,78	
272	0,68	0,36	0,69	0,68	0,42	0,81	
273	0,57	0,29	0,55	0,72	0,47	0,62	
274	0,39	0,43	0,51	0,61	0,39	0,59	
275	0,48	0,48	0,63	0,59	0,35	0,75	
276	0,42	0,56	0,74	0,63	0,46	0,73	

VAN...

VIENE...

277	0,58	0,38	0,58	0,54	0,57	0,55
278	0,69	0,43	0,47	0,37	0,62	0,61
279	0,75	0,62	0,42	0,42	0,73	0,57
280	0,44	0,58	0,48	0,48	0,52	0,42
281	0,48	0,68	0,39	0,35	0,76	0,34
282	0,66	0,47	0,47	0,26	0,68	0,47
283	0,80	0,43	0,54	0,29	0,53	0,41
284	0,86	0,34	0,59	0,46	0,66	0,37
285	0,72	0,38	0,67	0,37	0,78	0,53
286	0,67	0,51	0,72	0,56	0,63	0,59
287	0,56	0,59	0,79	0,47	0,59	0,46
288	0,78	0,64	0,62	0,39	0,54	0,57
289	0,63	0,75	0,57	0,52	0,63	0,68
290	0,46	0,58	0,69	0,65	0,68	0,62
291	0,69	0,65	0,72	0,71	0,78	0,78
292	0,78	0,78	0,76	0,78	0,58	0,72
293	0,54	0,57	0,53	0,62	0,49	0,64
294	0,62	0,44	0,57	0,69	0,37	0,68
295	0,53	0,47	0,51	0,53	0,42	0,81
296	0,44	0,41	0,68	0,55	0,28	0,74
297	0,35	0,49	0,65	0,66	0,25	0,77
298	0,39	0,65	0,54	0,74	0,46	0,56
299	0,48	0,75	0,58	0,58	0,48	0,69
300	0,37	0,53	0,46	0,44	0,58	0,71
301	0,53	0,56	0,59	0,47	0,52	0,54
302	0,78	0,43	0,63	0,38	0,56	0,43
303	0,64	0,38	0,69	0,27	0,67	0,47
304	0,72	0,47	0,72	0,35	0,63	0,34
305	0,61	0,67	0,53	0,54	0,74	0,39
306	0,69	0,62	0,74	0,57	0,79	0,45
307	0,79	0,58	0,67	0,68	0,66	0,48
308	0,83	0,73	0,61	0,53	0,54	0,58
309	0,53	0,79	0,42	0,58	0,51	0,65
310	0,62	0,62	0,48	0,64	0,44	0,55
311	0,55	0,54	0,63	0,69	0,39	0,49
312	0,41	0,58	0,78	0,52	0,65	0,41
313	0,48	0,73	0,61	0,47	0,69	0,45
314	0,36	0,59	0,36	0,41	0,53	0,76
315	0,67	0,64	0,43	0,44	0,64	0,66
316	0,82	0,62	0,49	0,46	0,71	0,51
317	0,67	0,58	0,45	0,58	0,57	0,52

VAN...

VIENE...

318	0,71	0,73	0,35	0,54	0,45	0,58
319	0,49	0,78	0,54	0,51	0,38	0,78
320	0,37	0,48	0,58	0,67	0,41	0,67
321	0,65	0,45	0,66	0,58	0,47	0,62
322	0,78	0,57	0,72	0,78	0,58	0,73
323	0,83	0,52	0,63	0,72	0,67	0,56
324	0,71	0,58	0,84	0,57	0,78	0,61
325	0,68	0,69	0,76	0,84	0,62	0,51
326	0,88	0,47	0,52	0,62	0,56	0,42
327	0,54	0,42	0,65	0,83	0,48	0,47
328	0,68	0,35	0,68	0,75	0,37	0,56
329	0,82	0,45	0,74	0,69	0,45	0,76
330	0,66	0,56	0,76	0,72	0,32	0,82
331	0,79	0,67	0,62	0,61	0,46	0,75
332	0,56	0,78	0,68	0,56	0,58	0,77
333	0,47	0,71	0,53	0,44	0,64	0,66
334	0,42	0,82	0,47	0,38	0,53	0,59
335	0,38	0,59	0,43	0,40	0,59	0,55
336	0,59	0,67	0,49	0,36	0,62	0,46
337	0,78	0,62	0,57	0,47	0,65	0,41
338	0,43	0,68	0,53	0,31	0,68	0,48
339	0,47	0,74	0,65	0,39	0,45	0,34
340	0,36	0,55	0,69	0,46	0,41	0,39
341	0,35	0,46	0,78	0,42	0,37	0,62
342	0,48	0,43	0,71	0,48	0,54	0,68
343	0,61	0,37	0,59	0,58	0,59	0,61
344	0,75	0,67	0,38	0,52	0,76	0,63
345	0,54	0,54	0,29	0,75	0,71	0,70
346	0,43	0,58	0,44	0,63	0,64	0,66
347	0,48	0,62	0,37	0,66	0,56	0,61
348	0,68	0,52	0,27	0,58	0,78	0,55
349	0,57	0,38	0,39	0,51	0,69	0,45
350	0,42	0,46	0,53	0,47	0,54	0,29
351	0,36	0,43	0,74	0,42	0,48	0,39
352	0,48	0,55	0,62	0,58	0,41	0,52
353	0,72	0,62	0,65	0,63	0,52	0,55
354	0,64	0,72	0,72	0,53	0,57	0,46
355	0,52	0,64	0,62	0,46	0,78	0,42
356	0,68	0,58	0,55	0,39	0,63	0,37

Anexo 3. *Coordenadas UTM en WGS84 de las 356 viviendas de la ciudad de Bambamarca para diseñar los niveles de concentración de cloro libre residual, mediante el uso de la herramienta de densidad Kernel con el programa ArcGIS 10.4.1.*

N° DE VIVIENDAS POR RED	V	E (Este)	N (Norte)	Altura (m.s.n.m.)
Red de Distribución 1 (R-1)	Reservorio R-1	773816	9260961	2580
	1	773867	9260945	2574
	2	773906	9260961	2567
	3	773924	9260952	2565
	4	773970	9260982	2557
	5	773983	9260972	2556
	6	774019	9260998	2550
	7	774046	9260995	2548
	8	774075	9261018	2545
	9	774093	9261016	2544
	10	774105	9261018	2543
	11	774108	9260974	2544
	12	774119	9260968	2543
	13	774122	9260924	2543
	14	774135	9260917	2543
	15	774146	9260876	2541
	16	774147	9260834	2540
	17	774160	9260835	2539
	18	774167	9260779	2538
	19	774178	9260778	2537
	20	774186	9260717	2538
	21	774203	9260713	2537
	22	774201	9260662	2538
	23	774207	9260599	2535
	24	774214	9260529	2531
	25	774217	9260460	2531
	26	774227	9260386	2536
	27	774243	9260399	2533
	28	774233	9260463	2529
	29	774226	9260558	2529
	30	774221	9260623	2534
	31	774226	9260682	2535
	32	774233	9260670	2534
	33	774275	9260669	2527
34	774285	9260608	2520	

VIENE...

35	774298	9260555	2514
36	774314	9260483	2512
37	774330	9260482	2508
38	774309	9260554	2512
39	774293	9260628	2520
40	774314	9260685	2521
41	774333	9260695	2518
42	774350	9260759	2519
43	774364	9260767	2518
44	774352	9260816	2523
45	774358	9260847	2525
46	774338	9260874	2529
47	774341	9260897	2530
48	774283	9260874	2533
49	774236	9260858	2535
50	774196	9260848	2536
51	774182	9260858	2537
52	774244	9260875	2535
53	774316	9260900	2532
54	774371	9260917	2529
55	774391	9260911	2526
56	774464	9260938	2520
57	774496	9260962	2518
58	774510	9260953	2514
59	774507	9261000	2519
60	774490	9261009	2525
61	774482	9261088	2527
62	774472	9261087	2528
63	774469	9261140	2526
64	774457	9261139	2527
65	774429	9261142	2528
66	774413	9261125	2531
67	774381	9261128	2531
68	774361	9261105	2533
69	774331	9261108	2534
70	774316	9261090	2534
71	774283	9261091	2536
72	774285	9261080	2535
73	774302	9261028	2535
74	774324	9260956	2533

VIENE...

