



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DEL AGUA
DE LLUVIA PARA SU APROVECHAMIENTO Y USO
DOMÉSTICO EN LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. FRANKLIN LIMACHI GOMEZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUÍMICO

PUNO – PERÚ

2024



NOMBRE DEL TRABAJO

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA DEL AGUA DE LLUVIA PARA SU APROVECHAMIENTO Y USO DOMÉSTICO EN

AUTOR

Franflin Limachi Gomez

RECuento DE PALABRAS

19732 Words

RECuento DE CARACTERES

105556 Characters

RECuento DE PÁGINAS

113 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 23, 2024 11:24 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 23, 2024 11:27 AM GMT-5

● **13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 4% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. Sc. NAZARIO VILLAFUERTE PRUDENCIO
Profesor Principal a D. E. de la Facultad de Ingeniería Química de la UNA - Puno



D. Sc. German Quille Calizaya
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FIQ UNA - PUNO



DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi madre, para que la acompañe y me brinde el apoyo que necesito para seguir este camino, por su paciencia, y por compartir todas las alegrías y victorias a mi lado.

A mi familia por inspirarme y motivarme a seguir adelante y enseñarme que todo es posible.

Señor por ser mi guía, y no dejarme perder las fuerzas y dejarme ir hasta el final.

Franklin Limachi Gomez



AGRADECIMIENTOS

Estoy muy agradecido con mis mentores, maestros y colegas porque hemos compartido nuestras experiencias, enseñanzas y conocimientos a lo largo de los años; así construimos nuestro futuro y el de nuestras familias.

Franklin Limachi Gomez



ÍNDICE DE GENERAL

| | Pág. |
|--|-----------|
| DEDICATORIA | |
| AGRADECIMIENTOS | |
| ÍNDICE DE GENERAL | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE ANEXOS | |
| ACRÓNIMOS | |
| RESUMEN | 14 |
| ABSTRACT..... | 15 |
| CAPITULO I | |
| INTRODUCCION | |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.1.1. Problema general | 18 |
| 1.1.2. Problemas específicos..... | 19 |
| 1.2. HIPÓTESIS | 19 |
| 1.2.1. Hipótesis general | 19 |
| 1.2.2. Hipótesis específicas..... | 19 |
| 1.3. OBJETIVOS | 20 |
| 1.3.1. Objetivo general | 20 |
| 1.3.2. Objetivos específicos..... | 20 |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN | 20 |
| 1.4.1. Justificación Social | 20 |



| | |
|--|----|
| 1.4.2. Justificación Ambiental | 21 |
| 1.4.3. Justificación científica y tecnológica..... | 21 |

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

| | |
|------------------------------------|-----------|
| 2.1. ANTECEDENTES | 22 |
| 2.1.1. A nivel internacional | 22 |
| 2.1.2. A nivel nacional..... | 24 |
| 2.1.3. A nivel local..... | 24 |
| 2.2. MARCO CONCEPTUAL | 25 |

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

| | |
|--|-----------|
| 3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN..... | 46 |
| 3.1.1. Tipo de Investigación | 46 |
| 3.1.2. Método de recolección de datos | 46 |
| 3.1.3. Muestreo | 46 |
| 3.1.4. Procedimiento de colección del agua de lluvia | 48 |
| 3.1.5. Procedimientos y mediciones | 50 |
| 3.1.6. Protocolos de seguridad de muestreo de agua de lluvia | 52 |
| 3.1.7. Procedimiento estadístico | 53 |
| 3.1.7.1. Pruebas de normalidad | 53 |
| 3.1.7.2. Pruebas de homocedasticidad..... | 56 |
| 3.1.7.3. Análisis ANOVA | 58 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 5.1. RESULTADOS..... | 61 |
|-----------------------------|-----------|



| | |
|---|-----------|
| 5.1.1. Análisis descriptivo | 61 |
| 5.1.1.1. Resultados de laboratorio según temporada del año | 66 |
| 5.1.2. Resultados de características organolépticas del agua de lluvia en la ciudad de Puno | 69 |
| 5.1.2.1. Prueba de normalidad..... | 69 |
| 5.1.3. Resultados de características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno | 71 |
| 5.1.3.1. Parámetro físico - Potencial de Hidrógeno..... | 71 |
| 5.1.3.2. Parámetro físico - Temperatura..... | 72 |
| 5.1.3.3. Parámetro físico - Conductividad Eléctrica..... | 73 |
| 5.1.4. Resultados de características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno | 74 |
| 5.1.4.1. Parámetro químico - Dureza total como $CaCO_3$, | 74 |
| 5.1.4.2. Parámetro químico - Alcalinidad como $CaCO_3$ | 75 |
| 5.1.4.3. Parámetro químico - Cloruros como Cl^- | 76 |
| 5.1.4.4. Parámetro químico - Sulfatos como SO_4^{2-} | 77 |
| 5.1.4.5. Parámetro químico - Nitratos como NO_3^- | 78 |
| 5.1.4.6. Parámetro químico - Calcio como Ca^{2+} | 79 |
| 5.1.4.7. Parámetro químico - Magnesio como Mg^{2+} | 80 |
| 5.1.4.8. Parámetro químico - Sólidos totales disueltos | 81 |
| 5.1.4.9. Parámetro químico - Porcentaje de salinidad | 82 |
| 5.1.4.10. Parámetro químico - Porcentaje de turbidez | 83 |
| 5.2. DISCUSIÓN..... | 84 |
| V. CONCLUSIONES..... | 87 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 89 |



| | |
|--|-----------|
| VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 90 |
| ANEXOS..... | 96 |

Área: Tecnologías ambientales y recursos naturales

Tema: Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de puno

Fecha de sustentación 25/01/2024



ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Tabla 1 Enfermedades transmitidas por el agua..... | 32 |
| Tabla 2 Estándares de calidad ambiental para el agua | 33 |
| Tabla 3 Parámetros y valores consolidados categoría 1- A..... | 35 |
| Tabla 4 Métodos de análisis | 46 |
| Tabla 5 Métodos de análisis | 47 |
| Tabla 6 Ubicación de los puntos de muestreo y su caracterización de área..... | 49 |
| Tabla 7 Parámetros de estándares de calidad ambiental para aguas superficiales utilizadas en la obtención de agua potable | 52 |
| Tabla 8 Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Jaillyhuaya distrito de Puno, provincia de Puno | 61 |
| Tabla 9 Análisis físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Bellavista distrito de Puno, provincia de Puno | 62 |
| Tabla 10 Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia FIQ UNA distrito de Puno, provincia de Puno | 63 |
| Tabla 11 Análisis físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio LLavini distrito de Puno, provincia de Puno | 64 |
| Tabla 12 Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Chanu Chanu, distrito de Puno, provincia de Puno | 65 |
| Tabla 13 Cuadro Resumen de resultados por punto de muestreo | 66 |
| Tabla 14 Parámetros físico químicos para los meses lluviosos en la ciudad de Puno .. | 67 |
| Tabla 15 Parámetros físico químicos para los meses no lluviosos en la ciudad de Puno | 68 |



| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 16 | Tabla resumen de los análisis de los 9 meses..... | 69 |
| Tabla 17 | Pruebas de Normalidad | 70 |
| Tabla 18 | ANOVA parámetro pH | 72 |
| Tabla 19 | ANOVA - parámetro Temperatura | 73 |
| Tabla 20 | Test de Kruskal Wallis - parámetro conductividad eléctrica..... | 74 |
| Tabla 21 | Test de Kruskal Wallis - parámetro dureza como $CaCO_3$,..... | 75 |
| Tabla 22 | Test de Kruskal Wallis – parámetro Alcalinidad como $CaCO_3$ | 76 |
| Tabla 23 | ANOVA- parámetro cloruros como Cl^- | 77 |
| Tabla 24 | Test de Kruskal Wallis - parámetro Sulfatos como SO_4^{2-} | 78 |
| Tabla 25 | ANOVA - parámetro Nitratos como NO_3^- | 79 |
| Tabla 26 | Test de Kruskal Wallis - parámetro Calcio como Ca^{2+} | 80 |
| Tabla 27 | Test de Kruskal Wallis - parámetro Magnesio como Mg^{2+} | 81 |
| Tabla 28 | Test de Kruskal Wallis - parámetro Sólidos totales disueltos..... | 82 |
| Tabla 29 | ANOVA - parámetro Porcentaje de Salinidad..... | 82 |
| Tabla 30 | Test de Kruskal Wallis - parámetro Turbidez..... | 84 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|-------------|
| Figura 1 Plano de la ciudad de Puno | 48 |
| Figura 2 Técnicas de Recolección de aguas de lluvia | 50 |
| Figura 3 Recolección de agua de lluvia para el análisis físico químico en diversos puntos de la ciudad..... | 51 |
| Figura 4 Recolección de agua de lluvia para el análisis físico químico en diversos puntos de la ciudad..... | 51 |
| Figura 5 Análisis del Potencial Hidrogeno pH..... | 71 |
| Figura 6 Análisis de la Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ | 73 |
| Figura 7 Análisis de Dureza Total CaCO_3 mg/L | 74 |
| Figura 8 Alcalinidad CaCO_3 mg/L | 75 |
| Figura 9 Análisis de Cloruros Cl^- mg/L..... | 76 |
| Figura 10 Análisis de Sulfatos SO_4^{2-} mg/L..... | 77 |
| Figura 11 Análisis de Calcio , Ca^{2+} , mg/L | 79 |
| Figura 12 Análisis de Magnesio Mg^{2+} , mg/L..... | 80 |
| Figura 13 Análisis de solidos totales disueltos mg/L | 81 |
| Figura 14 Análisis de Turbidez NTU | 83 |



ÍNDICE DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|-------------|
| ANEXO 1. Panel Fotográfico | 96 |
| ANEXO 2. Certificados de laboratorio de la UNA Puno | 102 |
| ANEXO 3. Cuadro de reporte de senamhi..... | 111 |
| ANEXO 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis | 112 |
| ANEXO 5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional . | 113 |



ACRÓNIMOS

| | |
|--------|----------------------------------|
| TDS: | Sólidos disueltos totales |
| CE: | Conductividad eléctrica |
| ECA: | Calidad del ambiente |
| MINAM: | Ministerio del ambiente |
| ANA: | Autoridad nacional del agua |
| DS: | Decreto supremo |
| SA: | Salud ambiental |
| OE: | Objetivo específico |
| HE: | Hipótesis específico |
| PE: | Problemas específicos |
| OMS: | Organización mundial de la salud |



RESUMEN

El presente trabajo evaluó la calidad propia del agua de lluvia en distintos parámetros de tipo organolépticos, físicos y químicos para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno. En ese sentido, se seleccionó 5 puntos de muestreo en la ciudad de Puno, tales como el centro poblado de Jayllihuaya, Barrio Bellavista, Barrio Llavini, Barrio Chanu Chanu y la Facultad de Ingeniería Química -UNA Puno, recolectando así un total de 45 muestras recopiladas Enero a Diciembre, agregando a ello los ECA estipulados bajo normativa por el MINAM, mismos que fueron trabajados por el método estándar para análisis de aguas, así mismo pruebas estadísticas como ANOVA y tests de Kruskal Wallis dependiendo si estos cumplían o no con el supuesto de distribución normal. Los resultados encontrados señalaron que los parámetros organolépticos si cumplen con los estándares de calidad ambiental para el aprovechamiento y uso doméstico en su totalidad; en cuanto a las características físicas del agua de lluvia a un 5% de nivel de significancia se halló que los parámetros pH, temperatura y conductividad eléctrica si cumplen con los ECA, además de no evidenciar diferencias estadísticamente significativas entre las distintas zonas de muestreo en la ciudad de Puno; finalmente en cuanto a los parámetros químicos, se observó que todos cumplen con los ECA para aprovechamiento y uso doméstico según criterios del MINAM, paralelamente, se encontró que los parámetros de dureza como, alcalinidad como y Calcio como a un 5% de nivel de significancia no poseen diferencias entre los puntos de muestreo en la ciudad de Puno; sin embargo ese panorama cambió con los parámetros cloruros como, sulfatos como, Magnesio como, Sólidos totales disueltos y turbidez, pues se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores promedios de las zonas muestreo.

Palabras claves: Agua de lluvia, Análisis fisicoquímico, Calidad del agua, Análisis organoléptico.



ABSTRACT

The research evaluated the quality of rainwater in different organoleptic, physical and chemical parameters for its use and domestic use in Puno city. In this sense, 5 sampling points were selected in Puno city, such as the Jayllihuaya's town center, Bellavista's neighborhood, Llavini's neighborhood, Chanu Chanu's neighborhood and the Chemical Engineering's Faculty National University Altiplano - Puno, thus collecting a total 45 samples. collected from January to December, adding to this the ECA stipulated under regulations by the MINAM, which were worked by the standard method for water analysis, as well as statistical tests such as ANOVA and Kruskal Wallis tests depending on whether or not these met the assumption for a normal distribution. The results found indicated that the organoleptic parameters do comply with the environmental quality standards for domestic use and use in their entirety; Regarding the physical characteristics of rainwater at a 5% level of significance, it was found that the parameters pH, temperature and electrical conductivity do comply with the ECA, in addition to not showing statistically significant differences between the different sampling areas in Puno city; Finally, regarding the chemical parameters, it was observed that all of them comply with the ECA for exploitation and domestic use according to MINAM criteria. In parallel, it was found that the hardness parameters such as alkalinity such as and Calcium such as at a 5% level of significance there are no differences between the sampling points in Puno city; However, this panorama changed with the parameters chlorides such as , sulfates such as , Magnesium as , total dissolved solids and turbidity, since statistically significant differences were identified between the average values of the sampling areas.

Keywords: Rainwater, Physicochemical analysis, Water quality, Organoleptic analysis.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos lustros atrás la naturaleza ha experimentado cambios significativos producto de los impactos de índole negativa cuya principal causa radican en la actividad del hombre, en busca de satisfacer sus necesidades, generando en consecuencia alteraciones en poblaciones tanto animales como vegetales (Gomez, 1995). Así pues, el crecimiento de la población y la expansión industrial han traído consigo la contaminación mundial de la atmósfera, el suelo y el agua, en ese sentido los problemas relacionados con la calidad del agua han sido ampliamente discutidos, ya que este recurso natural es esencial para un amplio espectro de actividades humanas, como el suministro público e industrial, la irrigación agrícola, la producción de electricidad, actividades de ocio y recreación, además de la preservación de la vida acuática (Santos *et al.*, 2009).

Es así que se hace más probable un escenario de escasez mundial de agua como una de las mayores amenazas para las personas en la actualidad lo que generaría innumerables conflictos, dado que el mundo tiene en su superficie 71% de agua, donde únicamente el 2,5% es agua dulce y América Latina contiene aproximadamente un tercio de ese 2.5%. En esa línea, el Banco Mundial estima que alrededor de 37 millones de personas no pueden obtener este vital líquido, escenario que sumado al del crecimiento poblacional y las consecuencias del cambio climático, hace presente la escasez de agua potable en algunos países (Bargagli, 2008).

Por lo que las naciones pertenecientes a América Latina deben apoyar nuevas visiones sobre el suministro de agua y proyectos destinados a potabilizar el agua para que



sea segura para beber y su población no sufra una crisis hídrica que afecte sus estilos de vida y nivel de bienestar.

Bajo esa premisa, es de vital importancia el cuidado y protección de los recursos hídricos en sus distintas fuentes de obtención tales como fuentes de agua como arroyos, ríos, estanques, lagos, manantiales, agua subterránea y agua de lluvia, a la vez el estudio de las propiedades de estos en aspectos como los biológicos, físicos y químicos.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, se están comenzando a notar los efectos de la continua búsqueda por el crecimiento económico, mayores niveles referentes a producción y continuo accionar en busca de acumulación de riqueza por parte del hombre, en ese sentido, UNICEF Chile (2022) indica que los fenómenos de origen meteorológicos extremos agregada a los patrones de la forma de comportarse del recurso hídrico, están dificultando que la humanidad pueda acceder a este; adicionalmente que entre los periodos de 2001 a 2018, el 74% de las catástrofes de origen natural se vincularon con el agua, siendo estas sequías e inundaciones, mismas cuyas previsiones futuras son crecientes ante el cambio climático, es así que para 2040 se visualiza un escenario donde aproximadamente 1 de cada 4 niños o niñas vivirán en zonas de estrés hídrico.

En cuanto a Perú, nación bendecida en materia de recursos hídricos como ríos, quebradas, manantiales y un manto acuático que se repone naturalmente durante la temporada de lluvias, pese a ello el país enfrenta actualmente serios problemas relacionados con la escasez, el derroche y la contaminación del agua, justificado principalmente en el comportamiento humano y la actividad productiva, hechos que afectan a la sociedad, pues gran parte de la población no cuenta con acceso al recurso hídrico y/o la continuidad del servicio se ve seriamente afectada, dado que según



Invierte.pe (s.f..) aproximadamente el 45.1% de la población urbana a nivel nacional no cuenta con acceso al agua potable de forma continua y en cuanto a la población rural a nivel nacional el valor porcentual respecto al total es de 40.81%; ahora bien, el panorama se agrava cuando se analiza, la proporción de viviendas con servicio de agua con cloro a nivel residual menor al límite permisible, es decir agua proveniente de las empresas que tratan y hacen llegar el recurso a los hogares, debido a que en el ámbito urbano solamente el 50.82% cuenta con ello. Agregado a ello se tiene que el agua que dispone Perú, posee contaminantes tales como el arsénico, en niveles preocupantes, dado que superan el LMP de 10ug/L, que equivale el límite estipulado por la OMS; ello se encontró a través de un análisis muestral de 111 observaciones de agua de consumo en Perú recolectada en 11 distritos, donde el 86% de ellos contaban con valores de arsénico superiores a los permitidos, de igual forma se evidenció la presencia de arsénico en pozos pertenecientes a la región Puno de 200-400 ug/L.

En consecuencia, surge la necesidad a ser satisfecha mediante medios alternos, para que la población pueda disponer de este vital recurso, en ese sentido el agua de lluvia se plantea como solución potencialmente factible, sin embargo es de vital importancia que antes de aplicarla como fuente proveedora del recurso hídrico, se lleven a cabo análisis en busca que evaluar la cantidad de elementos que posee el agua de lluvia por cada parámetro de interés, a fin de evitar potenciales enfermedades o perjuicios a la salud humana derivados del consumo de esta.

En ese contexto, se plantearon las siguientes interrogantes:

1.1.1. Problema general

- ¿Cuál es la calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno?



1.1.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características organolépticas del agua de lluvia en la ciudad de Puno de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico?
- ¿Cuáles son las características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno conforme a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico?
- ¿Cuáles son las características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno en consonancia con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. Hipótesis general

- La calidad del agua de lluvia cumple con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno.

1.2.2. Hipótesis específicas

- Las características organolépticas de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno cumplen con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.
- Las características físicas de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno se sitúan en lo estipulado por los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.



- Las características químicas de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno van de la mano con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar calidad del agua de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar las características organolépticas del agua de lluvia en la ciudad de Puno de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.
- Determinar las características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno conforme a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.
- Determinar las características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno en consonancia con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico.

1.4. JUSTIFICACIÓN

1.4.1. Justificación Social

El crecimiento y la intensificación de las metrópolis centrales es el resultado del calentamiento global y los diversos patrones de precipitación, y los cambios en las dinámicas sociales, culturales y económicas mueven las ciudades de las zonas rurales a



las zonas desfavorecidas, por lo que el uso del agua de lluvia puede potencialmente reducir los costos del agua.

1.4.2. Justificación Ambiental

La demanda de agua está ejerciendo amenaza sobre las fuentes hídricas, y es necesario considerar otras alternativas para extraer, gestionar y utilizar este importante recurso para la supervivencia humana. Por lo tanto, la utilización del agua de lluvia para la ciudad de Puno, así como la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua de lluvia domiciliar son ecológicamente importantes.

1.4.3. Justificación científica y tecnológica

La valoración de la calidad del agua de lluvia para uso general para la ciudad de Puno y sobre todo para uso doméstico brindará información acerca de la calidad del agua de lluvia, ya que hasta el momento no se han realizado estudios sobre este tema en la región. Con esta investigación dejara el legado del uso práctico de estas aguas sobre todo en los sectores donde no llega este líquido elemental.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A nivel internacional

Gallegos *et al.* (2021) investigaron la composición de carácter físico química del agua de origen lluvioso en la provincia Cunduacán, perteneciente a Tabasco, México; para lo cual recolectaron muestras de 27 eventos de precipitación en el transcurso de un año, cuyos parámetros se definieron como: pH, conductividad (CE), sólidos disueltos totales (TDS), sulfato (SO_4^{2-}), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), cloruro (Cl^-) y bicarbonato (HCO_3^-). ANOVA se realizó a un nivel de significación de 0,05. Los resultados mostraron diferencias significativas en pH, conductividad eléctrica y TDS ($P < 0,05$) pero no se detectó diferencia en NH_4^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y HCO_3^- ($P > 0,05$). El pH oscila entre 4,7 en mayo y 6,2 en diciembre. Se concluyó que la mayoría de los eventos pueden ser considerados como lluvia ácida y que los efectos del HCO_3^- y SO_4^{2-} son muy fuertes en el área de estudio, siendo este el contaminante presente con mayor frecuencia.

Vásquez *et al.* (2012) evaluó la composición química presente en el agua de lluvia y a la vez de niebla recolectada en el lugar denominado como Reserva Ecológica Monteverde; para lo cual realizó formulaciones químicas de agua de lluvia y niebla en tres sitios en la Reserva Biológica Monteverde, Puntarenas; las muestras de agua de niebla se recolectaron con un muestreador de niebla recubierto de teflón, mientras que las muestras de agua de lluvia se recolectaron con un muestreador de lluvia simple y estratificado, en ambos tipos de agua se analizaron las especies iónicas más relevantes:



H_3O^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , Cl^- , NO_3^- y SO_4^{2-} ; las concentraciones medias de estas especies en agua de lluvia oscilaron entre $0,54 \pm 0,02 \mu eq L^{-1}$ y $101 \pm 3 \mu eq L^{-1}$, mientras que en agua de niebla oscilaron entre $1,00 \pm 0,02 \mu eq L^{-1}$ y $93 \pm 4 \mu eq L^{-1}$; además del balance iónico y factores de enriquecimiento de mar y tierra para los dos tipos de muestras.

Petro (2014) evaluó la calidad de tipo físico química y microbiológica propias del agua consumida por los habitantes del Municipio de Turbaco – Bolívar, perteneciente al Caribe colombiano; en ese sentido tomó muestras de 9 puntos de recolección de agua, analizó los parámetros in situ y posteriormente en un laboratorio, seguidamente los resultados se le hizo una comparación con los para metros de la norma vigente con los siguientes resultados. Los análisis físico químicos mostraron una turbiedad de 1.049 UNT, promedio de 102.022 mg $CaCO_3/L$ de dureza total; en análisis de coliformes totales revelo una variación de 10 a 30 $UFC/100cm^3$ y el grado mayor de coliformes totales fue 21 $UFC/100cm^3$; llegando a concluir que en términos fisicoquímicos la calidad del agua está por encima de los valores establecidos por la normativa vigente.

Dueñas y García (2015) buscaron determinar la existencia de condiciones de acidez en las precipitaciones de la serranía de Majuy en Cundinamarca; partiendo de muestras del agua de lluvia, y el monitoreo de parámetros fisicoquímicos que responden a los protocolos de puntos de muestreo, transporte y manejo de las muestras, para el análisis de estadístico de datos se empleó método de ANOVA y Kruskal-Wallis; teniendo como resultados valores que exponen un pH de un rango entre 6.646 y 6.349, conductividad eléctrica entre los 32.85 y 20.99 $\mu s/cm$, sulfatos que oscilan entre 14.05 y 5.64 mg/L , y nitratos en un rango entre 1.71 y 0.75 mg/L . Concluyendo que los registros



siendo evaluados de manera colectiva no presentan niveles de acidez, siendo esta apta para el consumo.

2.1.2. A nivel nacional

Salazar y Pastor (2019) evaluaron la calidad ecológica y ecológica del agua del río, en la cual se analizaron los parámetros químicos nitrato, nitrito, fosfato, pH, conductividad, temperatura y oxígeno disuelto; flúor, cloruro, bromuro, sulfato, sólidos, microorganismos y características de vida de los invertebrados bentónicos. El método que utilizamos fue recolectar muestras de agua y recolectar invertebrados bentónicos, concluimos que el agua estaba moderadamente contaminada y había buena concordancia y relación entre los resultados de los parámetros. Física, Química, Biológica, Biológica y NSF ICA.

Cherres (2020) determinó la calidad física, química y microbiológica del agua potable de fuentes superficiales en la ciudad de Tumbes. Utilizando el método de muestreo, ubicado en diferentes zonas de la ciudad de Tumbes, se concluyó que los valores de conductividad se encontraron en los parámetros físicos y químicos con una concentración mínima de 2260 $\mu\text{m}/\text{cm}$ y una concentración de 2260 $\mu\text{m}/\text{cm}$. El máximo es de 3480 $\mu\text{m}/\text{cm}$, que supera el máximo permisible (LMP) fijado por el Ministerio de Salud (MINSA).

2.1.3. A nivel local

Brousett *et al.* (2018) verificaron la calidad físico química y microbiológica del agua provenientes de fuentes superficiales y subterráneas; los parámetros que se evaluaron fueron pH, sólidos disueltos, conductividad, dureza, cloruros, sulfatos y coliformes totales, para los análisis emplearon los métodos normalizados para análisis de aguas : APHA, AWWA, cuyos resultados fueron comparados con los valores establecidos



por la OMS y la norma de calidad de agua para consumo humano. Obteniendo como resultado que los parámetros físico químicos están dentro del rango aceptable, excepto el aluminio que sobrepasa el 0.065 mg/L para el agua superficial y en el caso de aguas subterráneas el boro excede en 0.025 mg/L ; concluyendo que el agua que abastece al poblado de Chullunquiani no cumple con las normativas microbiológicas.

Chalco (2016) se enfocó en evaluar los techos de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia y diseñar un sistema de captación del agua de lluvia con fines de consumo doméstico en las viviendas rurales de Juli; metodológicamente se realizó el diagnóstico en la comunidad referente al sistema de saneamiento, aspecto socio económico, social e institucional así como también sobre los recursos naturales. Concluyendo por lo estudios y análisis de laboratorio realizados en la evaluación se ha determinado que el agua de lluvia es apta para el consumo humano.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

- **Calidad Físico química del agua:** define como el conjunto de características físicas, microbiológicas, organolépticas y químicas del agua que le permiten sus usos dependiendo de la normativa específica (Lozano, 2013).
- **El agua:** Es un líquido incoloro que es esencial para sostener la vida de este planeta. Así, el 97 % del agua se encuentra principalmente en el océano, mar y es salada y solo un 3 % de agua dulce (2 % sólida y 1 % líquida).

El territorio peruano cuenta con una gran cantidad de recursos hídricos distribuidos en 106 cuencas hidrológicas. La mayor amenaza microbiana para el público es la alimentación con agua contaminada que contenga bacterias en excrementos humanos y animales que ingresan a cuerpos de agua y suministros mal tratados. Heces



virus, bacterias, protozoos y parásitos son las fuentes de patógenos. También se considerarán a Legionella y cianobacterias como microorganismos no fecales.

Potabilización: con la fórmula química H_2O el agua es un compuesto químico que mezcla un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno y, y se define como un elemento insípido, incoloro e inodoro. En su estado natural contiene una variedad de contaminantes como materia en suspensión, sólidos, gases disueltos, materia orgánica y patógena.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, el 75% de la superficie terrestre es agua. De esta agua el 97,5% es agua salada y el 2,5% es agua dulce. Los glaciares y los casquetes polares contienen el 74% del agua dulce del planeta. La mayor parte del agua restante está en lo profundo del suelo o atrapada en el suelo como agua. Mientras que el 0,3% del agua del planeta se encuentra en lagos, lagunas estanques naturales y ríos.

El 1% del agua dulce en la superficie del acuífero del mundo está aprovechable para el consumo humano. El agua es el elemento fundamental de todos los seres vivos. Por lo tanto, el cuerpo humano tiene una alta proporción de agua, que constituye el 70% de los órganos. Además, estos fluidos tienen un impacto directo en el la historia, la energía, medio ambiente, y sobre todo en la economía de la Tierra.

Se ejecutan indagaciones de campo para establecer la calidad del agua, teniendo en cuenta las siguientes características físicas; color, depende de los minerales disueltos; El agua es incolora, incluso con una gran cantidad de azul; Olor, es decir, impresión del sentido del olfato creado por sustancias volátiles presentes en el agua.; Gusto, se refiere al sentido del gusto producido por sustancias en el agua; La turbidez está relacionada



principalmente con los sólidos en suspensión, como la arcilla y otros materiales inorgánicos finamente divididos.

La purificación del agua es el proceso de tratar el agua para que pueda ser utilizada por las personas sin poner en peligro la salud. Esto incluye el uso en el procesamiento de alimentos y bebidas. Por tanto, el proceso de depuración implica la eliminación de elementos como el plomo, cromo, y el zinc, así como de sustancias tóxicas para el organismo humano, a excepción de las algas, la arena, las bacterias y los virus que puedan albergarlas. En general, su objetivo es eliminar los riesgos potenciales para la salud del consumidor.

Agua para el consumo humano

La purificación del agua es el proceso de tratar el agua para que pueda ser utilizada por las personas sin poner en peligro la salud. Esto incluye el uso en el procesamiento de alimentos y bebidas. Por tanto, el proceso de limpieza implica la eliminación de elementos como el zinc, el plomo y el cromo, así como de sustancias tóxicas para el organismo humano, a excepción de las algas, la arena, las bacterias y los virus que puedan albergarlas. En general, su objetivo es eliminar los riesgos potenciales para la salud del consumidor. Beber agua contaminada con partículas nocivas puede tener efectos directos en la salud. Los productos químicos pueden acumularse en el cuerpo durante un tiempo indeterminado, lo que puede provocar una intoxicación grave o la muerte. El agua que cumple con los criterios especificados para todos los parámetros indicadores considerados es adecuada para este propósito. Los humanos usan agua para beber, procesar alimentos, higiene personal, utensilios de lavandería y otras necesidades diarias (Organización Mundial de la Salud, 2008).

Medidas físicas para explicar en calidad el estado y tipo de agua:



Color aparente Hay dos tipologías de colores, color verdadero y color claro. El verdadero se debe a la sustancia que se disuelve cuando se elimina la decoloración. El segundo resultado de solutos como aerosoles. Se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co) en base a 1 mg/L Pt. Puede deberse a la presencia de materia orgánica coloreada o minerales como el hierro. De hecho, los colores que parecen son casi iguales en agua clara y menos turbia (Organización Mundial de la Salud, 2008).

Turbiedad Hay dos tipos de colores, color verdadero y color claro. El primero se debe a la sustancia que se disuelve cuando se elimina la decoloración. El segundo resultado de solutos como aerosoles. Se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co) en base a 1 mg/L Pt. Presumiblemente a la presencia de materia orgánica coloreada o minerales como el hierro. De hecho, los colores que parecen son casi iguales en agua clara y menos turbia (Organización Mundial de la Salud, 2008).

Conductividad Es producida por un electrolito disuelto en agua. Es propiedad de un cuerpo de agua para llevar electricidad y midiendo dos electrodos paralelos de 1 cm^2 colocados a 1 cm de distancia en agua (Avelar, 2019).

Olor y sabor El olor y el sabor se deben a la presencia de productos químicos volátiles y orgánicos degradables que pueden entrar en acercamiento con el agua. Mientras que las mediciones de estos límites se basan en diluciones básicas para reducirlos a niveles que apenas son detectables por la observación humana. Los límites de la calidad química del agua, pero la calidad química está definida e indicada en esta clase de sustancias presentes en el agua recolectada (Alba *et al.*, 2013).

Alcalinidad Está representado por el contenido de carbonato y bicarbonato. Probablemente hidróxidos, boratos, silicatos, fosfatos. El pH de una solución acuosa de borato es 8,3 y el de una solución acuosa de ácido carbónico es 4,3.



Potencial de hidrógeno (pH) medida de cantidad de iones de hidrógeno en un medio acuoso. Agua que contiene pH inferior a 7 es ácida y el agua con un pH elevado es alcalina. La acidez es la capacidad de una sustancia para introducir en una solución líquida iones de hidrógeno, mientras que la alcalinidad introduce un grupo hidroxilo (OH^-), en el medio.

Dureza es la concentración de cationes metálicos polivalentes presentes en el agua. Causada principalmente por miligramos de sal y calcio, pero también por *Mn, Al, Zn, Fe y Sr*. Debido a la gran cantidad de compuestos que contiene, se expresa como la relación semejante de CaCO_3 (Avelar, 2019)

Nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) y nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) El elemento químico nitrógeno (N) se muestra, entre otras cosas, en las siguientes variaciones: nitrato ($\text{NO}_3\text{-N}$) y nitrito ($\text{NO}_2\text{-N}$) el nivel de toxicidad de los nitratos para los humanos se debe principalmente a su reducción a nitritos (OMS, 1999). La dificultad para respirar y el gipsófilo azul se presentan cuando los infantes por debajo de 6 meses consumen agua con nitrato por encima del límite recomendado (25 mg/L). Esto también se conoce como metahemoglobinemia (deficiencia de glóbulos rojos que transportan oxígeno). El tiempo que puede conducir a la muerte (Londoño & Gómez, 2020).

Parámetros de calidad bacteriológica del agua

El agua para uso doméstico, así como para el consumo debe estar libre de elementos nocivos. La mayoría de las infecciones transmitidas por el agua causan diarrea en los seres humanos debido al agua potable contaminada con microbios en las heces (Halaby *et al.*, 2017).



Clasificación de aguas

Según el procedimiento de potabilización

El agua, elemento natural más sustancial del mundo y juega un papel importante en el progreso. La vida no puede existir sin agua, la industria no puede funcionar, ni puede funcionar. Es importante que muchas aplicaciones tengan alternativas y su suministro esté garantizado. Potabilización es el proceso de convertir el agua descompuesta en agua apta para el doméstico y personal. El propósito del proceso de limpieza es reducir los contaminantes nocivos, los sólidos en suspensión, los grumos, los coloides, los patógenos, el hierro y el manganeso, la sedimentación y la corrosión, etc. Esta situación es posible gracias a los procesos que se ejecutan en una planta de procesamiento dedicada. Al salir de la planta de tratamiento, el agua cumple con ciertas propiedades sensoriales, físicas, químicas y microbiológicas exigidas por la ley, posibilita el consumo público y garantiza la calidad del agua potable (Reglamento de La Calidad Del Agua Para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA, 2011)

Evaluación de la calidad del agua

La calidad del agua está apegada a los factores que brinda la naturaleza y factores antropológicos. Este es una noción relativa, no un concepto absoluto, y el estado se determina utilizando criterios específicos. El propósito y el tipo determinan si el cuerpo lo recoge o no. El sistema de clasificación general depende de si el líquido se utiliza para consumo personal, riego, mantenimiento de ecosistemas, mejora de la vida de los peces, transporte de mercancías con todas las características prácticas. De esta forma, la calidad del agua se determina con base en criterios específicos para el uso u operación de los recursos hídricos en un área en particular (Reglamento de La Calidad Del Agua Para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA, 2011)



Determinar la calidad del agua a nivel nacional necesita de un estudio previo, especialmente en relación a los aspectos económicos, sociales, ambientales, técnicos e institucionales. No sólo establecer un plazo de desempeño. Los objetivos de calidad del agua son los criterios para gestionar la profanación del agua mediante implementación de medidas para prevenir, gestionar o restaurar los recursos hídricos por debajo de los rangos establecidos. En nuestro país, las metas de calidad del agua son establecidas por ECA-Agua y aprobadas por Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Estos objetivos están diseñados para proteger la calidad adecuada de la fuente de agua, que es el objetivo del sitio utilizado u operado, dentro de la organización beneficiaria.

Origen de la contaminación del agua

Según la Administración Nacional de Perú (ANA), en 2014 se contaminaron 21 ríos en todo el país como consecuencia de la minería. La contaminación proviene de la minería a gran, mediana y pequeña escala, así como de la minería informal y artesanal. Los ríos contaminados atraviesan 12 regiones del Perú y los principales factores de contaminación son los residuos sólidos (basura), aguas residuales (agua contaminada) y pasivo ambiental.

Según José Luis Mena, director Científico de WWF Perú, el 70 por ciento de los ríos Andes y Amazonas del Perú no se pueden desviar, por lo que sus caudales se utilizan únicamente para consumo de agua potable y generación de energía frente a las costas de Perú. Esto se llama "desvío de agua", o aumentar el acceso de una población al agua mediante la adición de agua de una cuenca adyacente (en este caso, el Amazonas o los Andes).

El agua de lluvia

Barrios (2023) señala que el agua de lluvia es agua que se condensa a partir del vapor de agua y que cae a la tierra, pero antes pasa a través del aire y es posible que se contamine con gases ácidos, polvo, polen u otros microorganismos, en la mayoría de los casos estos niveles de contaminación atmosférica son muy bajos.

Alguna de las diferencias entre el agua de lluvia y el agua potable radica en que el agua de lluvia es más ácida su pH esta entre (5.5, 5.6) debido a su interacción con el monóxido de carbono que se encuentra presente en el aire.

Tabla 1

Enfermedades transmitidas por el agua

| | |
|---------------------------------------|---|
| Enfermedades transmitidas por el agua | Los patógenos están asociados al consumo doméstico, en su mayoría debido a la contaminación de mascotas o heces humanas ADD, tifoidea, Leucemia. |
| Dengue | Para transmitir la enfermedad, los mosquitos deben picar a una persona infectada con el virus del dengue durante el periodo de infección. Se encuentra en áreas urbanas y semiurbanas, donde el mosquito Aedes es diferente, ya que el mosquito vive en estanques y lagos cercanos o en el interior; recipientes de agua potable, llantas desechadas, macetas, trampas para hormigas, sitios de reproducción conocidos. |
| Filariasis (incluye elefantiasis) | La filariasis linfática es causada por el gusano redondo <i>Wuchereria bancrofti</i> , que vive en los vasos linfáticos de una persona infectada y tiene diversas manifestaciones. Este parásito desarrolla su ciclo de vida bajo dos hospedadores en los humanos actúa como portador de ciertas enfermedades y en los mosquitos como hospedados intermediarios. La enfermedad se transmite por la picadura de un mosquito transmisor <i>Culex quinquefasciatus</i> infectado con las larvas de <i>Wuchereria bancrofti</i> . |

| | |
|---------------|---|
| Malaria | se transmite por la picadura de un mosquito hembra del género anopheles meiges infectado con Plasmodium, que ingiere el parásito de la malaria cuando pica a una persona infectada. No hay transmisión directa de persona a persona. La ecología de la enfermedad está estrechamente relacionada con la disponibilidad de agua ya que el estado larva del mosquito se desarrolla en diferentes cuerpos de agua. |
| Leishmaniasis | Leishmaniasis causada por protozoos del mismo género salvajes. La infección se transmite a los humanos a través de una mordedura. |

Nota: Instituto Nacional de Salud, 2016

Estándares de calidad ambiental para agua (ECA – AGUA)

De acuerdo al Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, la ECA (Norma Ambiental para la Calidad del Agua) en el aire presente, agua, o subterránea. Cuando se recibe, no figura un riesgo revelador para la salud en general o el medio ambiente. El enfoque o nivel se expresa como máximo, mínimo o rango, según los parámetros específicos que incluya.