75	774313	9260950	2534
76	774290	9261026	2535
77	774272	9261074	2536
78	774271	9261089	2536
79	774236	9261076	2538
80	774228	9261060	2538
81	774191	9261059	2540
82	774187	9261047	2540
83	774149	9261048	2541
84	774142	9261031	2541
85	774117	9261035	2542
86	774098	9261041	2543
87	774084	9261053	2543
88	774088	9261080	2542
89	774071	9261087	2542
90	774078	9261130	2538
91	774069	9261123	2539
92	774067	9261168	2532
93	774052	9261172	2532
94	774050	9261212	2527
95	774038	9261226	2526
96	774046	9261252	2522
97	774019	9261259	2524
98	773996	9261297	2525
99	773994	9261330	2522
100	774027	9261342	2518
101	774083	9261297	2516
102	774111	9261289	2515
103	774138	9261288	2514
104	774167	9261274	2513
105	774192	9261249	2516
106	774219	9261236	2517
107	774255	9261238	2516
108	774292	9261254	2512
109	774325	9261242	2512
110	774361	9261241	2511
111	774384	9261267	2506
112	774414	9261294	2505
113	774444	9261308	2504
114	774478	9261297	2503

VIENE...

	115	774520	9261313	2500
	116	774527	9261335	2500
	117	774559	9261351	2498
	118	774562	9261377	2499
	119	774586	9261391	2497
	120	774589	9261422	2499
	Reservorio R-2	773554	9261275	2594
	121	773619	9261187	2593
	122	773612	9261170	2594
	123	773636	9261177	2590
	124	773644	9261164	2589
	125	773667	9261172	2584
	126	773667	9261188	2585
	127	773718	9261155	2575
	128	773724	9261143	2574
	129	773727	9261123	2573
	130	773737	9261101	2573
	131	773748	9261089	2572
	132	773722	9261082	2577
	133	773703	9261091	2578
	134	773689	9261070	2581
	135	773680	9261060	2583
	136	773703	9261044	2582
	137	773722	9261047	2580
	138	773776	9261012	2578
	139	773781	9260995	2580
	140	773801	9260989	2579
	141	773833	9260999	2574
	142	773831	9261011	2573
	143	773862	9261020	2569
	144	773885	9260994	2568
	145	773881	9260970	2570
	146	773889	9260938	2570
	147	773905	9260921	2569
	148	773902	9260892	2570
	149	773918	9260882	2568
	150	773918	9260855	2568
	151	773933	9260833	2566
	152	773933	9260805	2566
	153	773949	9260790	2564
Red de Distribución 2 (R-2)				

VIENE...

154	773927	9260762	2568
155	773894	9260764	2573
156	773873	9260735	2576
157	773846	9260695	2577
158	773845	9260663	2575
159	773854	9260615	2575
160	773867	9260588	2575
161	773897	9260579	2573
162	773940	9260589	2569
163	773968	9260622	2563
164	774012	9260623	2559
165	774041	9260633	2555
166	774035	9260593	2559
167	774035	9260555	2561
168	774063	9260519	2557
169	774061	9260475	2559
170	774055	9260429	2561
171	774049	9260374	2565
172	774083	9260313	2564
173	774095	9260238	2568
174	774173	9260239	2556
175	774236	9260248	2545
176	774241	9260193	2544
177	774141	9260057	2566
178	774119	9259983	2563
179	774072	9259913	2559
180	774031	9259864	2561
181	774077	9259896	2557
182	774127	9259963	2558
183	774217	9260057	2551
184	774229	9260008	2544
185	774243	9260004	2541
186	774250	9260052	2542
187	774255	9260137	2541
188	774253	9260219	2541
189	774236	9260261	2545
190	774168	9260252	2556
191	774110	9260242	2565
192	774103	9260305	2561
193	774059	9260383	2562

VIENE...

194	774069	9260450	2558
195	774085	9260510	2554
196	774047	9260575	2558
197	774086	9260619	2551
198	774066	9260659	2551
199	774061	9260705	2549
200	774045	9260724	2550
201	774044	9260769	2550
202	774023	9260793	2553
203	774025	9260833	2553
204	774007	9260845	2556
205	774003	9260895	2556
206	773988	9260906	2557
207	773946	9260889	2563
208	773952	9260906	2562
209	774008	9260927	2554
210	774045	9260928	2550
211	774058	9260955	2548
212	774063	9260975	2548
213	774038	9261013	2548
214	774042	9261037	2546
215	774020	9261071	2546
216	774010	9261057	2548
217	773983	9261059	2550
218	773970	9261043	2553
219	773914	9261025	2562
220	773893	9261031	2564
221	773934	9261046	2557
222	773951	9261074	2551
223	773952	9261091	2549
224	773922	9261112	2548
225	773873	9261142	2550
226	773834	9261126	2554
227	773796	9261105	2562
228	773809	9261131	2557
229	773887	9261165	2548
230	773936	9261186	2541
231	773949	9261203	2538
232	773935	9261238	2538
233	773938	9261266	2536

VIENE...

	234	773918	9261292	2538
	235	773911	9261340	2534
	236	773864	9261357	2542
	237	773847	9261379	2544
	238	773804	9261387	2547
	239	773785	9261419	2543
	240	773728	9261441	2548
	241	773716	9261466	2544
Red de Distribución 4 (R-4)	Reservorio R-4	773407	9260980	2635
	242	773432	9261069	2627
	243	773453	9261049	2623
	244	773500	9261058	2615
	245	773512	9261038	2613
	246	773536	9261044	2608
	247	773567	9261030	2603
	248	773560	9261077	2604
	249	773565	9261146	2603
	250	773562	9261169	2603
	251	773546	9261210	2603
	252	773529	9261220	2604
	253	773517	9261238	2602
	254	773537	9261239	2601
	255	773576	9261177	2600
	256	773584	9261138	2599
	257	773577	9261098	2601
	258	773578	9261056	2600
	259	773583	9261029	2600
	260	773600	9260987	2600
	261	773637	9260974	2597
	262	773650	9260953	2599
	263	773689	9260959	2594
	264	773709	9260934	2595
	265	773744	9260932	2591
	266	773741	9260950	2589
	267	773797	9260934	2585
	268	773804	9260914	2586
	269	773825	9260919	2582
	270	773859	9260889	2578
271	773846	9260878	2580	
272	773866	9260863	2577	

VIENE...

273	773849	9260836	2581
274	773862	9260810	2579
275	773855	9260780	2579
276	773872	9260774	2577
277	773857	9260742	2579
278	773840	9260753	2582
279	773803	9260724	2586
280	773761	9260722	2594
281	773776	9260712	2591
282	773803	9260685	2583
283	773828	9260658	2578
284	773818	9260649	2579
285	773835	9260614	2578
286	773871	9260558	2577
287	773886	9260562	2576
288	773906	9260530	2577
289	773904	9260505	2580
290	773927	9260493	2580
291	773958	9260438	2581
292	773970	9260370	2583
293	773978	9260333	2584
294	773967	9260318	2588
295	773985	9260285	2587
296	773979	9260248	2589
297	773996	9260238	2586
298	773984	9260204	2590
299	773998	9260188	2588
300	773986	9260152	2592
301	774004	9260132	2589
302	773991	9260122	2592
303	774011	9260087	2588
304	773998	9260073	2590
305	773978	9260088	2594
306	773948	9260077	2600
307	773924	9260092	2605
308	773894	9260094	2611
309	773878	9260070	2613
310	773867	9260092	2615
311	773856	9260102	2618
312	773870	9260137	2615

VIENE...

313	773890	9260148	2611
314	773905	9260180	2607
315	773904	9260210	2606
316	773914	9260249	2603
317	773906	9260275	2603
318	773928	9260347	2594
319	773940	9260357	2591
320	773955	9260385	2586
321	773947	9260429	2584
322	773928	9260465	2583
323	773905	9260448	2588
324	773883	9260450	2590
325	773866	9260419	2596
326	773842	9260419	2597
327	773818	9260367	2606
328	773797	9260365	2608
329	773781	9260395	2605
330	773759	9260395	2606
331	773753	9260420	2604
332	773743	9260452	2601
333	773759	9260484	2596
334	773744	9260520	2597
335	773751	9260537	2595
336	773729	9260558	2600
337	773738	9260582	2597
338	773716	9260599	2601
339	773712	9260653	2600
340	773689	9260678	2604
341	773721	9260690	2599
342	773696	9260703	2604
343	773676	9260711	2609
344	773660	9260747	2614
345	773675	9260752	2611
346	773663	9260778	2613
347	773644	9260793	2617
348	773646	9260824	2616
349	773628	9260837	2619
350	773636	9260850	2616
351	773612	9260859	2619
352	773587	9260875	2620

VIENE...