Tabla 2

Estándares de calidad ambiental para el agua

| Parámetro | Unidad de medida | Agua que puede ser potabilizada con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento Convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |
|-----------------------|------------------|--|---|---|
| Fisicoquímicos | | | | |
| Arsénico (As) | mg/L | 0.01 | 0.01 | 0.15 |
| Bario (Ba) | mg/L | 0.7 | 1 | ----- |
| Manganeso (Mn) | mg/L | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| Nitrato (NO3) | mg/L | 50 | 50 | 50 |



| | | | | |
|-------------------------------------|--------------|-----------|----------------------|----------------------|
| Sulfato (SO) | mg/L | 250 | 500 | ----- |
| Turbidez | UNT | 5 | 100 | ----- |
| pH 25°C | Unidad de PH | 0.5 - 8.5 | 6.5 - 9.0 | 6.5 - 9.0 |
| Conductividad | uS/cm | 150 | 1600 | Xxx |
| Solidos totales | mg/L | 100 | 1000 | 1500 |
| Dureza total | mg/L | 600 | ----- | ----- |
| Microbiológico | | | | |
| Coliformes Totales | NMP/100mL | 50 | 2 | ----- |
| Coliformes Termotolerantes | NMP/100mL | 20 | 2000 | 20000 |
| Escherichia coli | NMP/100mL | 0 | ----- | ----- |
| Organismos de vida libre (f) | N° org/L | 0 | -5 - 10 ² | -5 - 10 ² |

Nota: ECA (2017).

Para los niveles de calidad del agua, cualquiera que sea el uso previsto, el punto de partida es el muestreo para obtener una amplia gama de medidas e indicadores. Así como datos, tras su análisis y procesado, serán convertidos en valores numéricos, a partir de los cuales se pueden obtener una serie de indicadores para determinar el estado general del agua según los rangos de calidad especificados (Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, 2017).

Categorías de los estándares de calidad ambiental para agua

Categoría Poblacional y recreacional

Subcategoría A: Se entiende por agua superficial utilizada para producir agua potable el agua después del tratamiento utilizada para proporcionar agua a los seres humanos.

A1: Agua potable desinfectada: Por sus propiedades cualitativas, el agua que reúne las condiciones utilizadas para el suministro de agua propuesta para consumo poblacional es simplemente desinfectada según la normativa vigente.

A2: Con un tratamiento normal, el agua es segura para beber. Es necesario entender agua destinada al consumo humano, que es tratada naturalmente por uno o dos procesos como: Coagulación, sedimentación, aglomeración y/o filtración o procesos equivalentes. Incluye esterilidad según normativa vigente.

A3: Agua potable altamente tratada: Para consumo humano procesado naturalmente, incluyendo procesos físicos y químicos como de cloración, micro filtración, ultrafiltración, ósmosis inversa con carbón activado, o procesos similares establecidos por la industria de acuerdo a los esquemas de calidad del agua.

Tabla 3

parámetros y valores consolidados categoría 1- A

| PARAMETRO | UND | Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable | | |
|-----------|-----|--|---|---|
| | | A1 | A2 | A3 |
| | | Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional | Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado |

Nota: DS-MINAM 2015

Ciertos parámetros deben medirse para conocer la pureza y la contaminación del agua. Estas medidas de calidad del agua se dividen en parámetros químicos, microbiológicos y físicos. Como puede ver, hay muchos parámetros, muchas formas y muchas formas de medir estos parámetros. Para evitar estos problemas, la organización



internacional responsable del monitoreo y estudio de la calidad del agua ha desarrollado métodos estandarizados y estandarizados (estandarización) para su análisis del agua en establecimientos adecuados. Publicación de una compilación de metodología de laboratorio titulada: modelos genéricos para pruebas de agua y aguas residuales (Sierra, 2011).

Para demostrar la composición química y propiedades del agua, y por tratarse de una zona rural, se deben considerar los siguientes parámetros físicos, químicos y microbiológicos: bario, nitratos, aluminio, arsénico, boro, sulfato manganeso, cloruros, turbidez, pH., Conductividad, sólido soluble total, dureza total. Los agentes bacterianos analizados incluyeron coliformes totales, coliformes refractarios (fecales), coliformes y organismos de vida.

La razón para analizar cada uno de estas cuantificaciones se describe en las siguientes unidades. Las medidas físicas ayudan a determinar el tipo y estado de agua.

Parámetros de calidad fisicoquímica del agua

Las sustancias que tienen un efecto directo sobre el estado estético del agua se catalogan como parámetros fisicoquímicos.

- **Temperatura (T):** Es una medida de cantidad de calor liberado por el cuerpo, expresada en grados y nuestro sistema es Celsius ($^{\circ}\text{C}$), su medición es con un termómetro de mercurio o digital. Este es el parámetro físico más significativo del agua, ya que está involucrado en el esquema de la totalidad de los procesos de tratamiento de agua (Sierra, 2011)
- **Arsénico:** Metales pesados tóxicos y altamente tóxicos que se localizan en aguas naturales como el arsénico (AsO_4^{3-}) y el arsénico (AsO_2^-), cuya



presencia puede provenir de residuos industriales o del uso de pesticidas. Según estudios realizados por la ANA, se encontró presencia de arsénico en muchos puntos de muestreo en cuencas de ríos que fueron evaluados por el aporte de rocas a la zona.

- **Bario:** No se presenta en estado libre en la naturaleza, pero existe en forma compleja. El sulfato de bario es la sal más común (barita) y la sal menos conocida es el carbón de bario. La disolución de los componentes de bario aumenta con un pH más bajo. Aunque es un elemento múltiple contenido en rocas ígneas y rocas sedimentarias, se trata principalmente de recursos naturales que están cerca del agua.
- **Manganeso:** Es un mineral limitadamente común en suelos y rocas, se muestra en forma de óxidos e hidróxidos. Su valoración es muy importante para vigilar la concentración de varios oligoelementos en el agua natural. Seleccione este parámetro para verificar que su presencia es perfectamente normal.
- **Cloruro (Cl⁻):** Uno de los aniones más importantes que encontramos en el agua. Como la alcantarilla. El cloruro hace que el sabor del agua sea salado en altas concentraciones.

Se pueden usar otros métodos para determinar esto, como la trigonometría, que se recomienda para agua relativamente clara con concentraciones de cloro de 5 mg/L o más y donde se recupera 0,15. Hasta 10 mg de aniones. El cromato de potasio puede proporcionar un criterio de valoración para evaluar el cloruro de nitrato de plata en soluciones neutras o débilmente alcalinas. Provoca la deposición cuantitativa de cloruro de plata y, por lo tanto, el color del cromo rojo ladrillo (Severiche et al., 2016)



Nitratos: Su uso principal es fertilizante inorgánico. Los grupos concertados de nitrato en las aguas superficiales y subterráneas son generalmente bajas, pero pueden aumentar por lixiviación dentro o fuera del suelo debido a la contaminación de excrementos humanos y animales por oxidación de amoníaco y fuentes similares (Miranda et al., 2010)

Nitrificación: Ocurre en dos etapas, siempre que el amonio se oxida en primer lugar a nitrito por la acción de bacterias de amonio y luego de nitrato a nitrito por el trabajo de bacterias nitro oxidantes. En este paso, el medio se acidifica y durante la desnitrificación se restablece el pH 7 (Aristizábal & Cerón, 2012)

Sulfatos: Se encuentra de forma natural en muchos minerales de uso comercial, especialmente en la industria química. Se encuentran en las corrientes debido a los desechos agrarios y la precipitación atmosférica. Las cantidades más grandes se encuentran comúnmente en las aguas subterráneas y provienen de lagunas naturales.

Turbidez: Es causada por la presencia de sustancias granulares, flotantes o coloidales como arcilla, limo, plancton y otros microorganismos. Es una propiedad para dispersar la luz propia del agua. Para el agua destinada al consumo humano, la turbidez es especialmente importante porque no solo le da al agua un aspecto poco saludable, sino que también es un indicador del potencial de contaminación por sustancias orgánicas y microbianas. Las unidades de turbidez (NTU) es la medida de esta y se mide en utilizando un dispositivo llamado nefelómetro, que varía de 0,05 a NTU, y el límite superior para el agua humana es de 10 NTU (FAO, 2013)

Potencial de hidrógeno (pH). Una de las pruebas más importantes y ampliamente utilizadas en el análisis químico del agua es la medición del pH del agua. Así determinas



su acidez y/o alcalinidad. Cuando el pH es inferior a 7 tiende a ser ácido y cuando supera 7,0 tiende a ser alcalino (Sierra, 2011).

Conductividad eléctrica (CE). Indicador de sales solubles en agua y midiendo cantidad de iones, en concreto calcio, magnesio, sodio, fósforo, bicarbonato, cloruro y sulfato. Medido en $\mu S/cm$. Esta es también una medida indirecta de los sólidos disueltos. El agua con alta conductividad eléctrica se corroerá (Sierra, 2011)

Dureza total: Mide en concreto calcio, magnesio, sodio, fósforo, bicarbonato, cloruro y sulfato. Medido en $\mu S/cm$. Esta es también una medida indirecta de los sólidos disueltos (Organización de las Naciones Unidas, 2018).

Sólidos totales disueltos (SDT): Estos son los materiales restantes después de escapar de la muestra, evaporándola y secándose en condiciones específicas. De los sólidos solubles totales (TDS), podemos decir que el aumento de peso debe ser de 180 grados. Temperatura $^{\circ}C$, a la que el agua prácticamente no cristaliza. El contenido de sólidos se puede estimar a partir de la divergencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales.

Calidad del agua

La calidad del agua se puede definir como un acumulado de propiedades sensoriales, químicas, microbiológicas, físicas y que el agua debe poseer para su uso a largo plazo. Esto se puede especificar a continuación:

Consumo humano y doméstico, acuicultura, preservación de flora y fauna, recreativo, pesca, estético, agrícola, maricultura, pecuario, industrial, navegación y transporte acuático.



La calidad del agua está respectivamente relacionada con la pobreza y la salud de las personas. El agua no se trata solo de calidad sino también de cantidad. La insuficiencia de agua provoca muchas enfermedades parasitarias asociadas a la mala higiene, y las personas de mala calidad pueden tener consecuencias para la salud si beben agua en malas condiciones (FAO, 2013).

Agua de lluvia

Señala que el agua de lluvia se origina y se forma en las nubes del cielo que nos cubre todos los días, su origen es debido a cambios de la presión atmosférica o en la temperatura de la misma, como la humedad del ambiente (FAO, 2013)

La evaporación en el mar es el más trascendental origen de agua para la precipitación. Pero esto no se traduce en precipitaciones correspondientes a la proximidad a los océanos, como muestran muchas islas deshabitadas. Los factores climáticos estudiados (latitudes, altitudes, continentes, corrientes oceánicas, vientos predominantes) y las barreras geológicas determinan la humedad atmosférica de la región.

Definición de precipitación

Cualquier representación de humedad que llega a la extensión de la Tierra desde las nubes se define como precipitación. Así, la lluvia, la tormenta, el granizo y la nevada son formas diferentes de un mismo fenómeno de lluvia. También importante por el ciclo hidrológico, trayendo agua dulce a los tramos superiores de la corteza terrestre y, Así, el sustento de la vida en nuestro planeta, ya sea de origen animal o vegetal, requiere agua.

El resultado es una nube cuando alcanza el punto de saturación; En esta etapa, el tamaño de gotas de agua aumenta hasta que logran la masa en la que son precipitadas por gravedad.



Origen de precipitaciones

Básicamente, el aguacero en la atmósfera es el resultado de la concentración de vapor de agua en una masa de aire, independientemente de su estado (sólido o líquido). Esto sucede cuando una masa de aire es forzada hacia arriba y hacia abajo. Para que se provoque la concentración, el aire debe estar saturado de humedad y contener núcleos condensados.

- a) El aire se satura cuando aguanta tanto vapor de agua como sea posible. Por lo tanto, la humedad relativa es del 100%. Generalmente se logra enfriando el aire, donde el aire frío está menos saturado con vapor de agua que el aire caliente. Por ejemplo, 1 metro cúbico de aire está insaturado a una temperatura de 25 °C y tiene un rodeado de vapor de agua de 11 g. Sin embargo, 11g se satura y se condensa a 10°C.
- b) Los núcleos condensados (que devuelven el vapor de agua a un estado líquido) son pequeñas partículas que flotan en el aire. Partículas de humo o cristales finos de sal asociados a la evaporación de la niebla marina. Así es como se forman las nubes. Debido al pequeño tamaño de las gotas y cristales, pueden flotar en el aire y moverse con el viento.

A medida que las gotas se vuelven más espesas y pesadas, las nubes se convierten en lluvia. Este fenómeno es complicado. La diferencia de carga permite que las gotas se atraigan entre sí. Los núcleos, principalmente pequeños cristales de hielo, promueven la condensación. Por lo tanto, la liberación va acompañada de una gran cantidad de precipitaciones. La técnica de precipitación artificial consiste en inocular la parte superior de la nube con yoduro de sodio cuando la temperatura es inferior a 0 °C. Se descompone en pequeñas partículas que congelan el agua. Estos cristalinicos de hielo se convierten en llovizna cuando ingresan al aire a temperaturas superiores a 0 °C.



Tipos de precipitación

Se pueden distinguir los siguientes tipos en cuanto a su origen:

- **Las ciclónicas** Son causados por huracanes o frentes relacionados con huracanes.
- **Las de convección** Ocurre en el ascenso de aire caliente; conocidas como tormentas de verano.
- **Las precipitaciones orográficas** Ocurre cuando una masa de aire húmedo golpea una barrera montañosa y se ve obligada a ascender.

Los estudios de precipitación son esenciales para los estudios hidrológicos regionales para medir los recursos ácuos, ya que son la fuente de agua más importante (generalmente la única) en la región. Asimismo, es esencial para la prevenir inundaciones, la planificación de obras públicas, la investigación de la erosión y más

“Intensidad de precipitación es igual a precipitación/tiempo, y se expresa en mm/hora.”

Medición de precipitaciones: La lluvia se mide de acuerdo con la altura del agua, o el tamaño del tamaño, la placa de agua se acumulará en la superficie horizontal, si se recoge toda la precipitación. Lluvia por mm del agua en la unidad de superficie, como L/m².

Hay muchos tipos diferentes de dispositivos de medición de precipitaciones, pero no podemos garantizar una precisión del 100 %. La razón principal es que las muestras tomadas son muy pequeñas en comparación con la precipitación total, ya que todas ellas generan turbulencias aerodinámicas a su alrededor y es posible que no se repitan las mediciones.



Aparatos De Medida

Altímetro: Es un aparato que mide el aumento de agua que cae y el tiempo que tarda en caer. El factor más significativo en la precipitación no es solo el volumen de agua recolectada, sino también el momento de su caída. Por lo tanto, se utiliza un medidor de azufre para registrar automáticamente la precipitación.

Pluviómetro: Este dispositivo se utiliza para calcular la cantidad de lluvia que ha caído durante un período de tiempo. La idea básica de este dispositivo es que la lluvia se mide en milímetros, consiguiendo un terreno perfectamente horizontal, sin lavado y sin desperdicios. Se han creado varias herramientas para este propósito, pero para estandarizar las mediciones, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) ha hecho que las mediciones sean lo suficientemente precisas y precisas, incluso si contienen muchos errores. Por lo tanto, las mediciones evitables son poco realistas y sin sentido.

El pluviómetro consiste en una serie de copas cilíndricas en la boca del receptor, una de las cuales tiene un borde muy afilado y está calibrada en 200 cm², generalmente está hecho de diferentes láminas, y las placas se cortan y doblan para que la superficie y los bordes deben estar mecanizados, remachados, soldados, etc. Tanto es así que los contornos ensamblados por soldadura suman más de 190 cm, lo que requiere mano de obra y esfuerzo costosos.

Fluviógrafos: Estos son dispositivos que registran de forma automática y continua la precipitación durante un período de siete días. Son más caros y tendenciosos a errores, son el único método viable en algunas ubicaciones remotas o de difícil acceso. Estas escalas tienen una gran mejora al mostrar la fuerza de la precipitación, que es un factor clave en muchos dilemas.



Formas de precipitación casi esféricas y pequeñas son las gotas de lluvia, y las gotas de agua grandes son planas. Su tamaño varía entre 0,5 y 6,35 mm, mientras que su baja velocidad varía de 8 a 32 Km/h, dependiendo de su masa

Como cae la lluvia, formas de precipitación:

- **Niebla:** Su tasa de caída es muy baja y rara vez supera el valor de 1 mm/h. Son pequeñas gotas de agua.
- **Chispas:** Se utiliza para indicar una zona de terreno entre lluvia ligera y **llovizna**. Tiene más lluvia y más gotas que la primera.
- **Lluvia:** Consiste en gotas de agua líquida de tamaño mayor que el diámetro de un chorro de agua, varía de leve a moderada y no alcanza la intensidad de una tormenta.
- **Escarcha:** Este hielo se forma después de enfriar una superficie mojada por la lluvia o la niebla.
- **Ducharse:** El aire desciende, reduce y aumenta su intensidad
- **Huracán:** Puede ser débil o severo, y llueve mucho, y tiene vientos fuertes e incluye el riesgo de granizo.
- **Nieve:** Formada por cristales de nieve blancos o translúcidos.
- **Granizo:** Depositado como cristales de hielo áspero o brillante, a menudo acompañados de nubes.

La intensidad de la lluvia y duración de la lluvia

Estos dos rasgos están relacionados. Durante la misma etapa de lluvia nuevamente, cuanta más lluvia, menor es la intensidad promedio. Esta fórmula se conoce como la relación entre el volumen, el tiempo y la frecuencia o se conoce generalmente como la curva IDF.



Precipitación fuerte, ciclo de retorno 2, 5, 10, 20, 50, 100, 500, 1000 y hasta mil años, en un lugar o cuenca determinada, precipitación máxima potencial o PMP, determinada por un procedimiento estadístico, basado en registros de lluvia.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Tipo de Investigación

Experimental y analítico, debido a que se realizó una comparación con los datos obtenidos para estimar los parámetros. También muestra que el enfoque cuantitativo del procesamiento de datos es una serie de técnicas, ya que los objetivos de exploración se logran solo mediante el análisis de datos numéricos (Hernandez, 2010).

3.1.2. Método de recolección de datos

Metodología para determinar las características organolépticas del agua de lluvia en la ciudad de Puno de acuerdo a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico:

Tabla 4

Métodos de análisis

| Características organolépticas | Método de análisis |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Color | Metodología organoléptica visual |
| Olor | Metodología organoléptica olfativa |

Nota: Cabe mencionar que para el aspecto tratándose de agua de lluvia será claramente líquida por lo que este parámetro no necesitará un método de análisis.

Metodología para determinar las características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno conforme a los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico:

Tabla 5*Métodos de análisis*

| Características físicas | Método de análisis |
|---|------------------------|
| pH | Método Potenciométrico |
| Temperatura ° C | Método Termométrico |
| Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Método conductimétrico |

Metodología para determinar las características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno en consonancia con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico:

Se aplicaron los siguientes métodos volumétricos:

Tabla 4*Métodos de análisis*

| Parámetros | Método de análisis |
|-----------------------------------|--|
| Dureza Total como CaCO_3 | Método del EDTA (Calcio y magnesio) |
| Alcalinidad como CaCO_3 | Método del hidróxido, carbonato y bicarbonato. |
| Cloruros como Cl^- | Método del EDTA + HNR |
| Nitratos como NO^{-3} | Método del salicilato sódico |
| Calcio como Ca^{++} | Método del EDTA + HNR |
| Magnesio como Mg^+ | Diferencia entre dureza total y Ca^{++} |
| Sólidos Total | Método 2540-B |
| Porcentaje de salinidad | Titulación con nitrato de plata |
| Turbidez | Método turbidimétrico |
| Para los sulfatos se aplicará: | |
| Sulfatos como SO_4 | Método espectrofotometría |

3.1.3. Muestreo

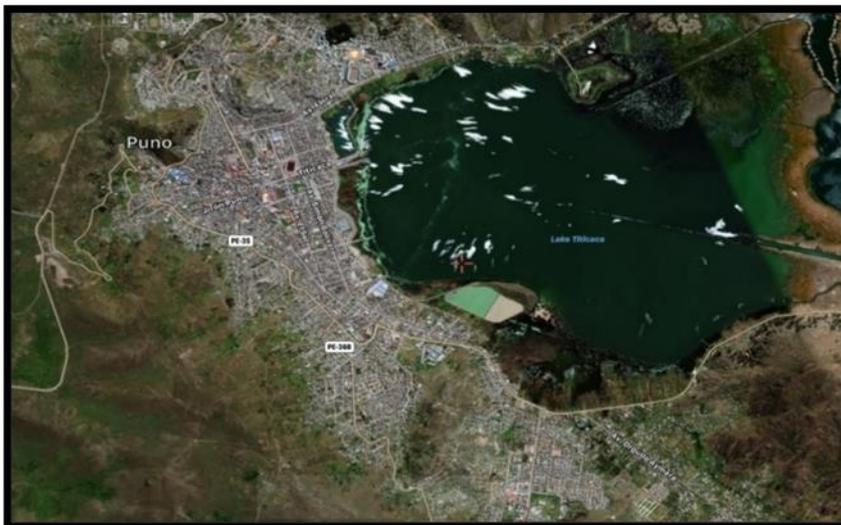
El muestreo es la base para la planificación y evolución de plantas potabilizadoras de agua y aguas residuales. Los esquemas de muestreo mal diseñados conducen a

consecuencias inconsistentes, lo que da como resultado un diseño deficiente o una mala toma de decisiones (Sierra, 2011).