353	773564	9260898	2619
354	773574	9260945	2609
355	773591	9260947	2607
356	773577	9260969	2605

Anexo 4. Matriz de consistencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 ESCUELA DE POSGRADO
 PROGRAMA DE MAestrÍA EN CIENCIAS
 MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



Anexo N° 1: Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: Edwin Jhon Saldaña Vásquez				FECHA: 12/02/2021
TÍTULO: Niveles de Cloro Libre Residual en Agua para Consumo Humano de la Ciudad de Bambamarca y sus Efectos en la Salud Humana, 2020.				
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	Variable Dependiente:	1. Enfoque de Investigación: Mixto.
¿Cuáles son los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020?	Determinar los niveles de cloro libre residual de agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca y sus efectos en la salud humana, 2020.	Existe relación entre los niveles de cloro libre residual en agua para consumo humano y los efectos en la salud humana en la ciudad de Bambamarca.	Niveles de Cloro Libre Residual.	2. Tipo de Investigación: Correlacional.
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos:	1. Hipótesis Específicas (Opcional):	Variable Independiente:	3. Método: Inductivo - Deductivo, Análisis - Síntesis.
a) ¿Cuáles son las concentraciones de cloro libre residual de agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas)?	Medir las concentraciones de cloro libre residual de agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).	Las concentraciones de cloro libre residual de agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca NO cumplen con los Límites Máximos Permisibles del D.S. N° 031-2010-SALUD desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).	Efectos en la Salud Humana.	4. Diseño de la Investigación: No Experimental.
b) ¿Cuáles son los niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas)?	Diseñar los niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).	Los niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca se encuentran en un nivel ALTO desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).		5. Marco muestral: Conexiones domiciliarias (viviendas) con cloro libre residual en el agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca.
c) ¿Cuál es la correlación del cloro libre residual en el agua para consumo humano y sus efectos en la salud humana desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas)?	Determinar la correlación del cloro libre residual en el agua para consumo humano y sus efectos en la salud humana desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).	La relación es POSITIVA entre los niveles de concentración de cloro libre residual en el agua para consumo humano y los efectos en la salud humana desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas).		6. Unidad de Análisis: Conexiones domiciliarias (viviendas) con cloro libre residual en el agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca.
				7. Población: Conexiones domiciliarias (viviendas) con cloro libre residual en el agua para consumo humano de la ciudad de Bambamarca, que cumplen con los criterios de selección.
				8. Muestra: 356 conexiones domiciliarias (viviendas) seleccionadas por el cálculo de muestra probabilística infinita, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error deseado del 2%. El muestreo corresponderá a un muestreo aleatorio simple.
				9. Técnica: Toma de muestras.
				10. Instrumento: Equipo colorímetro.



Anexo 5. Matriz de operacionalización de variables.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 ESCUELA DE POSGRADO
 PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
 MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL



Anexo N° 2: Matriz de operacionalización de variables

	Variables	Dimensiones	Definición conceptual	Indicadores	Técnicas e Instrumentos	Unidad de Observación
Variable Independiente	Niveles de cloro libre residual.	Nivel de concentración de cloro libre residual. Frecuencia de monitoreo.	Es la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua para consumo humano y proteger de posible contaminación microbiológica.	Niveles de concentración de cloro libre residual.	Colorímetro marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II. Reactivos de DPD en polvo.	Muestras de cloro libre residual en agua de conexiones domiciliarias (viviendas).
Variable Dependiente	Efectos en la salud humana.	Frecuencia de exposición.	Los efectos se producen cuando los niveles de concentración de cloro libre residual están por debajo de 0,5 mg/L establecido en el D.S. N° 031-2010-MINSA.	Conexiones domiciliarias (viviendas).	Concentraciones de cloro libre residual por debajo de 0,5 mg/L. Programa ArcGIS 10.4.1. (Herramienta densidad Kernel). GPS (Sistema de Posicionamiento Global).	Conexiones domiciliarias (viviendas).



Anexo 6. Certificado de Calibración del equipo colorímetro marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II.

	<p><i>Laboratorio de Calibración</i></p>	
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		
203-CFQ-2020		
Área de Metrología		
Página 1 de 2		
<p>Expediente : 414-07-2020</p> <p>Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUALGAYOC</p> <p>Dirección : Jr. Miguel Grau Nro. 320 - Hualgayoc - Bambamarca - Cajamarca - Perú</p> <p>Equipo/ Instrumento : COLORÍMETRO</p> <p>Marca : HACH</p> <p>Modelo : Pocket Colorimeter II</p> <p>Serie : 15090E280982</p> <p>Identificación : No indica</p> <p>Ubicación : Área Técnica Municipal (Oficina Administrativa)</p> <p>Procedencia : China</p> <p>Rango bajo : 0,00 mg/L a 2,00 mg .(*)</p> <p>Rango alto : 0,1 mg/L a 8,0 mg/L (*)</p> <p>División/ Resolución : 0,01 mg/L; 0,1 mg/L</p> <p>Fecha de calibración : 2020-08-25</p> <p>Lugar: : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C Jr. Chiclayo Nro. 489, Int A - Rimac - Lima.</p> <p>Método utilizado: : Por comparación y ajuste con patrones utilizados de acuerdo a lo establecido en su manual del fabricante.</p>	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o a reglamentaciones vigentes.</p> <p>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad</p> <p>CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>	
 2020-08-27 Fecha de emisión	 Angel G. Alvarez Navarro Jefe de Metrología	 Mirian A. Velasco Navarro Gerente General
<p>Cód. de Servicio: 01073</p>		

Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	18,7	18,8
Humedad Relativa (%hr)	69	62

Patrones de referencia:

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Patrón Usado	Código Interno	N° Lote / Certificado
Gel estándar secundario - Rango Bajo	2635300	A9022A
Gel estándar secundario - Rango Alto	2893300	A9016

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 01073 y la fecha de calibración.
- (*) Dato obtenido del manual del instrumento.

Resultados de la Medición

	Indicación del instrumento (mg/L)	Valor del patrón (mg/L)	Error de indicación (mg/L)	Tolerancia del Gel (mg/L)	Incertidumbre (mg/L)
Bajo	0,21	0,23	-0,02	± 0,09	0,02
	0,93	0,94	-0,01	± 0,10	0,02
	1,67	1,68	-0,01	± 0,14	0,02

	Indicación del instrumento (mg/L)	Valor del patrón (mg/L)	Error de indicación (mg/L)	Tolerancia del Gel (mg/L)	Incertidumbre (mg/L)
Alto	2,2	2,2	0,0	± 0,2	0,2
	3,8	3,8	0,0	± 0,3	0,2
	7,1	7,0	0,1	± 0,6	0,2

Nota


- El instrumento se encuentra dentro de las tolerancias permitidas

FIN DEL DOCUMENTO

Cód. de Servicio: 01073



Anexo 7. Informe de Mantenimiento del equipo colorímetro marca HACH, modelo Pocket Colorimeter II.



2M & N SERVICIOS S.A.C.

Venta, mantenimiento, fabricación, comercialización, distribución e importación de equipos e instrumentos de medición.

Cod: F-GMAN-05 Rev. 01


INFORME DE MANTENIMIENTO 232-IM-2020

1. SOLICITANTE : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUALGAYOC
 Dirección : Jr. Miguel Grau Nro. 320 - Hualgayoc - Bambamarca - Cajamarca - Perú
 Expediente : 102M-08-2020

2. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO :

COLORÍMETRO

Marca : HACH
 Modelo : Pocket Colorimeter II
 Nº de serie : 1509E280982
 Código de identificación : No indica
 Ubicación : Área Técnica Municipal (Oficina Administrativa)
 Procedencia : China
 Tensión de Trabajo : 4 pilas AA



3. LUGAR Y FECHA DE MANTENIMIENTO
 En las instalaciones de **2M & N SERVICIOS S.A.C** el 2020-08-22

4. CONDICIONES INICIALES DEL EQUIPO

Enciende: SI Operativo: SI
 Inestable: NO Calibrado: SI
 Otros: Estructura conservada: SI
 Accesorio defectuoso: NO

- El equipo presenta los terminales del portapilas sulfatados.
- El sensor óptico esta sucio.

5. TRABAJOS REALIZADOS
 En las condiciones iniciales se procedió al **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**, de la siguiente manera:

Desarrollo del servicio :	Conforme
Prueba preliminar de operatividad del equipo.	SI
Revisión, limpieza y verificación de la tarjeta electrónica.	SI
Re-soldado de dispositivos electrónicos de la tarjeta electrónica.	SI
Desmontaje general del equipo.	SI
Pulido de terminales del portapilas.	SI
Verificación de operatividad.	SI
Pruebas de buen funcionamiento	SI





2M & N SERVICIOS S.A.C.

Venta, mantenimiento, fabricación, comercialización, distribución e importación de equipos e instrumentos de medición.

Cod: F-GMAN-05 Rev. 01

INFORME DE MANTENIMIENTO 232-IM-2020

6. CONDICIONES FINALES DEL EQUIPO

- El equipo queda operativo.
- Se colocó un sticker de mantenimiento.

7. RECOMENDACIONES

- Realizar como mínimo una vez al año el mantenimiento preventivo del equipo.
- Al encender el equipo para su uso, se recomienda 1 hora de precalentamiento para optimizar su trabajo.
- Mantener el equipo lejos de fuentes de calor, radiación o vibraciones.
- No dejar las pilas en el instrumento por tiempos prolongados.
- Evitar exponer a la humedad.

8. PRÓXIMO SERVICIO SUGERIDO: 2021-08-22

9. TIEMPO GARANTÍA DEL SERVICIO: 6 meses en condiciones normales de uso.

10 FOTOS COMPLEMENTARIAS:



FIN DEL INFORME

Aldo Valdivia,
Técnico de Mantenimiento,
ÁREA DE MANTENIMIENTO



Anexo 8. Panel fotográfico.

Actividades realizadas durante la evaluación del monitoreo de cloro libre residual en la ciudad de Bambamarca:



Figura 8. Equipo colorímetro marca HACH calibrado, modelo Pocket Colorimeter II, con una celda de muestra (Zero) y dos celdas cubetas (A y B) de vidrio de 10 ml.



Figura 9. Reactivos en polvo de cloro libre residual para cada celda cubeta de 10 ml.



Figura 10. Equipo de Posicionamiento Global (GPS) marca Garmin, modelo GPSMAP64s.



Figura 11. Monitoreo de cloro libre residual en las 356 viviendas desde los meses de Setiembre 2020 a Febrero 2021 con el equipo colorímetro digital, debidamente calibrado.

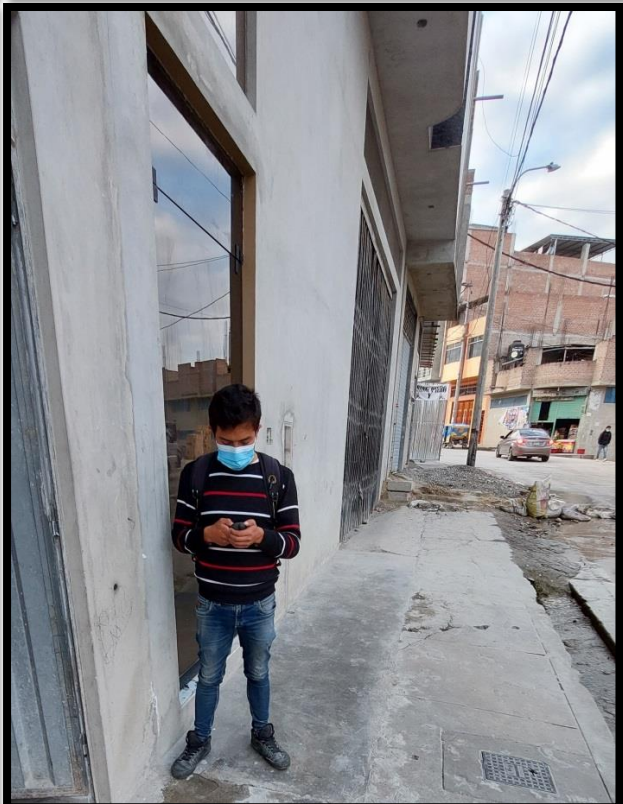
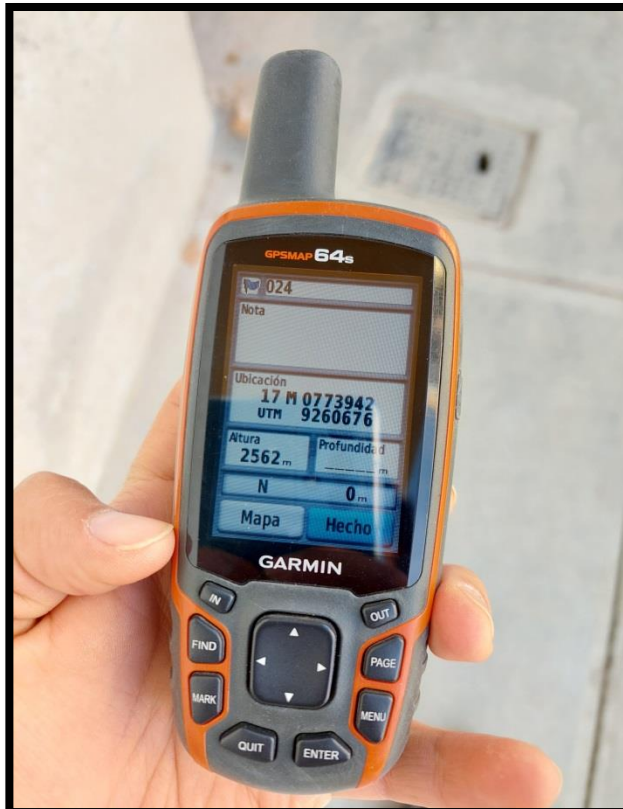


Figura 12. Uso del GPS en las 356 viviendas para el diseño de los niveles de cloro libre residual por debajo de 0.5 mg/L mediante el uso del programa ArcGIS 10.4.1. (Herramienta densidad Kernel) sobre un mapa de base OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA.

CAPÍTULO VIII

APÉNDICES

***Apéndice 1.** Mapa de ubicación del casco urbano de la ciudad de Bambamarca, provincia de Hualgayoc - región Cajamarca.*