En ese sentido se realizó la recopilación de muestras de 5 puntos distintos propios de la ciudad de Puno, ubicada en la sierra del sureste del país, en las latitudes $13^{\circ} 00' 66'' 00''$ y $17^{\circ} 17' 30''$ al sur de la Meseta del Collao, y longitud $71^{\circ} 06' 57''$ y $68^{\circ} 48' 46''$ Oeste. La región de Puno está ubicada en el sur del Perú en la frontera con Bolivia.

Figura 1.

Plano de la ciudad de Puno



Nota: Google Earth

Fuente: Elaboración propia

3.1.4. Procedimiento de colección del agua de lluvia

- Las muestras fueron obtenidas en los 5 puntos de recolección que figuran en la tabla N°05.
- La toma de muestras de agua se realizó de diferentes maneras según fueron para análisis microbiológico y físico-químico.
- Para el análisis microbiológico, se utilizaron recipientes con capacidad de 250 a 300

- ml, de plástico y vidrio, esterilizados, con tapa hermética y en lo posible de boca ancha.
- Se envaso en condiciones estériles y tener la precaución de mantener una adecuada asepsia para evitar la contaminación accidental de la muestra.
 - Las muestras fueron rotuladas según el avance de la recolección.
 - Esperar llenar el frasco dejando una cámara de aire. Durante el llenado es conveniente mantener el frasco inclinado a 45° para evitar la introducción de partículas externas.
 - Se Tapó inmediatamente asegurando un cierre hermético.
 - La muestra fue guardada en una conservadora oscura y con hielo bien limpia, no conteniendo otros elementos propios del muestreo para no contaminar las muestras.
 - Se Trasladó lo más pronto posible al laboratorio (tiempo máximo 2 días). DS N°004-2017MINAM.

Tabla 6

Ubicación de los puntos de muestreo y su caracterización de área.

| N° | Puntos de monitoreo | Coordenadas UTM (19L) | | Altura msnm | Caracterización del área |
|----|-----------------------------|-----------------------|------------|-------------|--|
| | | Este | Norte | | |
| 01 | Barrio Bellavista | 390623.03 | 8249306.02 | 3836 | Área Urbana, llamada Barrio Bellavista de la ciudad de Puno, a 324 metros del Lago Titicaca |
| 02 | Urbanización Chanu Chanu | 391550.05 | 8246381.16 | 3844 | Área urbana, llamada Urbanización Chanu Chanu ciudad de Puno, a 1286 metros del Lago Titicaca. |
| 03 | Pabellón de la FIQ-UNA-Puno | 390924.41 | 8250385.20 | 3833 | Área urbana, perteneciente al pabellón de la facultad de Ingeniería Química de la |

| | | | | | |
|-----------|---------------------|-----------|------------|------|--|
| | | | | | UNA-PUNO, a 913 metros del Lago Titicaca. |
| 04 | Barrio Llavini | 390517.80 | 8250514.13 | 3847 | Área urbana, llamada barrio Llavini de la ciudad de Puno, cerca de 1259 metros del Lago Titicaca. |
| 05 | C.P. de Jayllihuaya | 394393.36 | 8245007.01 | 3835 | Área Urbana, semidesarrollado llamada C.P. de Jayllihuaya de la ciudad de Puno, a 1671 metros del Lago Titicaca. |

Nota: Puntos de monitoreo

A continuación, algunas imágenes de como fue el proceso metodológico para el presente trabajo investigativo.

Figura 2

Técnicas de Recolección de aguas de lluvia



Nota: Recolección de aguas de lluvia

3.1.5. Procedimientos y mediciones

Luego se recolectan muestras de agua de lluvia, se analiza la calidad y se toman muestras para detectar parásitos intestinales. Se tomó una muestra como se muestra en la figura. Se tomaron muestras de agua para análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

Siempre que sea posible, utilice recipientes de plástico o vidrio estériles de 250-300 ml con tapas expandibles selladas para análisis microbiológicos.

Figura 3

Recolección de agua de lluvia para el análisis físico químico en diversos puntos de la ciudad



Nota: Recolección de aguas de lluvia

Figura 4

Recolección de agua de lluvia para el análisis físico químico en diversos puntos de la ciudad.



Nota: Recolección de aguas de lluvia

Tabla 7

Parámetros de estándares de calidad ambiental para aguas superficiales utilizadas en la obtención de agua potable

| | Unidad de Medida | A1 | A2 | A3 |
|--|------------------|------------|------------|---------|
| Características Organolépticas | | | | |
| Aspecto | | | | |
| Color | | | | |
| olor | | | | |
| Características Físico - Químicas | | | | |
| pH | | 6.5 - 8.5 | 5.5 - 9 | 5.5 - 9 |
| Temperatura | °C | $\Delta 3$ | $\Delta 3$ | *** |
| Conductividad Eléctrica | uS/cm | 1500 | 1600 | *** |
| Características Químicas | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 500 | *** | *** |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | | | |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 250 | 250 | 250 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁻ | mg/L | 250 | 500 | |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 50 | 50 | 50 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | | | |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 1000 | 1000 | 1500 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | | | |
| Turbidez | NTU | 5 | 100 | *** |

Nota: Cuadro extraído del DS N°004-2017MINAM.

Donde:

- $\Delta 3$: variación de 3°C respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.
- ***: el parámetro no aplica a la sub categoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

3.1.6. Protocolos de seguridad de muestreo de agua de lluvia

La toma de muestras de agua de lluvia siguió protocolos para garantizar la precisión y la representatividad de los resultados establecidas por la OMS y el método



estándar.

En primer lugar, se utilizaron los siguientes materiales:

- Recipientes de muestreo limpios y esterilizados (generalmente de plástico o vidrio).
- Etiquetas permanentes para identificación.
- Guantes desechables.
- Bolsas de transporte resistentes.

Continuando se aseguró tener los materiales limpios y listos antes de la lluvia, limpiando y esterilizando las manos y utilizando guantes desechables para evitar la contaminación de las muestras, para posteriormente en un recipiente limpio y esterilizado, almacenar la muestra, siempre evitando algún tipo de contacto con la muestra de forma directa.

Posteriormente se continuó con el etiquetado del recipiente con la ubicación, fecha y hora de la recolección, su almacenaje y transporte en busca de mantener las muestras refrigeradas mientras se transportaron al laboratorio lo más antes posible para análisis.

Adicionalmente, se llevó un registro detallado de la ubicación, fecha, hora y cualquier observación relevante sobre el sitio de muestreo. Una vez en el laboratorio, se realizaron los análisis correspondientes según los parámetros.

3.1.7. Procedimiento estadístico

3.1.7.1. Pruebas de normalidad

Luego de haber recolectado y tabulado los datos mediante el software

estadístico, se realizó en primer lugar la prueba de normalidad de los datos

Prueba de normalidad de Kolmogorov- Smirnov

Siguiendo a Vrbik (2020) que presentó detalles acerca de la prueba de normalidad de Kolmogorox-Smirnov que plantea la hipótesis nula que afirma que una muestra aleatoria independiente de tamaño n ha sido extraída de una distribución continua específica (incluyendo el valor de cada uno de sus parámetros, si los hay). En ese sentido, el estadístico de prueba (denotada como D_n) es la mayor diferencia (en el sentido de límite superior) en valor absoluto entre la correspondiente función de densidad acumulativa empírica (CDF) y la CDF teórica, denotada $F(x)$, de la distribución hipotetizada; la primera es definida por:

$$F_e(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I_{x_i < x} \quad \dots (1)$$

Donde x_i son los valores individuales de la muestra, $I_{x_i < x}$ es la función indicadora usualmente utilizada (igual a 1 cuando x_i es menor que x , igual a 0 en caso contrario). Notando que $F_e(x)$ es una función escalonada que comienza en 0 y aumenta, en $1/n$, en cada x_i , hasta que alcanza el valor de 1.

Para completar la prueba, se necesitó conocer la CDF de D_n bajo el supuesto de que la hipótesis nula es correcta. Derivar esta CDF es una tarea difícil; hay varias técnicas exactas para hacerlo. Luego se derivó el límite de $n \rightarrow \infty$ de la distribución resultante, para usarlo como una aproximación cuando n es relativamente grande. Dado que la precisión de este límite no es muy impresionante (a menos que n sea extremadamente grande), mostramos cómo eliminar el error proporcional a $1/n$, proporcional a $1/n$, etc., de esta aproximación, haciéndola suficientemente precisa

para muestras de prácticamente cualquier tamaño.

Prueba de normalidad de Shapiro Wilk

Esta prueba fue introducida en 1965; esencialmente, este estadístico es el cuadrado del coeficiente de correlación de Pearson calculado entre las estadísticas de orden de la muestra y los puntajes que representan cómo deberían verse las estadísticas de orden si la población fuera gaussiana. Así, si el valor de W está cerca de 1.0, la muestra se comporta como una muestra normal, mientras que si W es menor que 1.0, la muestra no es gaussiana. La formulación original del test W estaba limitada a tamaños de muestra de $n = 3(1)50$, tabulada para puntos porcentuales de la distribución nula para *valores p* de 0.01, 0.02, 0.05, 0.1, 0.5, 0.9, 0.95, 0.98 y 0.99. El cálculo e interpretación del test W requerían el uso de tablas. Posteriormente, Shapiro y Wilk propusieron una transformación normalizadora para W en la región $n = 7(1)50$, aunque todavía se requerían tablas para $n = 4(1)6$. En 1982, Royston produjo una extensión al test W permitiendo tamaños de muestra de hasta 2000; posteriormente, aumentó este límite a 5000. De tal forma que el estadístico Shapiro Wilk puede ser definido como:

$$W = \frac{1}{D} \left[\sum_{i=1}^k a_i (x_{(n-i+1)} - x_i) \right]^2 \quad \dots (2)$$

Donde D es:

$$D = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad \dots (3)$$

Donde k es aproximadamente $n/2$ y el coeficiente a_i representa cómo se verían los estadísticos si la población fuera normal. El *valor Z* se calcula como:

$$z = b_n + c_n \left[\ln \frac{W - d_n}{1 - W} \right] \quad \dots (4)$$

Anteriormente la configuración original de la prueba W requería el uso de tablas. Es así que, Royston desarrolló una transformación normalizadora aproximada adecuada para implementación en ordenadores que calculaba el valor W y su nivel de significancia para cualquier tamaño de muestra entre 3 y 2000 (Henderson, 2006)

En síntesis, las hipótesis puestas a prueba tanto con las pruebas de Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilk, fueron las siguientes:

Ho: Los datos poseen una distribución una normal

Ha: Los datos no poseen una distribución normal

Adicionalmente la regla de decisión a la cual se enfrentan es:

$p < 0.05$ se rechaza Ho y acepta Ha

$p > 0.05$ se rechaza Ha y acepta Ho

3.1.7.2. Pruebas de homocedasticidad

Levene propuso un procedimiento no paramétrico aproximado para la igualdad de varianzas de grupos, denominado prueba de Levene que se postuló como una de análisis de varianza de un solo camino F sobre $|y_{iv} - \bar{y}_i|$, las desviaciones absolutas de los y_{iv} de su media de grupo \bar{y}_i . Esto esencialmente convierte una prueba de varianzas en una prueba de medias, que es relativamente no afectada por la no normalidad. Demostrando que esta prueba es razonablemente robusta ante la no normalidad cuando los tamaños de muestra son iguales. Considerando la desviación absoluta de cada observación de su media de grupo $|y_{iv} - \bar{y}_i|$. En un grupo con pequeñas varianzas, las observaciones estarán agrupadas alrededor de las

medias de grupo y, por lo tanto, las $|y_{iv} - \bar{y}_i|$ serán pequeñas. En contraste, en un grupo con grandes varianzas, las $|y_{iv} - \bar{y}_i|$ serán grandes. Por lo tanto, para probar la igualdad de varianzas de grupo, Levene sugirió realizar un ANOVA en las $|y_{iv} - \bar{y}_i|$

Para cada conjunto, se define las cantidades Y_{iv} por:

$$Y_{iv} = |y_{iv} - \bar{y}_i| \quad \dots (5)$$

Donde $\bar{y}_i = \sum \frac{y_{iv}}{n_i}$, la media del i -ésimo conjunto y ($v = 1, 2, \dots, n_i$). Probamos si las medias de k conjuntos de Y 's son significativamente diferentes, ya que estas son proporcionales a las varianzas de la muestra. Comparamos el cuadrado medio "entre grupos" con el cuadrado medio "dentro de grupos" a través de una prueba F. La estadística F apropiada, T , es entonces:

$$T = \frac{\sum_{i=1}^k \frac{n_i(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2}{k-1}}{\sum_{i=1}^k \sum_{v=1}^{n_j} \frac{(Y_{iv} - \bar{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^k n_i - k}} \quad \dots (6)$$

Donde:

$$\bar{Y}_i = \sum_{i=1}^{n_j} \frac{Y_{iv}}{n_j} \quad \dots (7)$$

$$\bar{Y} = \sum_{i=1}^k \frac{\sum_{v=1}^{n_j} Y_{iv}}{\sum_{i=1}^k n_j - k} \quad \dots (8)$$

Bajo la hipótesis nula, T se distribuye aproximadamente como $F_{k-1, \sum n_i - k}$. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, de que las varianzas son iguales, en el nivel de significancia α si $T \geq F_{k-1, \sum n_i - k, 1-\alpha}$. Aquí, se realiza un análisis de varianza

de un solo camino en las Y's (Sayago & Asuero, 2004)

Bajo esa óptica, es posible resumir la prueba de homocedasticidad de la siguiente forma:

Ho: Las varianzas son iguales (homocedasticidad)

Ha: Las varianzas no son iguales (heterocedasticidad)

Adicionalmente la regla de decisión a la cual se enfrentan es:

$p < 0.05$ se rechaza Ho y acepta Ha

$p > 0.05$ se rechaza Ha y acepta Ho

3.1.7.3. Análisis ANOVA

ANOVA (Análisis de Varianza) es probablemente el método estadístico más ampliamente utilizado y eficiente para pruebas de hipótesis dado que abarca un campo rico y tiene la flexibilidad para cubrir un mayor número de diseños experimentales (Armstrong *et al.*, 2002).

Este método señala que las diferencias en las medias pueden ser explicadas analizando las varianzas, evidenciadas de la siguiente forma:

Intergrupo: $\sum_{i=1}^k n_i(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2$ con g.l. $(k - 1)$ y suma media de cuadrados $\sum_{i=1}^k n_i(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2 / (k - 1)$

Intragrupo: $\sum_{ij=1}^n (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$ con g.l. $(N - K)$ y suma media de cuadrados $\sum_{i=1}^k n_i(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 / (N - K)$

La significancia en ese sentido es determinada utilizando un valor de probabilidad de significancia (valor P), y para obtener este valor, se debe conocer la estadística y su posición en la distribución a la que pertenece (Stahle & Wold, 1989).

En otras palabras, debe haber una distribución que sirva como referencia y esa distribución se llama distribución F. Esta F proviene del nombre del estadístico Ronald Fisher. La prueba ANOVA también se conoce como la prueba F, y la distribución F es una distribución formada por las proporciones de varianza. En consecuencia, la estadística F se expresa como una proporción de varianza, como se muestra a continuación:

$$F = \frac{\text{Varianza intergrupo}}{\text{Varianza intragrupo}} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i (\bar{Y}_i - \bar{Y})^2 / (k - 1)}{\sum_{i=1}^k n_i (Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2 / (N - K)}$$

Para una mayor y mejor comprensión del concepto de varianza entre grupos e intragrupo en ANOVA, es necesario tomar el análisis de la distancia entre las medias de los grupos y los datos individuales dentro de esos grupos. Varianza entre grupos (intergrupo) es la distancia entre la media general \bar{Y} y la media de cada grupo \bar{Y}_i se representa con una línea de flecha sólida. Esta distancia se expresa como $(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2$. Al multiplicar este término por el número de datos en cada grupo, $n_i(\bar{Y}_i - \bar{Y})^2$ se está considerando que todos los datos en ese grupo están acumulados en el valor representativo (la media del grupo). Esta acumulación de diferencias cuadráticas ayuda a entender la cantidad de variación que es atribuible a las diferencias entre los grupos. La suma de estas diferencias, ajustada por el número de grupos menos uno ($K-1$), constituye la varianza entre grupos. Varianza intragrupo es la parte del numerador de la ecuación del estadístico F, $n_i(Y_{ij} - \bar{Y}_i)^2$ representa la distancia desde la media de cada grupo hasta cada dato dentro de ese grupo. Cada una de estas distancias representa la variación dentro de cada grupo, es decir, cuánto se desvía cada observación individual de la media de su propio grupo. La suma de todas estas diferencias cuadráticas, ajustada por el número total de observaciones menos el número de grupos ($N-K$), constituye la varianza intragrupo (Kim, 2017).



En resumen, ANOVA descompone la variación total observada en los datos en dos componentes: la variación debido a las diferencias entre los grupos (varianza entre grupos) y la variación dentro de los grupos (varianza intragrupo). El estadístico F compara estas dos fuentes de variación para determinar si las diferencias entre las medias de los grupos son estadísticamente significativas, es decir, si es probable que estas diferencias se deban a algo más que el mero azar.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis descriptivo

Estos son los resultados obtenidos de las pruebas hechas en los Laboratorios UNA, registrados en diferentes momentos en diferentes puntos de la ciudad de Puno, de septiembre a mayo, los meses con mayor precipitación en la región.

Tabla 8

Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Jailyhuaya distrito de Puno, provincia de Puno

| | Uni. de med. | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|---|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <u>CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS:</u> | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | liquido |
| Color | | incolor |
| Olor | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| | | inodor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| <u>CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS</u> | | | | | | | | | | |
| pH | | 6.88 | 6.80 | 6.80 | 7.12 | 6.21 | 6.63 | 6.12 | 7.23 | 7.14 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | µS/cm | 15.74 | 15.26 | 15.26 | 15.70 | 0.80 | 0.10 | 0.18 | 0.85 | 1.92 |
| <u>CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS</u> | | | | | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 21.56 | 7.32 | 7.32 | 6.24 | 5.36 | 5.40 | 4.72 | 3.36 | 4.72 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 16.28 | 22.50 | 22.50 | 9.80 | 25.80 | 32.90 | 24.70 | 34.00 | 36.70 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 33.99 | 13.99 | 13.99 | 16.99 | 99.97 | 87.97 | 59.98 | 59.98 | 79.97 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 0.00 | 2.40 | 2.40 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | 0.80 | 0.00 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 2.10 | 1.36 | 1.36 | 2.42 | 1.09 | 0.53 | 0.99 | 0.00 | 1.15 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 3.97 | 0.95 | 0.95 | 0.05 | 0.64 | 0.99 | 0.54 | 0.82 | 1.14 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 7.90 | 7.60 | 7.60 | 7.80 | 0.40 | 0.00 | 0.10 | 0.40 | 0.00 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5.00 | 5.00 | 3.00 | 3.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

Nota: En la tabla 7 se observa los parámetros físicos y químicos fueron analizados en el laboratorio de control de calidad de la Universidad Nacional del Altiplano – Puno de acuerdo a las normas ambientales de calidad del agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que, SI es APTO Para consumo humano, muestra del sector Jailyhuaya.