***Apéndice 2.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Setiembre del año 2020.*

***Apéndice 3.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Octubre del año 2020.*

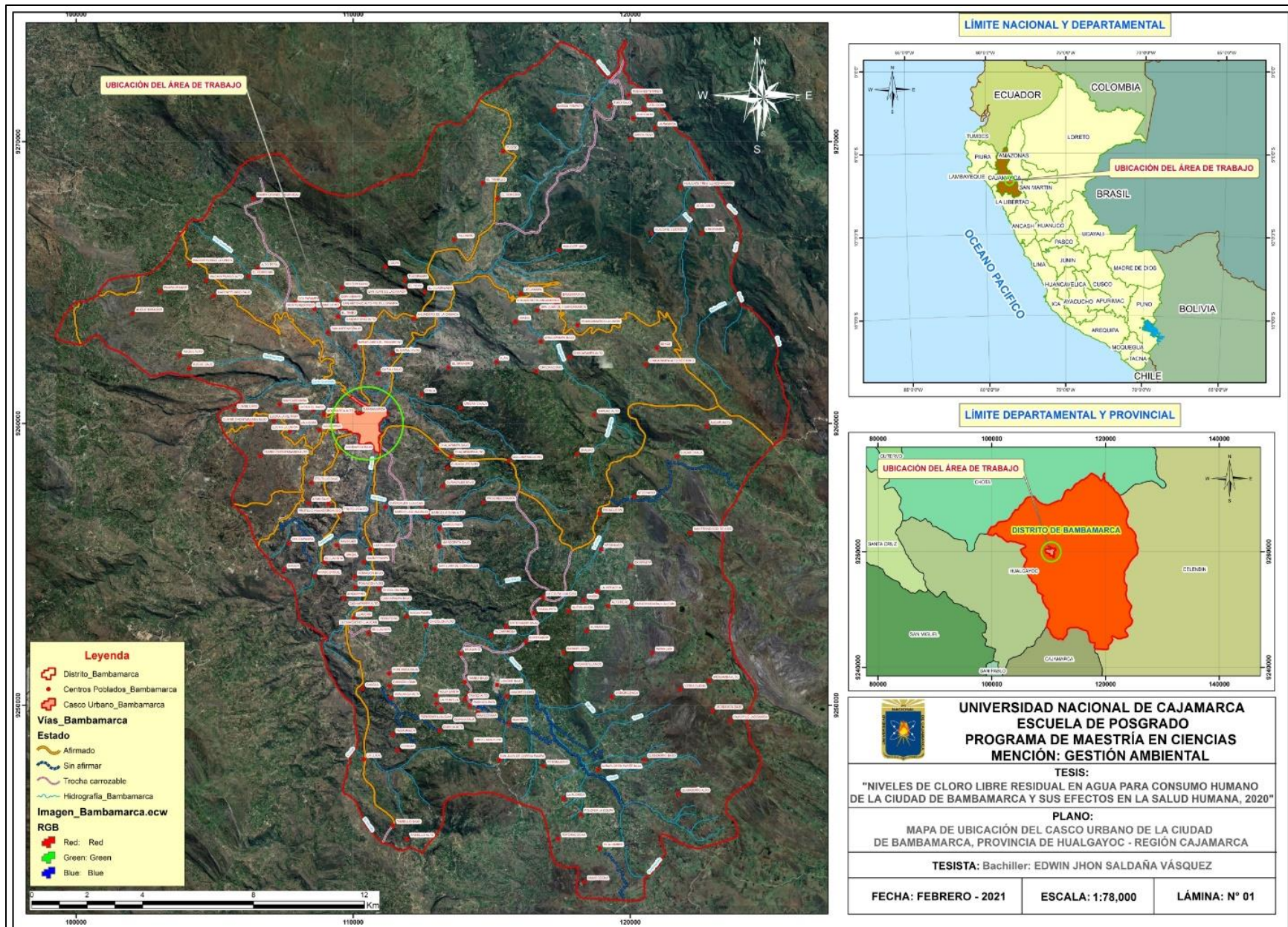
***Apéndice 4.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Noviembre del año 2020.*

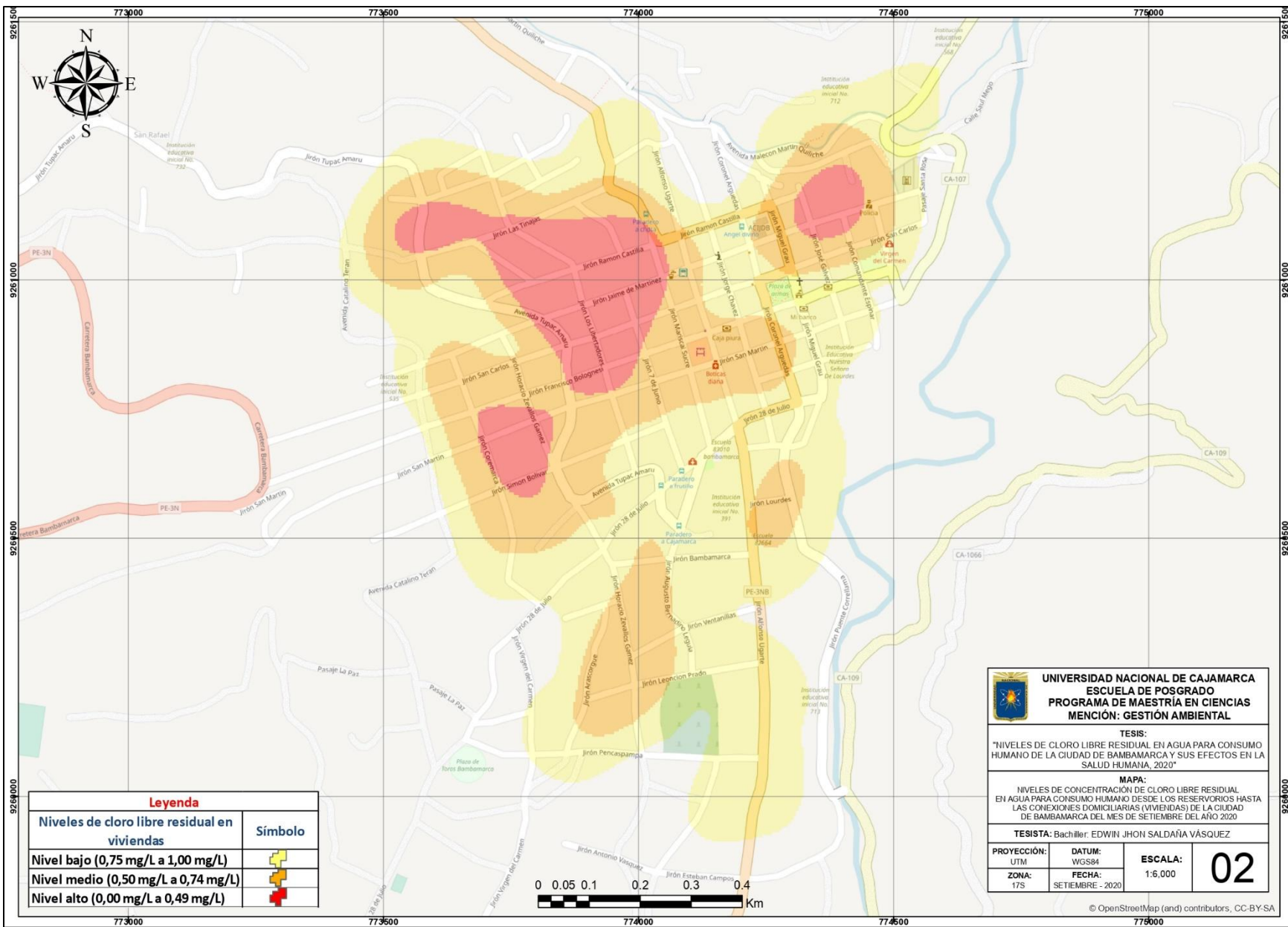
***Apéndice 5.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Diciembre del año 2020.*

***Apéndice 6.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Enero del año 2021.*

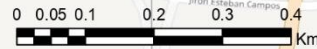
***Apéndice 7.** Mapa de niveles de concentración de cloro libre residual en agua para consumo humano desde los reservorios hasta las conexiones domiciliarias (viviendas) de la ciudad de Bambamarca del mes de Febrero del año 2020.*

***Apéndice 8.** Mapa de coordenadas UTM (WGS84) de las 356 viviendas monitoreadas con cloro libre residual de la ciudad de Bambamarca, provincia de Hualgayoc - región Cajamarca.*