Tabla 9

*Análisis físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Bellavista
distrito de Puno, provincia de Puno*

| | Uni. de med. | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|--|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | liquido |
| Color | | incolor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| Olor | | inodor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| pH | | 6.54 | 6.64 | 7.36 | 6.89 | 6.84 | 7.34 | 6.37 | 7.13 | 7.19 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | µS/cm | 47.40 | 4.10 | 11.00 | 11.45 | 0.14 | 1.42 | 0.39 | 4.90 | 0.33 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 36.16 | 11.40 | 14.24 | 8.00 | 3.96 | 17.60 | 3.72 | 21.04 | 4.20 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 31.88 | 21.50 | 16.16 | 12.96 | 43.60 | 44.70 | 21.30 | 32.30 | 27.90 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 39.99 | 5.99 | 19.99 | 16.99 | 91.97 | 99.97 | 69.98 | 65.98 | 29.99 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 99.30 | 13.60 | 13.60 | 2.42 | 3.60 | 1.60 | 2.00 | 10.00 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 11.84 | 2.99 | 2.99 | 1.98 | 0.00 | 0.94 | 0.74 | 2.30 | 0.51 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 1.59 | 0.95 | 0.95 | 0.74 | 0.96 | 1.86 | 0.46 | 3.71 | 0.77 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 23.70 | 21.60 | 21.60 | 5.80 | 0.10 | 0.70 | 0.20 | 2.50 | 0.70 |
| Porcentaje de salinidad: | | | | | | | | | | |
| 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

Nota: Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano. Muestra sector barrio Bellavista.

Tabla 10

Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia FIQ UNA distrito de Puno, provincia de Puno

| | Uni. de med. | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | liquido |
| Color | | incolor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| Olor | | inodor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| pH | | 6.59 | 7.02 | 7.02 | 7.00 | 6.09 | 7.94 | 7.83 | 6.90 | 6.85 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | µS/cm | 35.40 | 16.43 | 16.43 | 12.76 | 0.30 | 0.75 | 0.08 | 7.15 | 6.78 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 28.80 | 3.96 | 3.96 | 7.28 | 8.88 | 4.64 | 9.20 | 22.48 | 20.64 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 23.00 | 21.00 | 21.00 | 14.16 | 32.60 | 27.40 | 27.30 | 60.00 | 61.60 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 49.98 | 3.99 | 3.99 | 31.99 | 139.96 | 79.97 | 79.97 | 63.98 | 59.98 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 0.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 1.20 | 3.20 | 2.40 | 10.00 | 3.20 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 6.29 | 0.91 | 0.91 | 1.86 | 1.07 | 1.20 | 2.40 | 6.78 | 5.76 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 3.18 | 0.41 | 0.41 | 0.64 | 1.50 | 0.40 | 0.78 | 1.34 | 1.52 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 17.70 | 8.00 | 8.00 | 6.40 | 0.20 | 0.40 | 0.00 | 3.60 | 3.40 |
| Porcentaje de salinidad: | | | | | | | | | | |
| 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turb+B8:L26idez | NTU | 5.00 | 5.00 | 3.00 | 3.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

Nota: Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano. Muestra FIQ UNAP.

Tabla 11

Análisis físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio LLavini distrito de Puno, provincia de Puno

| | Uni. de med. | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | liquido |
| Color | | incolor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| Olor | | inodor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| pH | | 6.85 | 6.90 | 6.90 | 7.30 | 6.45 | 7.30 | 7.64 | 7.21 | 6.87 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | μS/cm | 24.10 | 49.10 | 49.10 | 11.41 | 0.31 | 55.50 | 0.06 | 3.30 | 8.66 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 14.76 | 7.52 | 7.52 | 13.20 | 8.00 | 28.56 | 3.92 | 20.40 | 30.08 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 34.60 | 22.06 | 22.06 | 12.92 | 21.00 | 46.70 | 17.90 | 29.20 | 42.60 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 4.99 | 0.99 | 0.99 | 49.98 | 91.97 | 83.97 | 59.98 | 65.98 | 47.99 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 0.00 | 10.80 | 10.80 | 0.00 | 0.00 | 18.40 | 1.60 | 5.20 | 20.00 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 4.13 | 1.98 | 1.98 | 2.06 | 0.99 | 6.08 | 1.06 | 1.23 | 7.31 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 1.08 | 0.62 | 0.62 | 1.95 | 1.34 | 3.25 | 0.31 | 4.21 | 2.56 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 12.10 | 24.40 | 24.40 | 5.70 | 0.20 | 27.90 | 0.00 | 1.70 | 4.30 |
| Porcentaje de salinidad: | | | | | | | | | | |
| 0.00% | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turb+B8:L26idez | NTU | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

Nota: Los parámetros físicos y químicos analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano. Muestra barrio Llavini.

Tabla 12

Análisis Físico Químico de aguas de lluvia Puno - Procedencia Barrio Chanu Chanu, distrito de Puno, provincia de Puno

| | Uni. de med. | Set | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May |
|--|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | | | | | |
| Aspecto | | liquido |
| Color | | incolor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| Olor | | inodor |
| | | o | o | o | o | o | o | o | o | o |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| pH | | 7.00 | 7.22 | 7.22 | 7.06 | 6.37 | 7.32 | 6.24 | 7.16 | 7.38 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | µS/cm | 44.10 | 13.47 | 13.47 | 7.57 | 1.43 | 0.24 | 0.10 | 3.54 | 2.45 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 5.20 | 7.36 | 7.36 | 2.76 | 8.56 | 8.24 | 3.88 | 6.40 | 11.12 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 4.52 | 22.60 | 22.60 | 7.68 | 31.80 | 86.40 | 17.00 | 23.40 | 39.50 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 15.99 | 19.99 | 19.99 | 23.99 | 99.97 | 53.98 | 69.98 | 51.98 | 99.97 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 0.00 | 0.40 | 0.40 | 0.00 | 1.20 | 0.00 | 2.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 0.91 | 19.99 | 19.99 | 0.95 | 0.98 | 2.29 | 0.94 | 1.05 | 1.55 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.71 | 0.58 | 0.58 | 0.10 | 1.49 | 0.61 | 0.37 | 0.97 | 1.76 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 22.10 | 6.50 | 6.50 | 3.98 | 0.70 | 0.10 | 0.10 | 1.80 | 1.20 |
| Porcentaje de salinidad: | % | | | | | | | | | |
| 0.00% | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5.00 | 5.00 | 4.00 | 4.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 |

Nota: Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Tabla 13

Cuadro Resumen de resultados por punto de muestreo

| | Uni de med | Jaylluaiya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|------------|------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6.77 | 6.92 | 7.03 | 7.05 | 7.00 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: | µS/cm | 7.31 | 9.01 | 10.68 | 22.39 | 9.60 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 7.33 | 13.37 | 12.20 | 14.88 | 6.76 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 25.02 | 28.03 | 32.01 | 27.67 | 28.39 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 51.87 | 48.98 | 57.09 | 45.20 | 50.65 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 0.89 | 16.24 | 2.67 | 7.42 | 0.44 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 1.22 | 2.70 | 3.02 | 2.98 | 5.41 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 1.12 | 1.33 | 1.13 | 1.77 | 0.80 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 3.53 | 8.54 | 5.30 | 11.19 | 4.78 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 4.56 | 4.78 | 4.56 | 4.78 | 4.78 |

Nota: Tabla elaborada en base a las tablas 7, 8, 9,10 y 11.

4.1.1.1. Resultados de laboratorio según temporada del año

La temporada del año también puede evidenciar un nivel de influencia sobre los resultados encontrados en las muestras de las distintas zonas de la ciudad de Puno, en ese sentido se muestra la siguiente tabla.

Tabla 14

Parámetros físico químicos para los meses lluviosos en la ciudad de Puno

| ZONA | Estad. Descr. | Físico | | | | | Químicas | | | | | | | Turbi dez |
|--------------------------|---------------|--------|--------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|--|---|------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------|
| | | pH | Temper atura | Conducti vidad Eléctrica | Dureza total como CaCO ₃ | Alcalinid ad como CaCO ₃ | Cloruro s Cl ⁻ | Sulfat os como SO ₄ ²⁻ | Nítrat os como NO ₃ ⁻ | Calcio como Ca ²⁺ | Magnes io como Mg ²⁺ | Solidos totales Disuelto s | Porcentaj e de salinidad | |
| Barrio Bellavista | Media | 6,86 | 15,00 | 3,35 | 8,32 | 30,64 | 69,73 | 2,41 | 0 | 0,92 | 1,01 | 1,70 | 0 | 4,75 |
| | Var | 0,157 | 0 | 29,467 | 42,130 | 255,154 | 1,396,88 | 0,747 | 0 | 0,668 | 0,367 | 7,540 | 0 | 0,25 |
| Urb. chanu chanu | Media | 6,75 | 15,00 | 2,3350 | 5,8600 | 35,7200 | 61,9800 | 0,8 | 0 | 1,2900 | 0,6425 | 1,2200 | 0 | 4,750 |
| | Var | 0,275 | 0 | 12,536 | 8,828 | 1,240,170 | 1,004,82 | 0,96 | 0 | 0,445 | 0,363 | 3,466 | 0 | 0,25 |
| Pabellón FIQ | Media | 7,2150 | 15,00 | 3,4725 | 7,5000 | 25,3650 | 82,9725 | 1,7000 | 0 | 1,6325 | 0,83 | 1,7500 | 0 | 4,500 |
| | Var | 0,739 | 0 | 38,414 | 4,341 | 61,928 | 1,95494 | 1,960 | 0 | 0,381 | 0,224 | 9,637 | 0 | 1,000 |
| Barrio Llavini | Media | 7,1725 | 15,00 | 16,8200 | 13,4200 | 24,6300 | 71,4750 | 5,000 | 0 | 2,5475 | 1,7125 | 8,4500 | 0 | 4,750 |
| | Var | 0,258 | 0 | 692,963 | 116,298 | 227,560 | 390,113 | 8,0373 | 0 | 5,785 | 1,509 | 175,110 | 0 | 0,25 |
| C.P. Jayllihuaya | Media | 6,5200 | 15,00 | 4,1950 | 5,4300 | 23,3000 | 66,2275 | 0,8 | 0 | 1,2575 | 0,555 | 2,0750 | 0 | 4,500 |
| | Var | 0,209 | 0 | 58,927 | 0,389 | 94,207 | 1,358,21 | 1,280 | 0 | 0,66 | 0,151 | 14,596 | 0 | 1,000 |
| Total | Media | 6,9030 | 15,00 | 6,0345 | 8,1060 | 27,9310 | 70,4765 | 2,1410 | 0 | 1,5285 | 0,949 | 3,0390 | 0 | 4,650 |
| | Var | 0,331 | 0 | 162,400 | 35,757 | 319,200 | 1,016,14 | 16,005 | 0 | 1,581 | 0,591 | 40,996 | 0 | 0,45 |

Nota: cuadro resumen de parámetros físicos y químicos durante meses lluviosos.

De igual forma se presentan los resultados obtenidos en los meses no lluviosos.

Tabla 15

Parámetros físico químicos para los meses no lluviosos en la ciudad de Puno

| ZONA | Estad. Descr. | Físico | | | | | Químicas | | | | | | | |
|--------------------------|---------------|-------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|--|------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------|---------------|
| | | Temperatura | pH | Conductividad Eléctrica | Dureza total como CaCO ₃ | Alcalinidad como CaCO ₃ | Cloruros como Cl ⁻ | Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | Nitratos como NO ₃ ⁻ | Calcio como Ca ²⁺ | Magnesio como Mg ²⁺ | Sólidos totales Disueltos | % de salinidad | Turbidez |
| Barrio Bellavista | Media Var | 15,00 0 | 6,9720 0,13 | 13,5460 372,805 | 17,408 146,35 | 25,9480 48,734 | 32,388 510,63 | 27,3000 1650,990 | 0 0 | 4,126 19,62 | 1,5940 1,496 | 14,0200 129,687 | 0 0 | 4,80 0,2 |
| Urb. chanu chanu | Media Var | 15,00 0 | 7,196 0,019 | 15,4060 284,875 | 7,4880 4,911 | 22,5240 153,277 | 41,584 1,276,1 | 0,16 0,048 | 0 0 | 8,698 106,31 | 0,92 0,246 | 7,6200 71,817 | 0 0 | 4,80 0,2 |
| Pabellón FIQ | Media Var | 15,00 0 | 6,8760 0,031 | 16,4380 134,775 | 15,968 129,32 | 37,3200 460,412 | 36,384 900,47 | 3,4400 14,768 | 0 0 | 4,130 8,770 | 1,3720 1,286 | 8,1400 33,628 | 0 0 | 4,60 0,8 |
| Barrio Llavini | Media Var | 15,00 0 | 6,946 0,022 | 26,8520 470,792 | 16,056 90,737 | 30,1040 76,648 | 24,188 939,49 | 9,3600 55,568 | 0 0 | 3,326 6,134 | 1,8180 2,422 | 13,3800 115,847 | 0 0 | 4,80 0,2 |
| C.P. Jayllihuaya | Media Var | 15,00 0 | 6,970 0,041 | 9,8060 59,276 | 8,8560 53,356 | 26,3960 74,171 | 40,384 84,630 | 0,96 1,728 | 0 0 | 1,194 0,576 | 1,5660 1,819 | 4,7000 16,910 | 0 0 | 4,60 0,8 |
| Total | Media Var | 15,00 0 | 6,992 0,053 | 16,4096 254,141 | 13,1552 88,490 | 28,4584 162,001 | 34,9856 786,75 | 8,2440 392,572 | 0 0 | 4,294 29,81 | 1,4540 1,307 | 9,5720 74,624 | 0 0 | 4,72 0,377 |

Nota. De acuerdo a la tabla 13 y 14 en donde se determinaron parámetros tanto para meses lluviosos como para meses no lluviosos, de los cuales en cuanto a pH se obtuvo resultados 7,21 mg/L y 7,17 mg/L en Chanu Chanu y la Facultad de Ingeniería química respectivamente, los cuales son ligeramente básicos pero que de todas maneras se encuentra dentro de los parámetros establecidos.

En cuanto a conductividad eléctrica en meses lluviosos se obtuvo resultados menores a diferencia de los meses lluviosos por lo que podemos inferir que en los meses no lluviosos el agua de lluvia arrastra más iones atmosféricos que en los meses lluviosos, es decir que en los meses no lluviosos hay más acumulación de gases o iones atmosféricos. Por otro lado, respecto a los sulfatos como SO_4^{2-} en el punto de muestreo de Bellavista en la tabla de meses no lluviosos se obtuvo una media de 27,30 mg/L a diferencia del cuadro de meses lluviosos los cuales poseen valores menores a 5 mg/L, esto probablemente a alta acumulación de gases productos de la combustión del parque automotor ya que es una zona céntrica.

4.1.2. Resultados de características organolépticas del agua de lluvia en la ciudad de Puno

Tabla 16

Tabla resumen de los análisis de los 9 meses.

| Uni de med | Jayllihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|-------------|------------|-----------|---------|-------------|
| CARACTERISTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | |
| Aspecto | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | inoloro | inoloro | inoloro | inoloro | inoloro |
| Olor | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |

Nota. Se obtuvo datos de los 9 meses de enero a diciembre, sin existir una variación entre ellas, el resultado del laboratorio de las características fueron constantes, cabe mencionar que para el aspecto y olor fueron análisis cualitativos por lo que si comparamos con el DS N° 031-2010-SA son aceptables para aprovechamiento y uso doméstico, Sin embargo en cuanto al color, en investigaciones tales como análisis de agua de lluvia en Tolima, Colombia se obtuvieron datos numéricos en UTP Pt/Co con valores por debajo de la norma de dicho país que es 15 UPC. Por lo tanto, podemos afirmar que se encuentra dentro de lo apto para el consumo humano según DS 004-2017 MINAM.

De acuerdo a lo planteado en el capítulo de metodología, se realizó lo siguiente:

4.1.2.1. Prueba de normalidad

El análisis de normalidad fue de utilidad para evaluar el comportamiento de los

datos correspondientes a las distintas variables, buscando que estas se distribuyan alrededor de una media cero y una varianza constante, debido a que ello ayudó a identificar el tipo de prueba estadística entre medias a utilizar, ya sea paramétricas o no paramétricas, en ese sentido se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 17

Pruebas de Normalidad

| Características | Unidad de Medida | Kolmogorov-Smirnov | | Shapiro-Wilk | |
|---|------------------|--------------------|-------|--------------|-------|
| | | Estadístico | Sig. | Estadístico | Sig. |
| Organolépticas | | | | | |
| Aspecto | | | | | |
| Color | | | | | |
| olor | | | | | |
| Físico | | | | | |
| pH | | 0.113 | 0.188 | 0.973 | 0.380 |
| Temperatura | °C | | | | |
| Conductividad Eléctrica | uS/cm | 0.226 | 0.000 | 0.741 | 0.000 |
| Químicas | | | | | |
| Dureza total como CaCO ₃ | mg/L | 0.248 | 0.000 | 0.807 | 0.000 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 0.137 | 0.034 | 0.876 | 0.000 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 0.125 | 0.074 | 0.950 | 0.052 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 0.358 | 0.000 | 0.356 | 0.000 |
| Nitratos como NO ₃ ⁻ | mg/L | | | | |
| Calcio como Ca ²⁺ | mg/L | 0.315 | 0.000 | 0.581 | 0.000 |
| Magnesio como Mg ²⁺ | mg/L | 0.215 | 0.000 | 0.805 | 0.000 |
| Sólidos totales Disueltos | mg/L | 0.236 | 0.000 | 0.766 | 0.000 |
| Porcentaje de salinidad | % | | | | |
| Turbidez | NTU | 0.466 | 0.000 | 0.536 | 0.000 |

Nota: Pruebas de Normalidad

De acuerdo a las pruebas de normalidad y la hipótesis nula de normalidad, se tomó como criterio la prueba de Kolmogorov Smirnov debido a que la cantidad de observaciones fue mayor a 50 (9 muestras por cada uno de los puntos de muestreo) y se extrajo la conclusión de que la mayoría de los parámetros analizados no cuentan con una distribución normal, debido a que el p valor es inferior al 5% de nivel de significancia

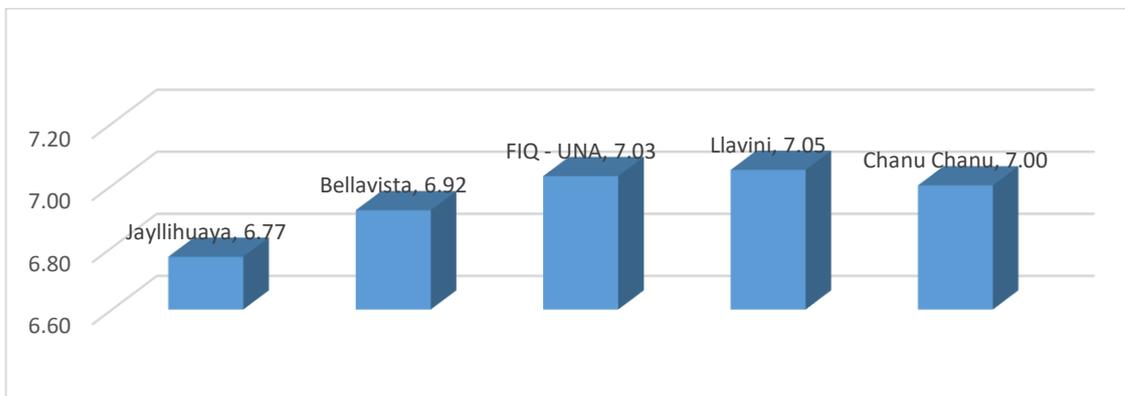
aceptando la no normalidad, a excepción de las variables temperatura, Nitratos como NO_3^- y porcentaje de salinidad que fueron omitidas por tener valores constantes, en cuanto a los parámetros pH y cloruros como Cl^- se acepta la hipótesis nula de normalidad.

4.1.3. Resultados de características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno

4.1.3.1. Parámetro físico - Potencial de Hidrógeno

Figura 5

Análisis del Potencial Hidrogeno pH



Nota: Se puede apreciar la que el pH está dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1 (6.5 – 8.5), A2 (5.5 – 9.0) y A3 (5.5 – 9.0), a diferencia de la investigación realizada en Tolima, Colombia en el cual se obtuvo un pH ligeramente ácida, esto debido principalmente a la quema de combustibles fósiles de las diferentes industrias. Así mismo en el análisis de pH de la lluvia de Cunduacán, Tabasco se determinó un pH de rango (3,56 – 5,98) lo cual muestra un grado de acidez visualizando los efectos generado por la contaminación atmosférica.

El análisis de normalidad determinó que el parámetro potencial de Hidrógeno cuenta con una distribución normal en ese sentido, se utilizó la prueba ANOVA para identificar la diferencia entre los valores promedios de las 5 distintas zonas y a su vez con los Estándares de Calidad Ambiental del MINAM.

Tabla 18*ANOVA parámetro pH*

| ANOVA | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------------|------|------------------|-------|---------|
| Parámetro | Grupos | Suma de cuadrados | g.l. | Media cuadrática | F | P valor |
| Temperatura | Inter grupos | 0.472 | 5 | 0.094 | 0.631 | 0.677 |
| | Intra grupos | 7.719 | 48 | 0.150 | | |
| | Total | 7.651 | 53 | | | |

Nota: De acuerdo a la tabla recientemente mostrada, se encontró que los valores promedios registrados por el potencial de Hidrógeno perteneciente a las muestras recopiladas durante los periodos de Setiembre a Mayo no son diferentes estadísticamente, debido a que el p valor calculado es mayor al 5% de nivel de significancia asumido, bajo esa premisa no existe evidencia estadística de que el pH promedio en las 5 zonas muestrales y el establecido por el ECA sean diferentes, en conclusión de acuerdo al parámetro pH el agua de lluvia si es apta para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno.

4.1.3.2. Parámetro físico - Temperatura

El análisis correspondiente a la normalidad encontró que el parámetro temperatura del agua posee un valor constante, en ese sentido la estimación de normalidad la excluyó, por lo que se optó por el aplicar la ANOVA en busca de identificar la diferencia entre los valores promedios de las 5 distintas zonas y a su vez con los Estándares de Calidad Ambiental del MINAM.

Tabla 19

ANOVA - parámetro Temperatura

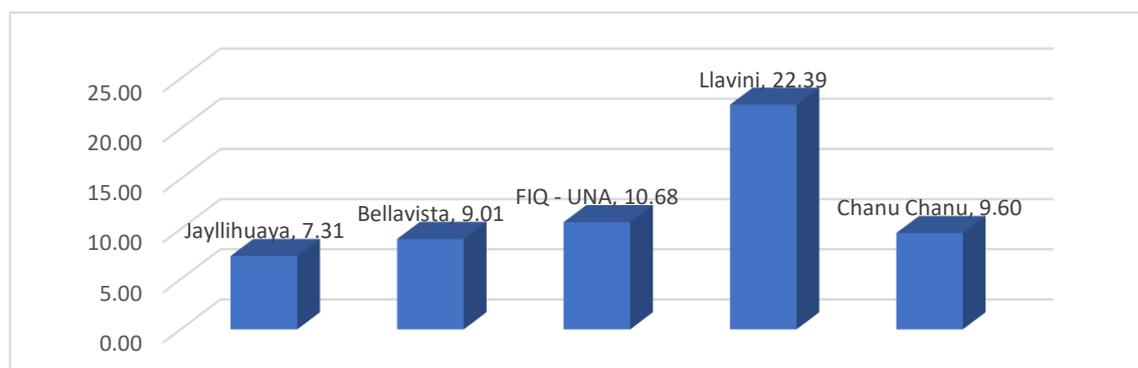
| ANOVA | | | | | | |
|-------------|--------------|-------------------|-----------|------------------|---|---------|
| Parámetro | Grupos | Suma de cuadrados | g.l. | Media cuadrática | F | P valor |
| Temperatura | Inter grupos | 0.000 | 5 | 0.000 | - | - |
| | Intra grupos | 0.000 | 48 | 0.000 | - | - |
| | Total | 0.000 | 53 | | | |

Nota: De acuerdo a la tabla, se evidenció que los valores promedios registrados de la temperatura del agua referentes a las muestras tomadas desde enero a diciembre son significativamente semejantes, debido a que el p valor calculado se mostró como nulo, dado que para las 5 zonas es el mismo valor de 15 grados centígrados, es decir, una constante, en conclusión, de acuerdo al parámetro temperatura el agua de lluvia si es apta para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno.

4.1.3.3. Parámetro físico - Conductividad Eléctrica

Figura 6

Análisis de la Conductividad Eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$



Nota: Se puede apreciar la que la conductividad eléctrica está dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1(1500), A2 (1600) y A3 (**).

Tabla 20

Test de Kruskal Wallis - parámetro conductividad eléctrica

| Test Kruskal - Wallis | | | |
|-------------------------|--------------|------|---------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Conductividad Eléctrica | 4.156 | 5 | 0.527 |

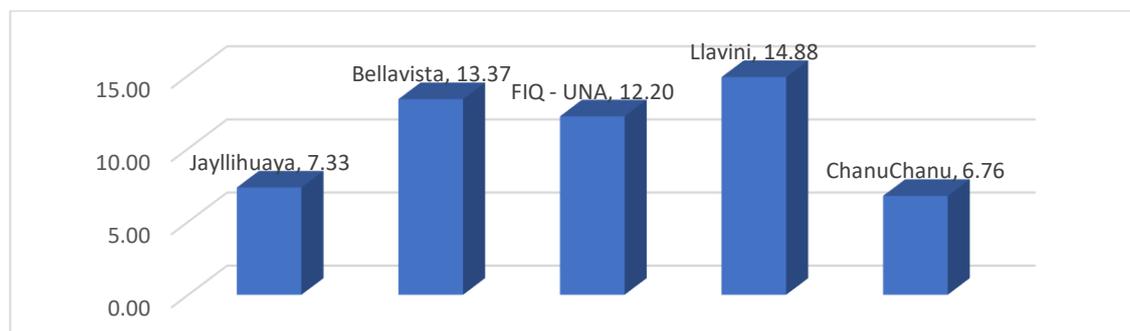
Nota: De acuerdo a la tabla recientemente mostrada, se evidencio que el p valor de estadístico es superior a 0.05 que fue elegido como nivel de significancia, en ese sentido se aceptó la hipótesis nula y rechazo la hipótesis alterna, es decir que la conductividad eléctrica promedio de las muestras de agua de las 5 zonas de muestreo y los ECA son estadísticamente iguales o equivalentes, de tal forma que en el parámetro conductividad eléctrica el agua de lluvia de la ciudad de Puno se sitúa entre los limites estipulados por el MINAM, en conclusión de acuerdo al parámetro conductividad eléctrica el agua de lluvia si es apta para su aprovechamiento y uso doméstico en la ciudad de Puno.

4.1.4. Resultados de características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno

4.1.4.1. Parámetro químico - Dureza total como CaCO_3

Figura 7

Análisis de Dureza Total CaCO_3 mg/L



Nota: Observamos que la dureza total CaCO_3 se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1 (500), A2 (***) y A3 (**). Así mismo en la investigación de agua de lluvia en Tolima, Colombia se evidenció un resultado por debajo de 1mg/L, lo cual nos permite afirmar que es una agua blanda.

El análisis de normalidad dejo en evidencia que los datos correspondientes a la

dureza como CaCO_3 no poseen una distribución normal, en ese sentido para el análisis de las medias recopiladas en distintas zonas de Puno y los ECA correspondientes al MINAM, fue necesario apoyarse en el estadístico Kruskal Wallis como se evidencia a continuación.

Tabla 21

Test de Kruskal Wallis - parámetro dureza como CaCO_3

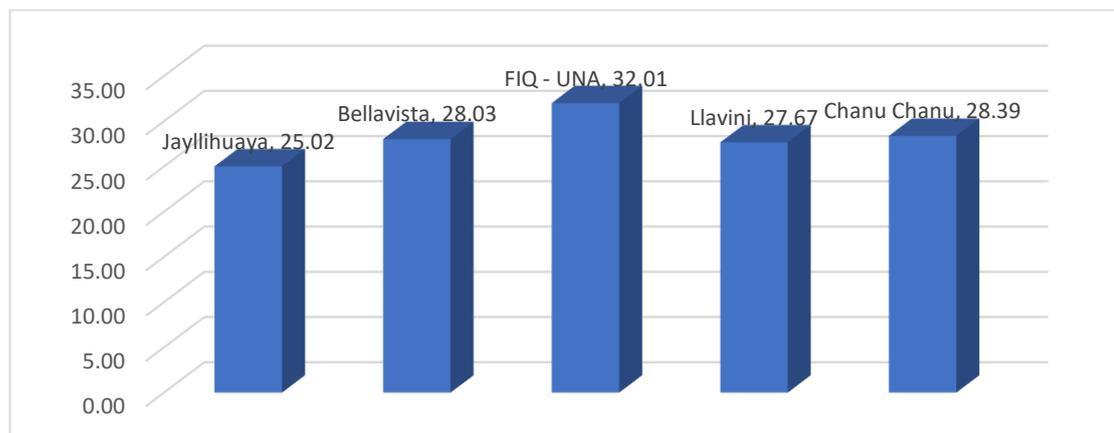
| Test Kruskal - Wallis | | | |
|---|--------------|------|---------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Dureza como CaCO_3 | 26.623 | 5 | 0.000 |

Nota: De acuerdo a la tabla recientemente evidenciada, se acepta la hipótesis alterna y rechaza la nula, debido a que el p valor del estadístico estimado fue menor a 0.005 elegido como nivel de significancia, bajo esa perspectiva los valores promedios de dureza como CaCO_3 registrados en los diferentes meses para cada una de las 5 zonas y a la vez los ECA del MINAM son estadísticamente diferentes.

4.1.4.2. Parámetro químico - Alcalinidad como CaCO_3

Figura 8

Alcalinidad CaCO_3 mg/L



Nota: Observamos que el análisis de alcalinidad CaCO_3 se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual se puede inferir que para alcalinidad como CaCO_3 el LMP es de 500 mg/L. Sin embargo, en la investigación de análisis de agua de lluvia en Tolima, Colombia considera 200 mg/L como LMP, pero de todas maneras los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango.

Al evaluar los datos propios del parámetro alcalinidad como CaCO_3 , obtenidos mediante análisis de laboratorio de las muestras recopiladas en distintas zonas de la ciudad de Puno y a la vez los ECA del MINAM, se concluyó que estos no cuentan con una distribución normal, es sentido se llevó a cabo el análisis Kruskal Wallis obteniendo lo siguiente.

Tabla 22

Test de Kruskal Wallis – parámetro Alcalinidad como CaCO_3

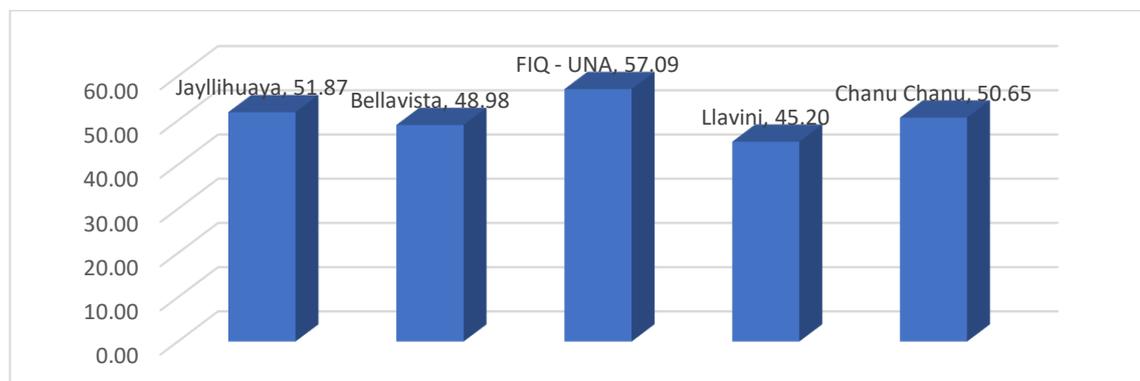
| Test Kruskal - Wallis | | | |
|--|---------------------|-------------|----------------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Alcalinidad como CaCO_3 | 22.516 | 5 | 0.000 |

Nota: De acuerdo a los resultados evidenciados en la tabla, es posible aceptar la hipótesis alterna con un 5% de nivel de significancia que los valores promedios de alcalinidad como CaCO_3 recopilados mediante muestras en distintos puntos de la ciudad de Puno presentan diferencias significativas entre sí, es decir que las muestras de agua de lluvia recopiladas en la ciudad de Puno no son estadísticamente semejantes entre si incluyendo el ECA.

4.1.4.3. Parámetro químico - Cloruros como Cl^-

Figura 9

Análisis de Cloruros Cl^- mg/L



Nota: Observamos que el análisis de cloruros Cl^- se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1(250), A2 (250) y A3 (250).

El parámetro denominado cloruros como Cl^- , al ser analizado por el test de normalidad evidencio que sus datos se distribuyen como una normal, en ese sentido para realizar el análisis comparativo de los promedios propios de los distintos puntos muestrales de recopilación de agua de lluvia se recurrió al ANOVA, de la siguiente forma.

Tabla 23

ANOVA- parámetro cloruros como Cl^-

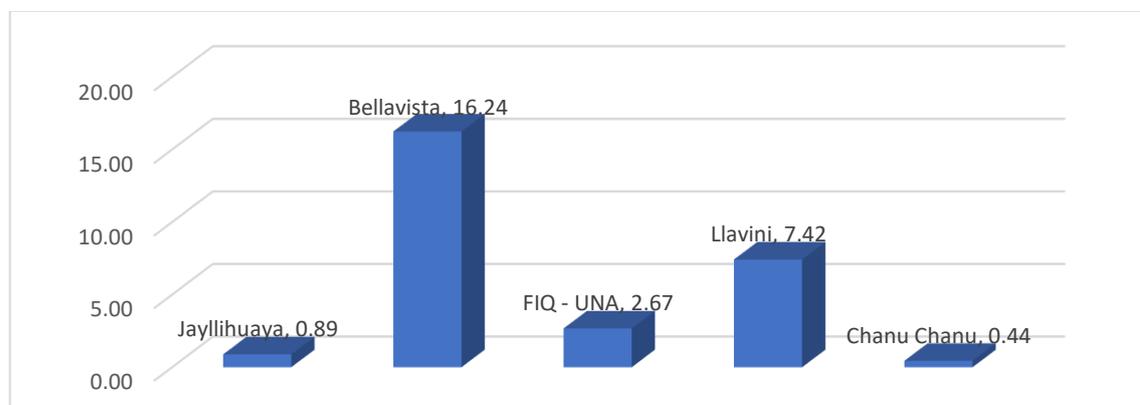
| ANOVA | | | | | | |
|----------------------|--------------|-------------------|------|------------------|--------|---------|
| Parámetro | Grupos | Suma de cuadrados | g.l. | Media cuadrática | F | P valor |
| Cloruros como Cl^- | Inter grupos | 298404.331 | 5 | 59680.866 | 55.618 | 0.000 |
| | Intra grupos | 51506.486 | 48 | 1073.052 | | |
| | Total | 349910.817 | 53 | | | |

Nota: Siguiendo los resultados estimados por el análisis ANOVA, correspondientes al parámetro cloruros como Cl^- de las muestras de agua de lluvia, fue posible afirmar a un 0.05 de nivel significancia que estadísticamente existen diferencias entre los valores promedios de cloruros como Cl^- provenientes del agua de lluvia de distintas zonas de Puno y también del ECA.

4.1.4.4. Parámetro químico - Sulfatos como SO_4^{2-}

Figura 10

Análisis de Sulfatos SO_4^{2-} mg/L



Nota: Se puede observar que el análisis de sulfatos se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1(250), A2 (500) y A3 (**). Así mismo se observó una variación considerable en el punto de Bellavista, esto probablemente porque es una zona céntrica en la cual se concentran emisiones automotoras.

Al evaluar la normalidad de los datos concernientes a los sulfatos como SO_4^{2-} , se encontró que estos no se distribuyen como tal, en ese sentido se optó por el estadístico mostrado a continuación:

Tabla 24

Test de Kruskal Wallis - parámetro Sulfatos como SO_4^{2-}

| Test Kruskal - Wallis | | | |
|---|---------------------|-------------|----------------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Sulfatos como SO_4^{2-} | 31.633 | 5 | 0.000 |

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo estimado y presentado en la tabla, se logró establecer la afirmación de que existen diferencias significativas entre los valores promedios de sulfatos como SO_4^{2-} de las muestras analizadas pertenecientes a distintos puntos de la ciudad de Puno, en ese sentido, se afirma que existen diferencias estadísticas entre las muestras de agua de lluvia de distintos puntos de la ciudad de Puno y a la vez con el ECA que estableció el MINAM.

4.1.4.5. Parámetro químico - Nitratos como NO_3^-

Debido a que los valores recopilados para nitratos como NO_3^- en las distintas zonas de la ciudad de Puno tomaron valores de cero y los ECA para el parámetro en cuestión son distintos a cero, el análisis ANOVA mostró los siguientes resultados, donde el p valor fue nulo sin poder establecer una conclusión clara.

Tabla 25

ANOVA - parámetro Nitratos como NO_3^-

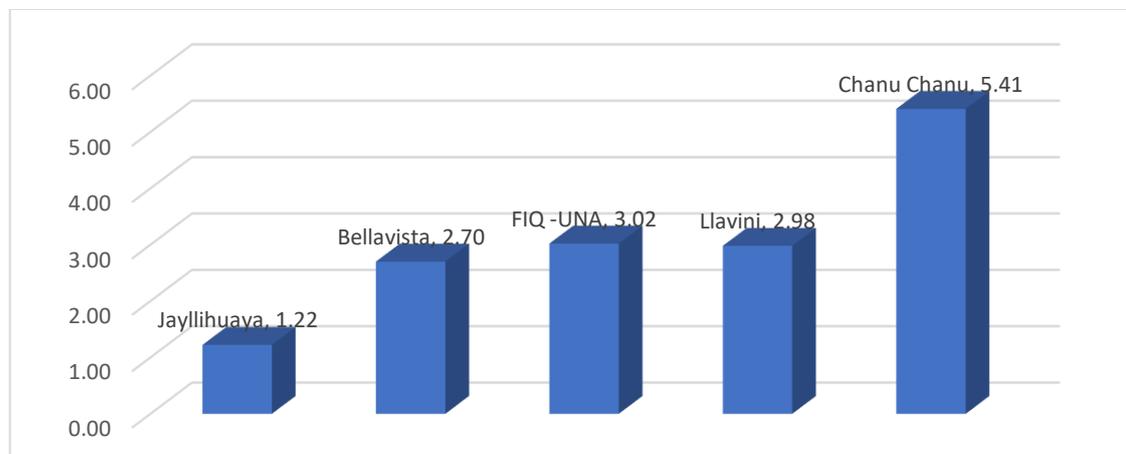
| ANOVA | | | | | | |
|------------------------|--------------|-------------------|------|------------------|---|---------|
| Parámetro | Grupos | Suma de cuadrados | g.l. | Media cuadrática | F | P valor |
| Nitratos como NO_3^- | Inter grupos | 0.000 | 5 | 0.000 | - | - |
| | Intra grupos | 0.000 | 48 | 0.000 | - | - |
| | Total | 0.000 | 53 | | | |

Nota: Elaboración propia

4.1.4.6. Parámetro químico - Calcio como Ca^{2+}

Figura 11

Análisis de Calcio, Ca^{2+} , mg/L



Nota: Observamos que el análisis de Calcio Ca^{2+} , no se ha establecido los parámetros en el DS 004-2017 MINAM ya que establece que el calcio no tiene un límite máximo permitido específico, ya que es considerado un componente natural del agua y no se le atribuyen efectos adversos a niveles típicos encontrados en fuentes de agua potable.