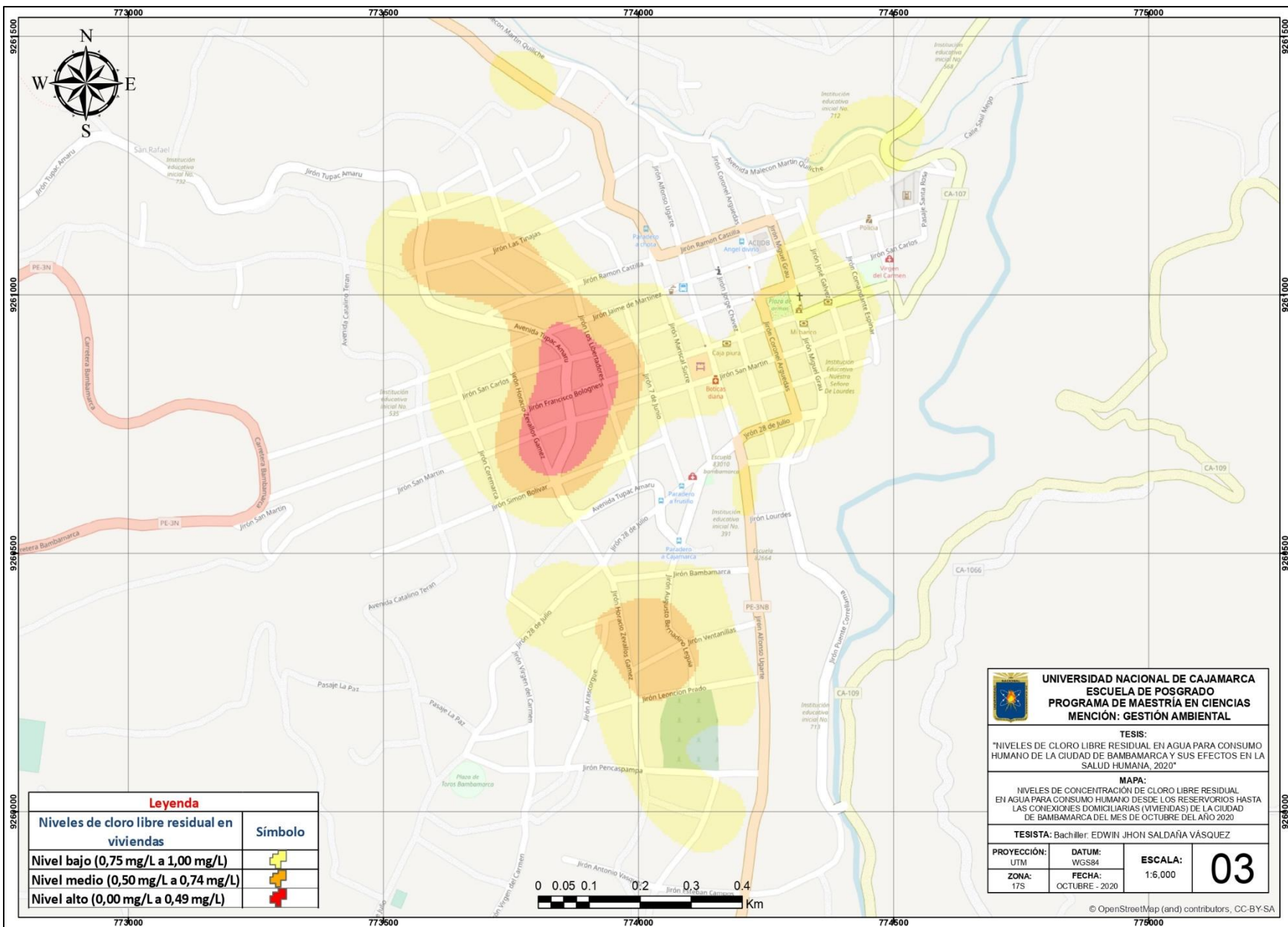


Leyenda	
Niveles de cloro libre residual en viviendas	Símbolo
Nivel bajo (0,75 mg/L a 1,00 mg/L)	
Nivel medio (0,50 mg/L a 0,74 mg/L)	
Nivel alto (0,00 mg/L a 0,49 mg/L)	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA ESCUELA DE POSGRADO PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS MENTIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL		
TESIS: "NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020"		
MAPA: NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DESDE LOS RESERVORIOS HASTA LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS (VIVIENDAS) DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA DEL MES DE SETIEMBRE DEL AÑO 2020		
TESISTA: Bachiller: EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ		
PROYECCIÓN: UTM	DATUM: WGS84	ESCALA: 1:6.000 02
ZONA: 17S	FECHA: SETIEMBRE - 2020	

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA



Leyenda	
Niveles de cloro libre residual en viviendas	Símbolo
Nivel bajo (0,75 mg/L a 1,00 mg/L)	
Nivel medio (0,50 mg/L a 0,74 mg/L)	
Nivel alto (0,00 mg/L a 0,49 mg/L)	

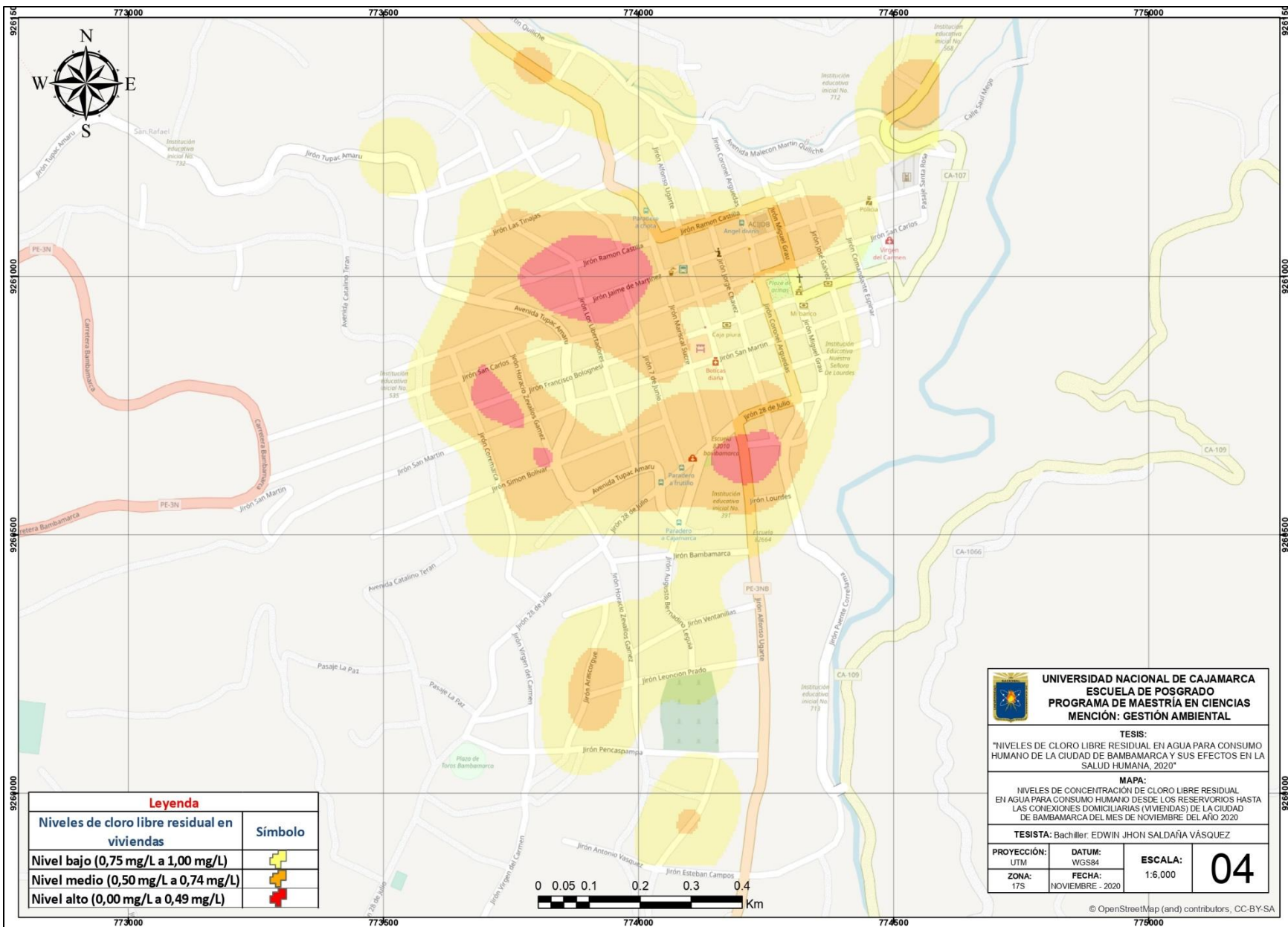
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENTIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS:
 "NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020"

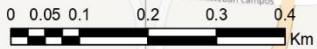
MAPA:
 NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DESDE LOS RESERVIORIOS HASTA LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS (VIVIENDAS) DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA DEL MES DE OCTUBRE DEL AÑO 2020

TESISTA: Bachiller: EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ

PROYECCIÓN: UTM	DATUM: WGS84	ESCALA: 1:6.000	03
ZONA: 17S	FECHA: OCTUBRE - 2020		



Leyenda	
Niveles de cloro libre residual en viviendas	Símbolo
Nivel bajo (0,75 mg/L a 1,00 mg/L)	
Nivel medio (0,50 mg/L a 0,74 mg/L)	
Nivel alto (0,00 mg/L a 0,49 mg/L)	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENTIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