Los datos concernientes a Calcio como Ca^{2+} evidenciaron no contar con una distribución ajustada en lo que enmarca una distribución normal, bajo esa premisa se optó por desarrollar el análisis de valores promedios mediante el test mostrado a continuación:

Tabla 26

Test de Kruskal Wallis - parámetro Calcio como Ca^{2+}

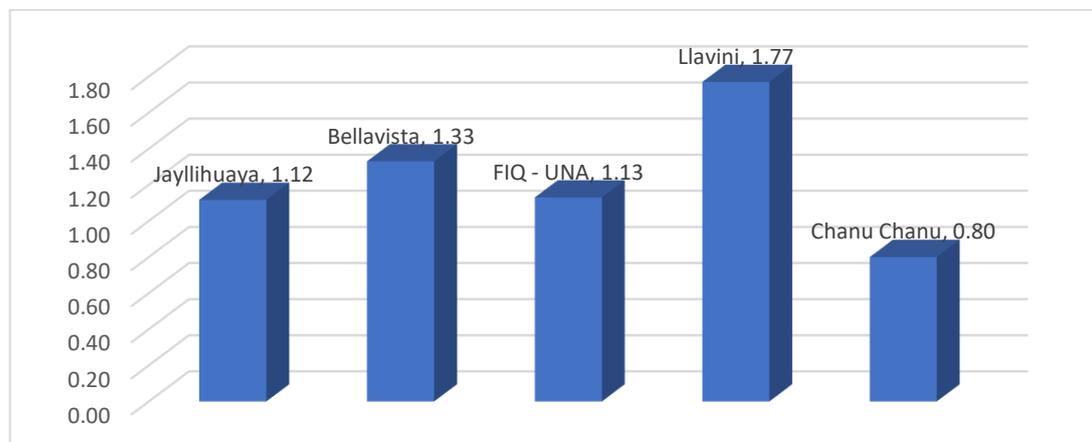
| Test Kruskal - Wallis | | | |
|-----------------------|--------------|------|---------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Calcio como Ca^{2+} | 24.227 | 5 | 0.000 |

Nota: En el mismo sentido de los resultados estimados por el test Kruskal Wallis evidenciados en la tabla recientemente mostrada, donde fue posible hacer la afirmación de que estadísticamente si existen diferencias entre los valores promedios registrados del agua de lluvia provenientes de 5 zonas distintas de la ciudad de Puno y adicionalmente los correspondientes al MINAM por su ECA en el parámetro Calcio como Ca^{2+} .

4.1.4.7. Parámetro químico - Magnesio como Mg^{2+}

Figura 12

Análisis de Magnesio Mg^{2+} , mg/L



Nota: Observamos que el análisis de Magnesio, no se ha establecido los parámetros en el DS 004-2017 MINAM ya que tampoco se considera un componente que, a niveles normales, represente riesgos para la salud.

Luego de haber llevado a cabo el análisis de normalidad para los datos concernientes al parámetro Magnesio como Mg, se concluyó que el test óptimo sea el de Kruskal Wallis, como se detalló a continuación:

Tabla 27

Test de Kruskal Wallis - parámetro Magnesio como Mg^{2+}

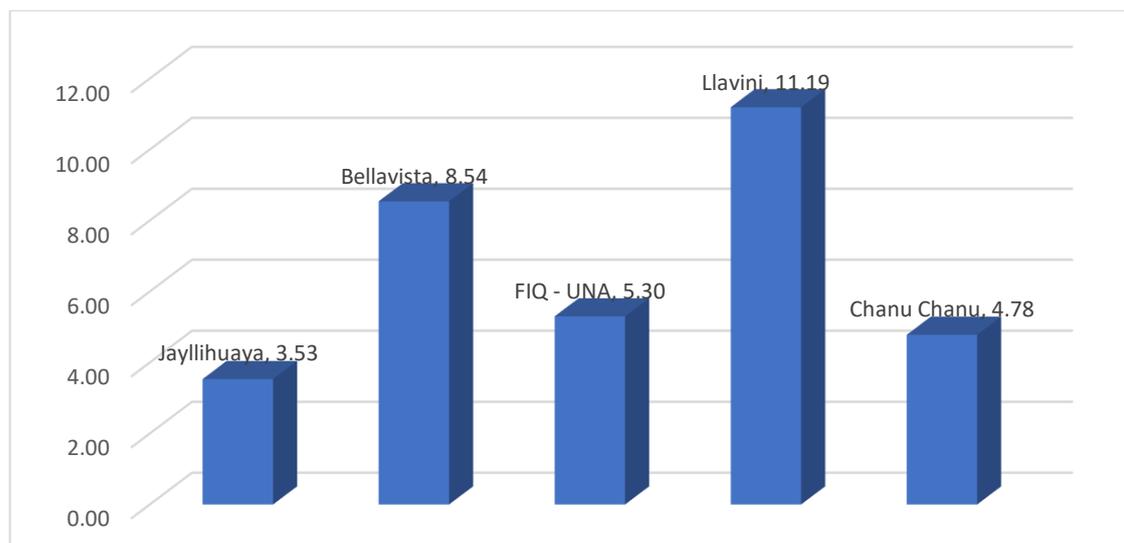
| Test Kruskal - Wallis | | | |
|-----------------------|--------------|------|---------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Magnesio como Mg | 17.840 | 5 | 0.003 |

Nota: De acuerdo al test Kruskal Wallis, se observó el p valor estimado, donde a un 5% de nivel de significancia, se aceptó la hipótesis alterna y rechazó la nula, es decir, que, si existieron diferencias significativas entre los valores promedios del parámetro en análisis tomados a partir del agua de lluvia de las distintas zonas de la región de Puno, además del ECA.

4.1.4.8. Parámetro químico - Sólidos totales disueltos

Figura 13

Análisis de solidos totales disueltos mg/L



Nota: Observamos que el análisis de solidos totales Disueltos se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1(1000), A2 (1000) y A3 (1500).

En cuanto al análisis de la distribución propia del parámetro sólidos totales, se determinó que esta no es una normal, bajo ese contexto se optó por el siguiente análisis, denominado test de Kruskal Wallis, cuyos resultados se muestran como sigue.

Tabla 28*Test de Kruskal Wallis - parámetro Sólidos totales disueltos*

| Test Kruskal - Wallis | | | |
|----------------------------------|---------------------|-------------|----------------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Sólidos totales disueltos | 23.988 | 5 | 0.000 |

Nota: A partir del test Kruskal Wallis, fue posible afirmar que a un 5% de nivel de significancia, existen diferencias significativas entre los valores promedios registrados en los distintos meses de recopilación de las muestras en las 5 zonas de análisis pertenecientes a la ciudad de Puno y a los estándares correspondientes al MINAM para el agua de lluvia.

4.1.4.9. Parámetro químico - Porcentaje de salinidad

Justificado principalmente en que los valores propios del análisis de laboratorio para el porcentaje de salinidad en las distintas zonas de la ciudad de Puno tomaron valores de cero y los ECA para el parámetro en cuestión fueron inexistentes, el análisis ANOVA no permitió establecer una conclusión clara.

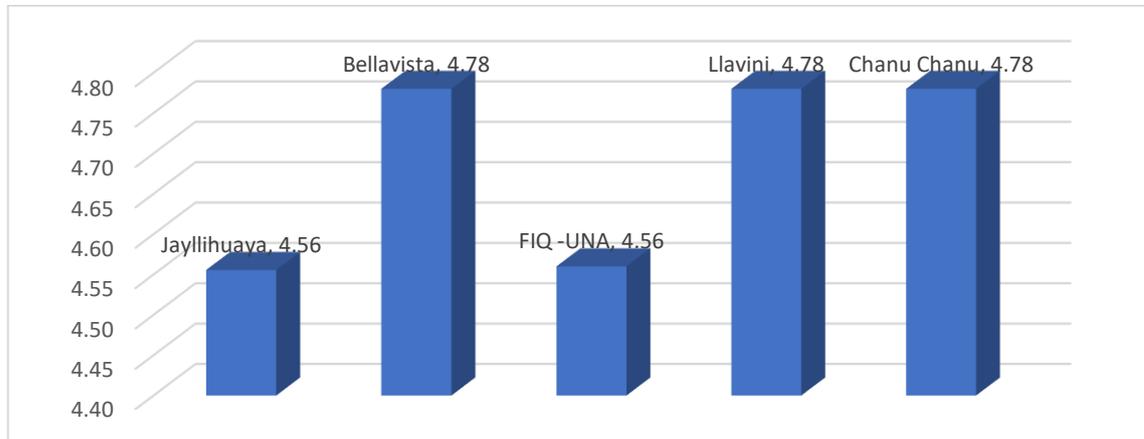
Tabla 29*ANOVA - parámetro Porcentaje de Salinidad*

| ANOVA | | | | | | |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------|-------------------------|----------|----------------|
| Parámetro | Grupos | Suma de cuadrados | g.l. | Media cuadrática | F | P valor |
| Porcentaje de Salinidad | Inter grupos | 0.000 | 5 | 0.000 | - | - |
| | Intra grupos | 0.000 | 48 | 0.000 | - | |
| | Total | 0.000 | 53 | | | |

4.1.4.10. Parámetro químico – Turbidez

Figura 14

Análisis de Turbidez NTU



Nota: Observamos que el análisis de turbidez se encuentra dentro del rango que establecen los parámetros del DS 004-2017 MINAM el cual indica que para la categoría A1(5), A2 (100) y A3 (**). A diferencia de la investigación en Tolima, Colombia en el cual brinda un resultado negativo respecto a Turbidez pero esto debido a que en tal país se considera un LMP de 2 NTU.

Como se puede apreciar el agua de lluvia se encuentra dentro de los parámetros establecidos dentro del Decreto Supremo 004-2017 MINAM, Este último es apto para consumo humano, el último entre A1 y A2 es apto para consumo humano.

Al iniciar con el análisis de porcentaje de turbidez del agua de lluvia recolectada durante meses y en zonas definidas de la ciudad de Puno, se encontró que estos datos obtenidos mediante análisis de laboratorio no presentaron una distribución normal con media cero y varianza constante, bajo esa premisa se optó por el análisis Kruskal Wallis.

Tabla 30*Test de Kruskal Wallis - parámetro Turbidez*

| Test Kruskal - Wallis | | | |
|-----------------------|--------------|------|---------|
| Parámetro | Chi cuadrado | g.l. | P valor |
| Turbidez | 30.690 | 5 | 0.000 |

Nota: De acuerdo a las estimaciones evidenciadas, fue posible afirmar que a un 0.05 nivel de significancia, existen diferencias significativas entre los distintos valores promedios que registró el parámetro porcentaje de turbidez en las 5 zonas de muestreo de la ciudad de Puno y lo estipulado por el MINAM en el ECA correspondiente al parámetro citado.

4.2. DISCUSIÓN

En primer lugar, referente a las características organolépticas, entre las cuales se incluye el aspecto, olor y color propias de las aguas de lluvia, se encontró que en la presente investigación que en las cinco distintas zonas de recopilación de muestra, el agua de lluvia evidenció con claridad un aspecto líquido, un color enmarcado en lo incoloro y un olor que fue inodoro, resultados que van a la par de los hallazgos de Salazar y Pastor (2019), Cherres (2020) y Brousett *et al.* (2018).

Continuando con las características físicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno conforme a los estándares de calidad ambiental, el pH del agua de lluvia de la ciudad de Puno estadísticamente no presente diferencias con lo estipulado por el ECA, ello debido a que registró un p valor de 0.604, superior al 0.05 de nivel de significancia, caso contrario es el que fundamenta Gallegos *et al.* (2021) debido a que encontró diferencias significativas para el agua de lluvia en la provincia de Cunducán a un 0.05 de nivel de significancia; en referencia a la temperatura no se encontraron diferencias entre los valores promedios de las muestras, ello debido a que en todos los meses analizados y para todas las zonas la temperatura fue de 15 grados centígrados, un valor constante, un valor constante, hallazgo que



compatibiliza con los encontrados por Vásquez *et al.* (2012) y Gallegos *et al.* (2021); concerniente al último parámetros físico analizado, es decir la conductividad eléctrica los resultados indican que para la ciudad de Puno, el agua de lluvia estadísticamente no presenta diferencias significativas entre las distintas zonas de muestreo y el ECA del MINAM a un 5% de nivel de significancia, dato que contrasta con lo determinado por Gallegos *et al.* (2021) debido a que en su investigación la conductividad eléctrica para el agua de lluvia si mostró diferencias estadísticas al mismo nivel de significancia para el agua de lluvia en Cunduacán, pero caso contrario es el que encontró Dueñas y García (2015) sin diferencias estadísticas en el parámetro para las precipitaciones de la serranía de Majuy.

Con respecto a las características químicas del agua de lluvia en la ciudad de Puno en consonancia con los estándares de calidad ambiental, los parámetros que evidenciaron diferencias significativas entre sus valores promedios obtenidos mediante análisis de laboratorio de muestras tomadas de distintas zonas de Puno y a la vez comparadas también con los estándares de calidad ambiental son Dureza total como CaCO_3 , alcalinidad como CaCO_3 , calcio como Ca^{2+} cloruros como Cl^- , sulfatos como SO_4^{2-} , Magnesio como Mg, Sólidos totales disueltos y turbidez, ello a un 5% de nivel de significancia, resultados que van en consonancia a los encontrados por Petro (2014) para el agua consumida por los ciudadanos pertenecientes a Turbaco y por Cherres (2020) al evaluar aguas superficiales en la ciudad de Tumbes; agregando a ello Dueñas y García (2015) que mencionan diferencias en las condiciones de acidez en la serranía de Majuy para los parámetros de Sulfatos y Nitratos; en el mismo sentido Gallegos *et al.* (2021) encontró diferencias estadísticamente significativas para sólidos totales disueltos en las aguas lluviosas de Cunduacán; sin embargo las estimaciones de Vásquez *et al.* (2012)



denotan que no hay diferencias significativas en los Parámetros de Magnesio, Calcio y Sulfatos para las aguas de lluvia provenientes de la Reserva Ecológica Monteverde.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Las características organolépticas de las aguas de lluvia recopiladas en 5 zonas distintas de la ciudad de Puno durante los meses de Enero a Diciembre cumplen con los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico, siendo la totalidad de estas de aspecto líquido, color entendido como incoloro y un olor enmarcado en inodoro.

SEGUNDA: Las características físicas de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno recopiladas en 5 zonas distintas y en un rango temporal ubicado entre Enero a Diciembre, se sitúan dentro de lo estipulado por los estándares de calidad ambiental para su aprovechamiento y uso doméstico, ello debido a que en primer lugar se comprobó que la distribución de los datos de pH eran como una normal con media cero y varianza constante que los datos de Temperatura eran constantes y que los datos referentes a conductividad eléctrica no se enmarcaban en lo requerido por una distribución normal; bajo esa premisa se aplicaron pruebas de ANOVA para pH y temperatura, además del test Kruskal Wallis para la conductividad eléctrica, que evidenciaron en su totalidad la no existencia de diferencias estadísticamente significativas a un 5% de nivel de significancia entre los promedios de las zonas de muestreo y los ECAs.

TERCERA: Las características químicas de las aguas de lluvia en la ciudad de Puno van parcialmente de la mano con los estándares de calidad ambiental del MINAM, ello se explica en que luego de haber analizado si los datos contaban o no con una distribución se realizaron las diferencias de medias, donde los parámetros de dureza como CaCO_3 , alcalinidad como CaCO_3 ,



Calcio como Ca^{2+} cloruros como Cl^- , sulfatos como SO_4^{2-} , Magnesio como Mg, Sólidos totales disueltos y turbidez estadísticamente evidenciaron diferencias significativas entre sus medias a un 5% de nivel de significancia, lo que denota que los promedios de las muestras de agua de lluvia recolectadas en distintos puntos de la ciudad de Puno y los ECAs del MINAM difieren entre sí; sin embargo ese panorama fue distinto al analizar los parámetros: finalmente los parámetros nitratos como NO_3^- , porcentaje de salinidad obtuvieron valores de cero en análisis de laboratorio, por lo que ello dificultó el análisis estadístico sin poder establecer conclusiones consistentes estadísticamente pero que de todas maneras se encuentran muy por debajo de los LMP..



VI. RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se debe aprovechar este recurso con métodos de recolección y captación que aseguren y garanticen la mayor probabilidad de esta sea impoluta debido a que los análisis de los parámetros organolépticos demostraron si cumplir con los estándares de calidad ambiental del MINAM, adicionalmente la comunidad científica debe orientarse también al desarrollo de mayores investigaciones vinculadas a la obtención de fuentes alternativas de agua.

SEGUNDA: Se recomienda a la población de Puno, considerar la opción de apoyarse también en el agua de lluvia como fuente de recurso hídrico para la satisfacción de sus necesidades, siempre y cuando los métodos de recolección y conservación sean los adecuados, ello explicado fundamentalmente en que la totalidad de los parámetros físicos tales como pH, temperatura y conductividad eléctrica cumplen con los estándares de calidad ambiental y no presentaron diferencias significativas entre los distintos puntos de muestreo en la ciudad de Puno.

TERCERA: Se recomienda a la comunidad científica, continuar con el desarrollo de investigaciones relacionadas al análisis de calidad de agua de diversas fuentes en busca de combatir la crisis hídrica que se hace mayor año tras año, en ese sentido también se observó que no todos los parámetros químicos se sitúan en lo estipulado por los ECAs y a la vez presentan diferencias significativa entre los distintos puntos de muestreo en la ciudad de Puno, en ese sentido es necesario investigaciones en el tema en contextos y bajo perspectivas distintas.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba, J., Ortega, J., Álvarez, G., Cervantes, M., Ruíz, E., Urtiz, N., & Martínez, A. (2013). Riesgos microbiológicos en agua de bebida: una revisión clínica. *Química Viva*, 12(3), 215–233. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278004.pdf>
- Aristizábal, F., & Cerón, L. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/32889>
- Armstrong, R., Eperjesi, F., & Gilmartin, B. (2002). The application of analysis of variance (ANOVA) to different experimental designs in optometry. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22(3), 248–256. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1475-1313.2002.00020.x>
- Avelar, J. (2019). Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA (Chile)*, 37(1), 53–59. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000302>
- Bargagli, R. (2008). Environmental contamination in Antarctic ecosystems. *Science of the Total Environment*, 400(1–3), 212–226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.06.062>
- Barrios, M. (2023). Siembra y cosecha de agua de lluvia: una medida de seguridad hídrica desde la adaptación basada en ecosistemas (Ayacucho). *South Sustainability*, 4(2). <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1631>
- Brousett, M., Chambí, A., Mollocondo, M., Aguilar, L., & Lujano, E. (2018). *Evaluación Físico Química y Microbiológica del agua para consumo Humano Puno - Perú*



(Vol. 15). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2071-081X2018000100005&script=sci_abstract

Chalco, G. (2016). *Evaluación, análisis y diseño de un sistema de captación de agua de lluvia en viviendas rurales en Molino - Juli* [Universidad Nacional Del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4620>

Cherres, A. (2020). *Determinación de la calidad físico-química y microbiológica del agua potable procedente de fuente superficial - Tumbes – 2019* [Universidad Nacional de Tumbes]. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/UNITUMBES/2050>

Dueñas, J., & García, M. (2015). *Evaluacion fisicoquimica del agua de lluvia en la hacienda Santa Elena-Cota, para identificar niveles de acidez y posibles efectos en especies liquinicas* [Universidad de La Salle]. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1299&context=ing_ambiental_sanitaria

FAO. (2013). Afrontar la escasez de agua Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. *Informe Sobre Temas Hídricos*, 38. <https://www.fao.org/3/i3015s/i3015s.pdf>

Gallegos, B., Del Ángel, E., & Pantora, M. (2021). Composición fisicoquímica del agua de lluvia en Cunduacán, Tabasco, México. *Journal of Energy, Engineering Optimization and Sustainability*, 5(2). <https://doi.org/10.19136/jeeos.a5n2.4993>

Gomez, R. (1995). *Diagnóstico sobre la contaminación ambiental en la Amazonía Peruana*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ST015.pdf>



- Halaby, N., Ricaurte, K., Rodríguez, J., & Estupiñan, S. (2017). Evaluación de la calidad bacteriológica de las aguas naturales de algunos sitios de Colombia. *Biociencias (UNAD)*, 1(1).
<http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/download/2216/2372>
- Henderson, R. (2006). Testing experimental data for univariate normality. *Clinica Chimica Acta*, 366(1–2), 112–129. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2005.11.007>
- Hernandez, R. (2010). *Metodologia de la Investigacion* (5ta Edició). Mc Graw Hill.
- Invierte.pe. (n.d.). *Sector Vivienda Construcción y Saneamiento*. Reporte de Indicadores de Brecha de Infraestructura o Acceso a Servicios Por Sector.
<https://ofi5.mef.gob.pe/brechas/Dashboard/DashboardSector>
- Kim, T. (2017). Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. *Korean Journal of Anesthesiology*, 70(1), 22–26.
<https://synapse.koreamed.org/articles/1156679>
- Londoño, M., & Gómez, B. (2020). *Nitratos y nitritos, la doble cara de la moneda* [Universidad de Antioquia].
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/25323>
- Lozano, W. (2013). *Calidad fisicoquimica del agua: Metodos simplificados para su prueba y analisis* (1st ed.). Universidad Piloto.
<https://www.jstor.org/stable/j.ctt18d84j2>
- Reglamento de la calidad del agua para consumo humano: D.S. N° 031-2010-SA, (2011).
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/es/pru-4144#:~:text=El presente documento%2C a través de sus 10,como autoridad sanitaria frente a esos temas>



%28AU%29

Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM, (2017).

<https://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-004-2017-minam/>

Miranda, M., Aramburú, A., Junco, J., & Cmapos, M. (2010). Situación de la calidad de

agua para consumo en hogares de niños menores de cinco años en Perú, 2007-

2010. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*, 27(4), 506–511.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v27n4/a03v27n4.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (2018). Progresos en la calidad del agua.

UNWATER.

https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2018/10/SDG6_Indicador_Report_632-progress-on-ambient-water-quality-2018_ES.pdf

Organización Mundial de la Salud. (2008). *Guías para la calidad del agua potable* (Third,

Vol. 1).

Petro, A. (2014). *Evaluación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del*

municipio de Turbaco - Bolívar, Caribe Colombiano [Universidad Tecnológica

de

Bolívar].

https://primo.utb.edu.co/discovery/fulldisplay?vid=57UTB_INST:57UTB_INST

[&tab=Everything&docid=alma990000458100205731&lang=es&context=L&ada](https://primo.utb.edu.co/discovery/fulldisplay?vid=57UTB_INST:57UTB_INST)

[ptor=Local Search Engine&query=sub,exact,TERREMOTOS&offset=0](https://primo.utb.edu.co/discovery/fulldisplay?vid=57UTB_INST:57UTB_INST)

Salazar, B., & Pastor, Y. (2019). *Evaluación de la Calidad Ecológica y Ambiental del*

Agua del Río Jequetepeque en el Tramo de San Juan - Chilote del Departamento

de Cajamarca en el Año 2017-2018 [Universidad Privada Antonio Guillermo

Urrelo]. <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/870>



- Santos, S., Trovó, A., Bautitz, I., & Pupo, R. (2009). Degradación de fármacos residuais por procesos oxidativos avanzados. *Química Nova*, 32(1), 188–197. <https://www.scielo.br/j/qn/a/jPZmdHmdYL9jcxfpZMq6Hcv/?format=pdf&lang=pt>
- Sayago, A., & Asuero, A. (2004). Fitting Straight Lines with Replicated Observations by Linear Regression: Part II. Testing for Homogeneity of Variances. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 34(3–4), 133–146. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10408340490888599>
- Severiche, C., Gómez, E., & Jaimés, J. (2016). La educación ambiental como base cultural y estrategia para el desarrollo sostenible. *Telos*, 18(2), 266–281. <https://www.redalyc.org/pdf/993/99345727007.pdf>
- Sierra, C. (2011). *Calidad del agua evaluación y diagnóstico* [Unievrnsidad de Medellín]. <https://repository.udem.edu.co/handle/11407/2568>
- Stahle, L., & Wold, S. (1989). Analysis of variance (ANOVA). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 6(4), 259–272. [https://doi.org/10.1016/0169-7439\(89\)80095-4](https://doi.org/10.1016/0169-7439(89)80095-4)
- UNICEF Chile. (2022). *El agua y la crisis climática mundial: 10 cosas que debes saber*. El Mundo Necesita Ser Inteligente Con El Agua. Todos Tenemos Un Papel Que Desempeñar, y No Podemos Permitirnos Esperar.
- Vásquez, T., Alfaro, R., Sibaja, J., Esquivel, G., & Valdés, J. (2012). Composición química del agua de lluvia y de niebla recolectada en la Reserva Biológica Monteverde. *Uniciencia*, 26(1–2), 51–63. <https://www.redalyc.org/pdf/4759/475947764006.pdf>



Vrbik, J. (2020). Deriving CDF of Kolmogorov-Smirnov Test Statistic. *Applied*

Mathematics,

11,

227–246.

https://www.scirp.org/pdf/am_2020031615001775.pdf

ANEXOS

ANEXO 1. Panel Fotográfico



Descripción: Ubicado en la universidad nacional del altiplano dejando el recolector de agua de lluvia.



Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad de la UNA-PUNO titulando una muestra con hidróxido de sodio.



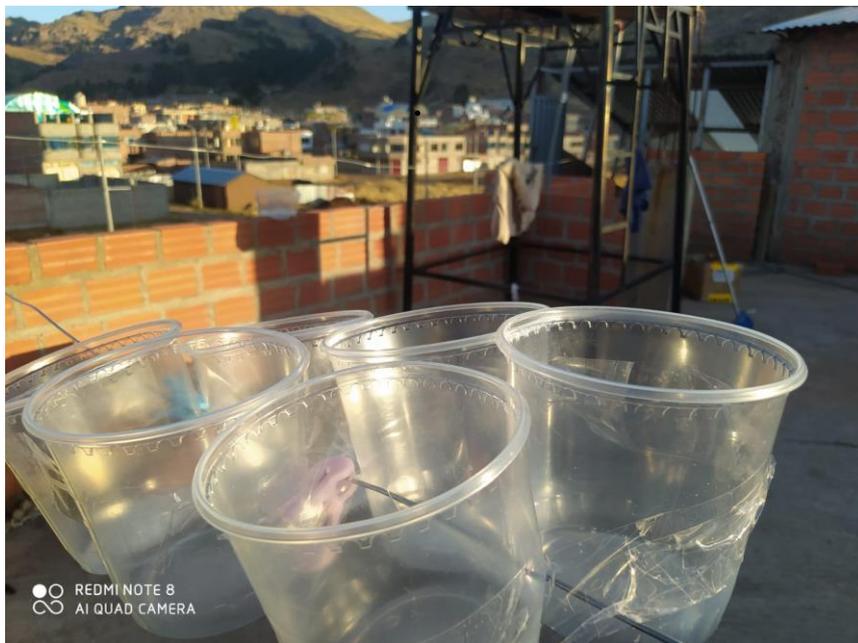
Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad en la UNA-PUNO realizando el pesado del reactivo de hidróxido de sodio.



Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad de la UNA-PUNO monitoreando el correcto flujo del ablandador de agua.



Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad de la UNA-PUNO, evaluando el punto de viraje de la titulación.



Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad de la UNA-PUNO, evaluando el punto de viraje de la titulación.



Descripción: Ubicado en el laboratorio de calidad de la UNA-PUNO, evaluando el punto de viraje de la titulación.



Descripción: Ubicado en la urbanización Chanu Chanu – PUNO, colocando recipientes para la toma de muestra.



Descripción: Ubicado en la urbanización Chanu Chanu – PUNO, colocando recipientes para la toma de muestra.



Descripción: Ubicado en el Barrio Bellavista – PUNO, colocando recipientes para la toma de muestra.



Descripción: Ubicado en el Barrio Bellavista – PUNO, colocando recipientes para la toma de muestra.



Descripción: Ubicado en el Barrio Bellavista – PUNO, colocando recipientes para la toma de muestra.

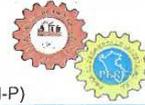


ANEXO 2. Certificados de laboratorio de la UNA Puno



Universidad Nacional Del Altiplano - Puno
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADA

(Resolución de Presidencia del Consejo Directivo AD-HOC Nro. 210-2016 SINEACE/CDAH-P)



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO
INTERESADO : NAZARIO VILLAFUERTE PRUDENCIO
MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA
MUESTREO : 31/01/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado
ANÁLISIS : 01/02/2021
COD. MUESTRA : B009-000219

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|---|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6,21 | 6,84 | 6,09 | 6,45 | 6,37 |
| Temperatura | °C | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 0,80 | 0,14 | 0,30 | 0,31 | 1,43 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 5,36 | 3,96 | 8,88 | 8,00 | 8,56 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 25,80 | 43,60 | 32,60 | 21,00 | 31,80 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 99,97 | 91,97 | 139,96 | 91,97 | 99,97 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 0,00 | 3,60 | 1,20 | 0,00 | 1,20 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 1,09 | 0,00 | 1,07 | 0,99 | 0,98 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0,64 | 0,96 | 1,05 | 1,34 | 1,49 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 0,40 | 0,10 | 0,20 | 0,20 | 0,70 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 27 de febrero del 2021.

VºBº


ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 122333

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de enero.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 20/02/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 04/03/2021

ANÁLISIS : 04/03/2021

COD. MUESTRA : B009-000252

| | Uni de med | Jaylluaiya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|------------|------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6.63 | 7.34 | 7.94 | 7.30 | 7.32 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 0,10 | 1.42 | 0.75 | 55.50 | 0.24 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 5.40 | 17.60 | 4.64 | 28.56 | 8.24 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 32.90 | 44.70 | 27.40 | 46.70 | 86.40 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 87.97 | 99.97 | 79.97 | 83.97 | 53.98 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁻ | mg/L | 0.00 | 1.60 | 3.20 | 18.40 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 0.53 | 3.94 | 1.20 | 6.08 | 2.29 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.99 | 1.86 | 0.40 | 3.25 | 0.61 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 0.00 | 0.70 | 0.40 | 27.90 | 0.10 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 19 de marzo del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 162393

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de febrero.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : NAZARIO VILLAFUERTE PRUDENCIO

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 05/03/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 08/03/2021

ANÁLISIS : 08/03/2021

COD. MUESTRA : B009-000249

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|---|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6,12 | 6,37 | 7,83 | 7,64 | 6,24 |
| Temperatura | °C | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 0,18 | 0,39 | 0,08 | 0,06 | 0,10 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 4,72 | 3,72 | 9,20 | 3,92 | 3,88 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 24,70 | 21,30 | 27,30 | 17,90 | 17,00 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 59,98 | 69,98 | 79,97 | 59,98 | 69,98 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 0,8 | 2,00 | 2,40 | 1,60 | 2,00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 0,99 | 0,74 | 2,40 | 1,06 | 0,94 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0,54 | 0,46 | 0,78 | 0,31 | 1,37 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 0,10 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,10 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 19 de marzo del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182393

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de marzo.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 05/04/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 07/06/2021

ANÁLISIS : 07/06/2021

COD. MUESTRA : 8009-000249

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Charu Chanu |
|---|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incolore | incolore | incolore | incolore | incolore |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 7.23 | 7.13 | 6.90 | 7.21 | 7.16 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 0.85 | 4.90 | 7.15 | 3.30 | 3.54 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 3.36 | 21.04 | 22.48 | 20.40 | 6.40 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 34.00 | 32.30 | 60.00 | 29.20 | 23.40 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 59.98 | 65.98 | 63.98 | 65.98 | 51.98 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 0.00 | 10.00 | 10.00 | 5.20 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 0.00 | 2.30 | 6.78 | 1.23 | 1.05 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.82 | 3.71 | 1.34 | 4.21 | 0.97 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 0.40 | 2.50 | 3.60 | 1.70 | 1.80 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 12 de junio del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 152333

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de abril.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 07/05/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 07/05/2021

ANÁLISIS : 07/05/2021

COD. MUESTRA : B009-000249

| | Uni de med | Jaillhuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|------------|------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incolore | incolore | incolore | incolore | incolore |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 7.14 | 7.19 | 6.85 | 6.87 | 7.38 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 1.92 | 0.33 | 6.78 | 8.66 | 2.45 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 4.72 | 4.20 | 20.64 | 30.08 | 11.12 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 36.70 | 27.90 | 61.60 | 42.60 | 39.50 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 79.97 | 29.99 | 59.98 | 47.99 | 99.97 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁻ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 3.20 | 20.00 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 1.15 | 0.51 | 5.76 | 7.31 | 1.55 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 1.14 | 0.71 | 1.52 | 2.56 | 1.76 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 1.00 | 0.70 | 3.40 | 4.30 | 1.20 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 12 de junio del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182293

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de mayo.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 20/09/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 22/09/2021

ANÁLISIS : 22/09/2021

COD. MUESTRA : B009-000249

| | Uni de med | Jaillhuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|------------|------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6,88 | 6,554 | 6,59 | 6,85 | 7,01 |
| Temperatura | °C | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 15,74 | 47,40 | 35,40 | 24,10 | 44,10 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 21,56 | 36,16 | 28,80 | 14,76 | 5,20 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 16,28 | 31,88 | 23,00 | 34,60 | 4,52 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 33,99 | 39,99 | 49,98 | 4,99 | 15,99 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁻ | mg/L | 0,00 | 99,30 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 2,10 | 11,84 | 6,29 | 4,13 | 0,91 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 3,97 | 1,59 | 3,18 | 1,08 | 0,71 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 7,90 | 23,70 | 17,70 | 12,10 | 22,10 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 29 de setiembre del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182393

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de setiembre.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 31/10/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 03/11/2021

ANÁLISIS : 03/11/2021

COD. MUESTRA : B009-000249

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|--|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6.80 | 6.64 | 7.02 | 6.90 | 7.22 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 15.26 | 4.10 | 16.43 | 49.10 | 13.47 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 7.32 | 11.40 | 3.96 | 7.52 | 7.36 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 22.50 | 21.50 | 21.00 | 22.06 | 22.60 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 13.99 | 5.99 | 3.99 | 0.99 | 19.99 |
| Sulfatos como SO ₄ ⁼ | mg/L | 2.40 | 13.60 | 2.00 | 10.80 | 0.40 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 1.36 | 2.99 | 0.91 | 1.98 | 19.99 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.95 | 0.95 | 0.41 | 0.62 | 0.58 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 7.60 | 21.60 | 8.00 | 24.40 | 6.50 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 10 de octubre del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 162393

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de octubre.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROVENIENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 24/11/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 29/11/2021

ANÁLISIS : 29/11/2021

COD. MUESTRA : B009-000286

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|---|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 6.80 | 7.36 | 7.02 | 6.90 | 7.22 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 15.26 | 11.00 | 16.43 | 49.10 | 13.47 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 7.32 | 14.24 | 3.96 | 7.52 | 7.36 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 22.50 | 16.16 | 21.00 | 22.06 | 22.60 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 13.99 | 19.99 | 3.99 | 0.99 | 19.99 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 2.40 | 13.60 | 2.00 | 10.80 | 0.40 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 1.36 | 2.99 | 0.91 | 1.98 | 19.99 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.95 | 0.95 | 0.41 | 0.62 | 0.58 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 7.60 | 21.60 | 8.00 | 24.40 | 6.50 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 01 de diciembre del 2021.

VºBº

ING. LUZ MARINA TEVES PONÇE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182983

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de noviembre.



Certificado de Análisis

ASUNTO : Análisis Físico Químico de AGUAS: DE LLUVIA -PUNO

PROCEDENCIA : DISTRITO PUNO, PROVINCIA PUNO

INTERESADO : FRANLIN LIMACHI GÓMEZ

MOTIVO : ANALISIS DE CALIDAD DE AGUA DE LLUVIA

MUESTREO : 03/12/2021, HORA: 11:00 pm, por el interesado

F. RECEPCIÓN : 03/12/2021

ANÁLISIS : 03/12/2021

COD. MUESTRA : B009-000287

| | Uni de med | Jaillihuaya | Bellavista | FIQ - UNA | Llavini | Chanu Chanu |
|---|------------|-------------|------------|-----------|----------|-------------|
| CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS: | | | | | | |
| Aspecto | | liquido | liquido | liquido | liquido | liquido |
| Color | | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro | incoloro |
| Olor | | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro | inodoro |
| CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS | | | | | | |
| pH | | 7.12 | 6.89 | 7.00 | 7.30 | 7.06 |
| Temperatura | °C | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 | 15.00 |
| Conductividad Eléctrica: 0.80 µS/cm | µS/cm | 15.70 | 11.45 | 12.76 | 11.41 | 7.57 |
| CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS | | | | | | |
| Dureza Total como CaCO ₃ | mg/L | 6.24 | 8.00 | 7.28 | 13.20 | 2.76 |
| Alcalinidad como CaCO ₃ | mg/L | 9.80 | 12.96 | 14.16 | 12.92 | 7.68 |
| Cloruros como Cl ⁻ | mg/L | 16.99 | 16.99 | 31.99 | 49.98 | 23.99 |
| Sulfatos como SO ₄ ²⁻ | mg/L | 2.40 | 2.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nitratos como NO ₃ | mg/L | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Calcio como Ca ⁺⁺ | mg/L | 2.42 | 1.98 | 1.86 | 2.06 | 0.95 |
| Magnesio como Mg ⁺⁺ | mg/L | 0.05 | 0.74 | 0.64 | 1.95 | 0.10 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/L | 7.80 | 5.80 | 6.40 | 5.70 | 3.80 |
| Porcentaje de salinidad: 0.00 % | % | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Turbidez | NTU | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |

INTERPRETACIÓN

1.- Los parámetros físico-químico analizados en el laboratorio de control de calidad SI cumplen con los Estándares de calidad ambiental para agua, según D.S 004-2017-MINAM. Indicando que SI es APTO Para consumo humano.

Puno, C.U. 06 de diciembre del 2021.

VºBº


ING. LUZ MARINA TEVES PONCE
ANALISTA DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
FIQ - UNA - CIP - 182390

Descripción: Resultados de análisis correspondiente al mes de diciembre.



ANEXO 3. Cuadro de reporte de senamhi

| | 1/31/2021 | 2/20/2021 | 3/05/2021 | 4/12/2021 | 5/07/2021 | 9/20/2021 | 10/31/2021 | 11/24/2021 |
|---------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|
| PRECIPITACIÓN TOTAL (mm) | 12,8 | S/D | 4,4 | 2,6 | 6 | 4 | 0 | 2,9 |
| TEMPERATURA MEDIA DIARIA | 12,5 | S/D | 11 | 9,9 | 9,1 | 11,4 | 12,1 | 13,2 |
| VELOCIDAD DE VIENTO (m/s) | 2,7 | S/D | 2,7 | 2 | 1 | 2,7 | 2 | 4 |
| HUMEDAD RELATIVA(%) | 66,93 | S/D | S/D | 76,83 | 58,13 | S/D | 60,8 | 63,6 |

Descripción: Reporte de senamhi en los días de muestreo.



ANEXO 4. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



VRI
Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Franklin Lemachú Gómez
identificado con DNI 74973568 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
Ingeniería Química

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
" Evaluación de la calidad Fisicoquímica del Agua
de lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico
en la ciudad de Puno "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 15 de Enero del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 5. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Franklin Lemachí Gómez
identificado con DNI 74973568 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Química
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“Evaluación de la Calidad Fisicoquímica del Agua de
Lluvia para su aprovechamiento y uso doméstico
en la ciudad de Puno”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 15 de Enero del 20 24

FIRMA (obligatoria)



Huella