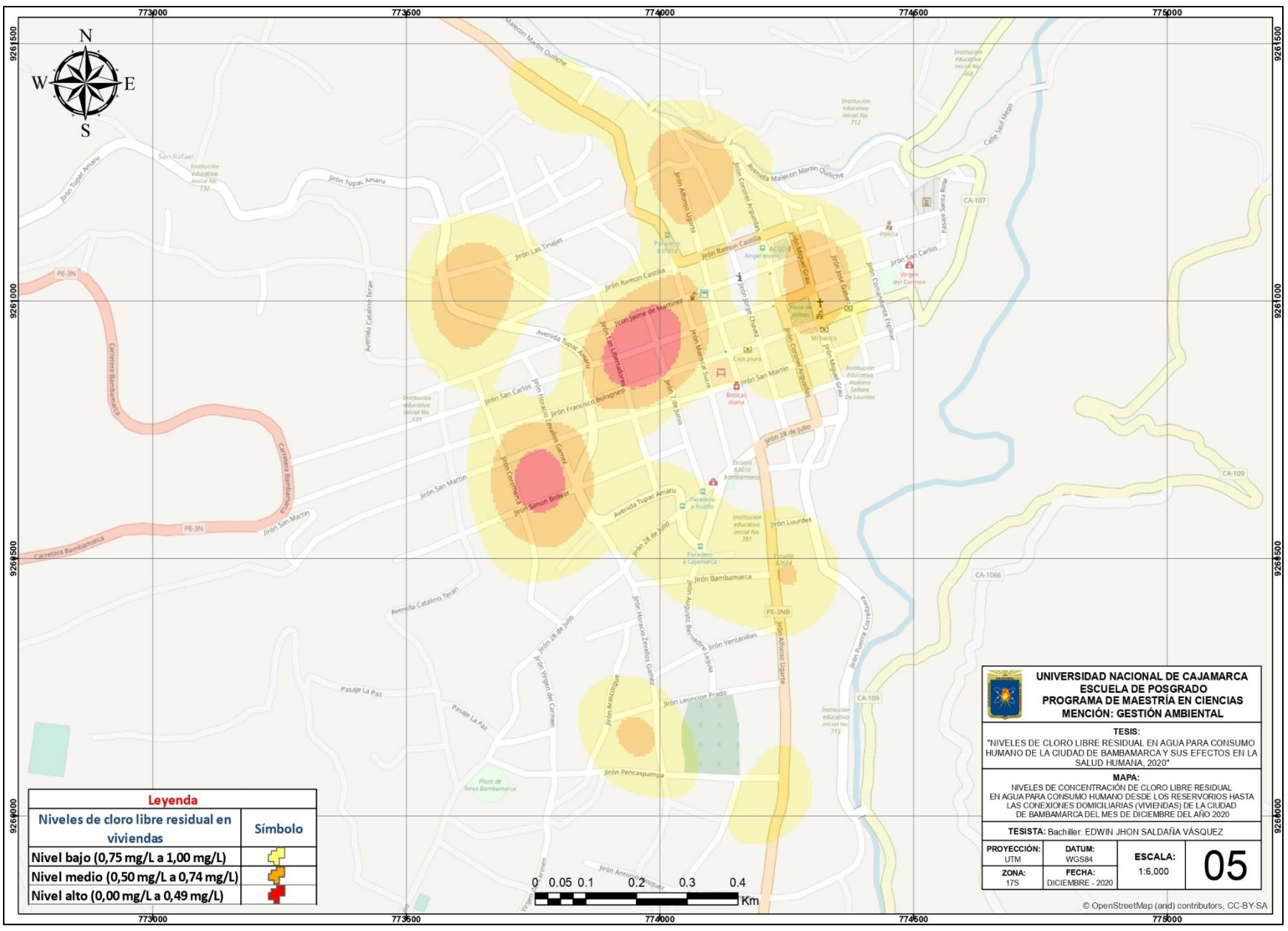
TESIS:
 "NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020"

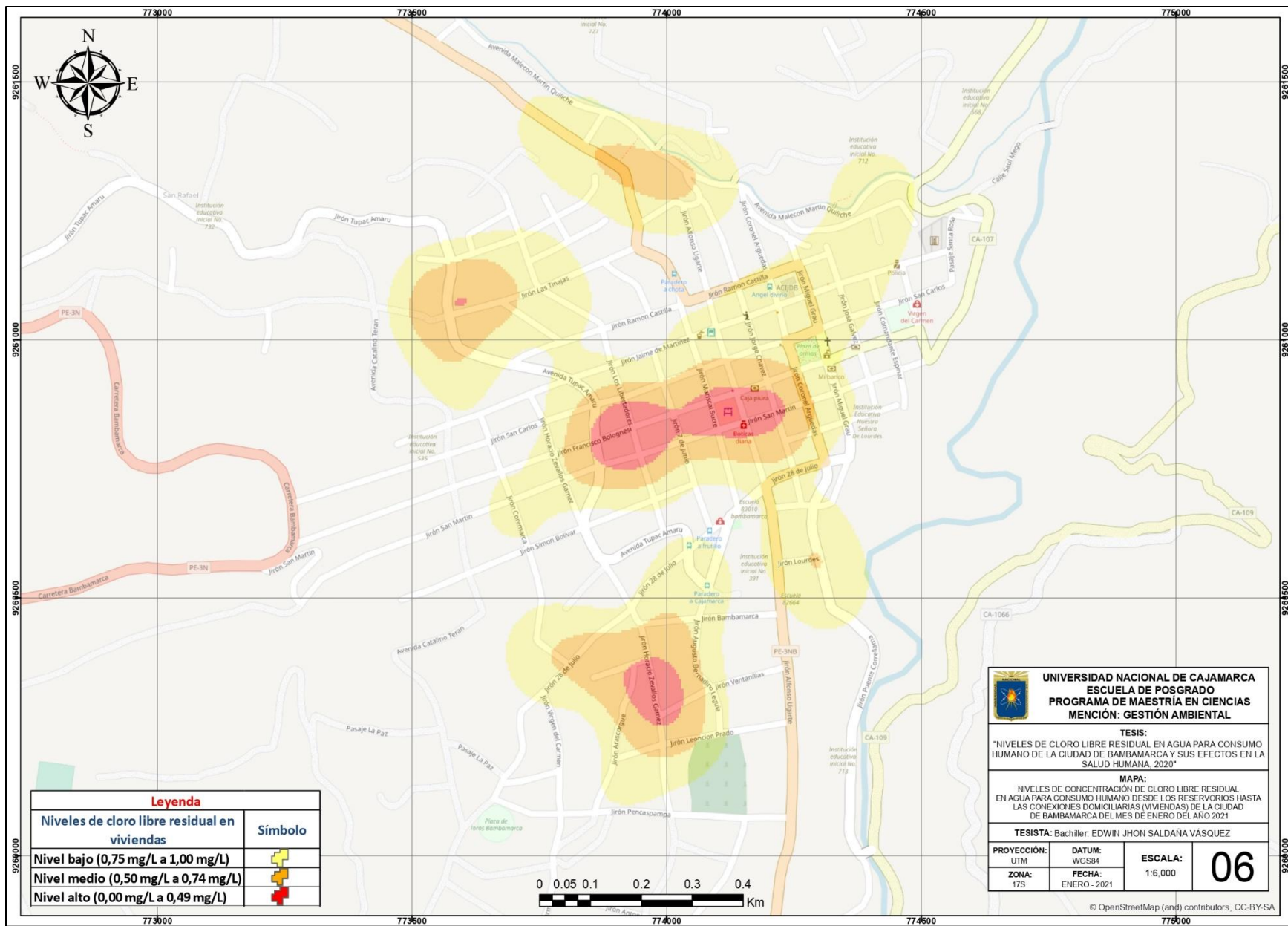
MAPA:
 NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DESDE LOS RESERVORIOS HASTA LAS CONEXIONES DOMICILIARIAS (VIVIENDAS) DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA DEL MES DE NOVIEMBRE DEL AÑO 2020

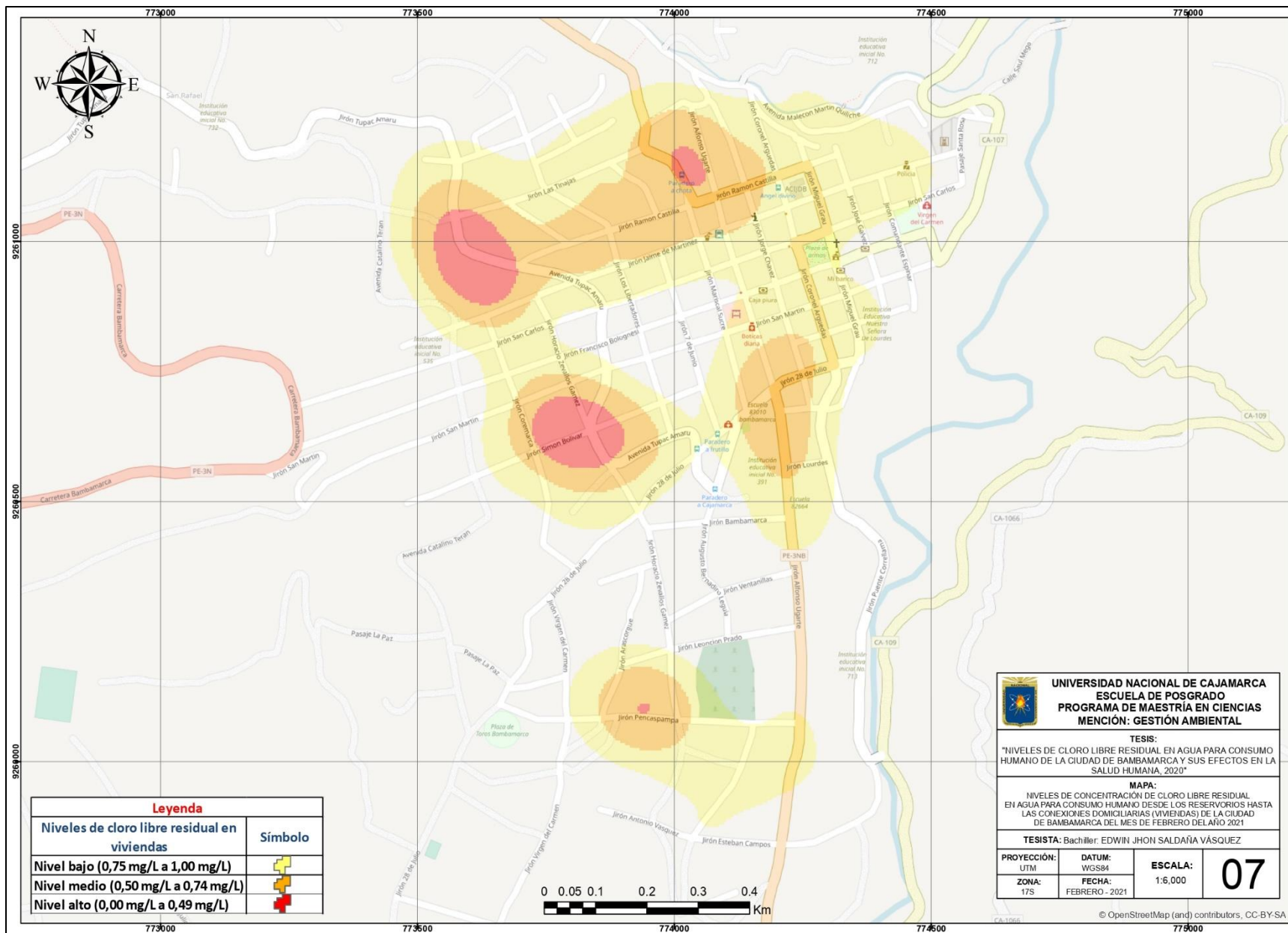
TESISTA: Bachiller: EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ

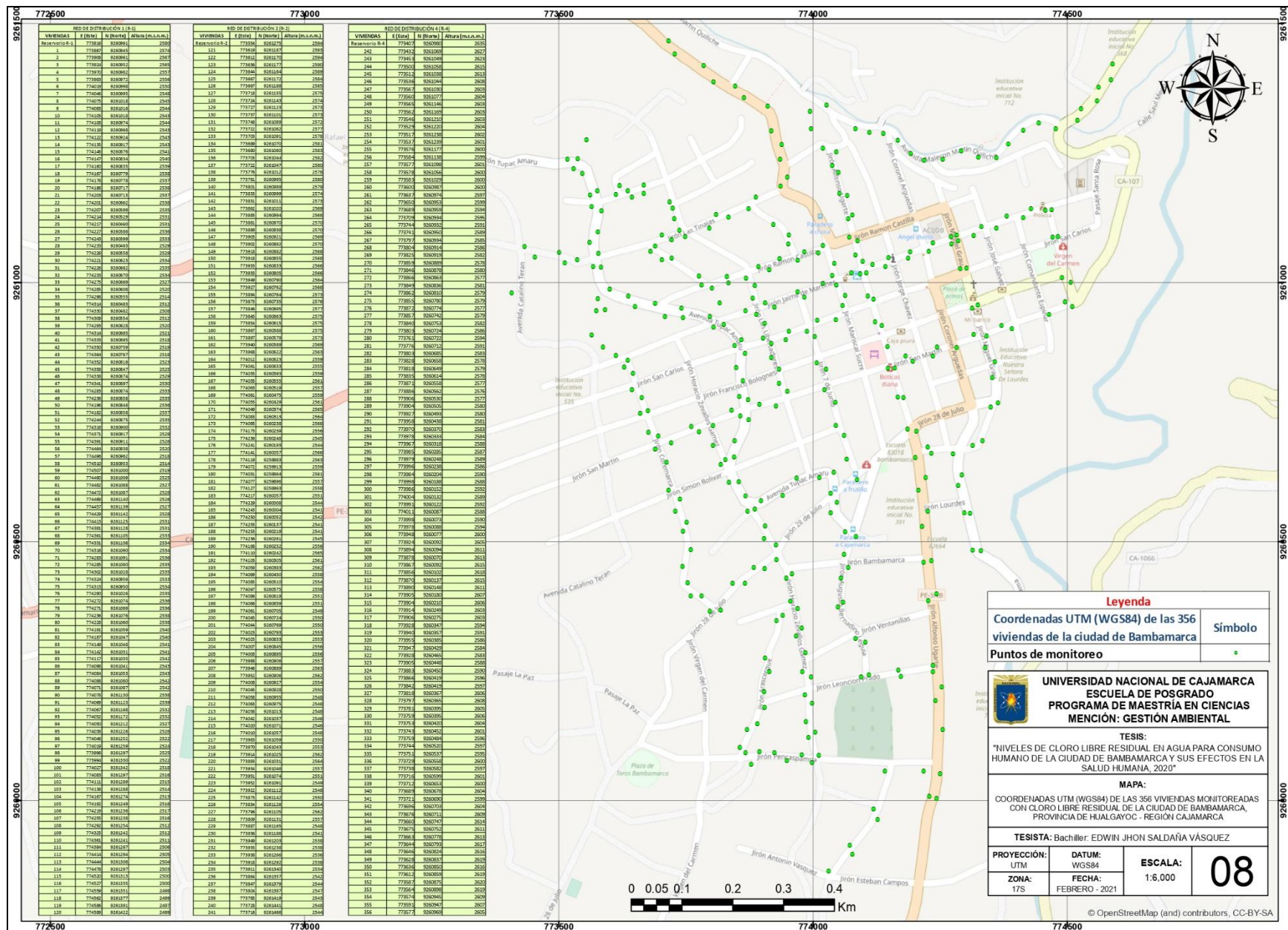
PROYECCIÓN: UTM	DATUM: WGS84	ESCALA: 1:6.000	04
ZONA: 17S	FECHA: NOVIEMBRE - 2020		

© OpenStreetMap (and) contributors, CC-BY-SA









Legenda

Coordenadas UTM (WGS84) de las 356 viviendas de la ciudad de Bambarca	Símbolo
Puntos de monitoreo	●

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
MENTIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS:
 "NIVELES DE CLORO LIBRE RESIDUAL EN AGUA PARA CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA Y SUS EFECTOS EN LA SALUD HUMANA, 2020"

MAPA:
 COORDENADAS UTM (WGS84) DE LAS 356 VIVIENDAS MONITOREADAS CON CLORO LIBRE RESIDUAL DE LA CIUDAD DE BAMBAMARCA, PROVINCIA DE HUALGAYOC - REGIÓN CAJAMARCA

TESISTA: Bachiller EDWIN JHON SALDAÑA VÁSQUEZ

PROYECCIÓN: UTM	DATUM: WGS84	ESCALA: 1:6.000	08
ZONA: 17S	FECHA: FEBRERO - 2021		