

CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA EN CALIDAD Y USOS EN LA COMUNIDAD CORPUMA DEL MUNICIPIO JESÚS DE MACHACA – LA PAZ

Characterization of water sources in quality and uses in the Ayllu Corpuma of the Jesus of Machaca Municipality - La Paz

Huanca Ch, J.¹;

Instituto de Investigación y Extensión Agrícola (IINEA), Universidad Pública de El Alto, ciudad de El Alto, Bolivia

1 Investigador de la Carrera de Ingeniería Agronómica, Universidad Pública de El Alto.

Abstract

The objective of this work was to characterize the quality of water sources for human consumption and for irrigation in the community of Corpuma in the Jesús of Machaca Municipality - La Paz, through the identification of water sources; the determination of water for human consumption according to physical-chemical and bacteriological parameters; and the establishment of water for irrigation according to physical-chemical parameters and standards H. Greene FAO, Riverside and L.V. Wilcox. The research method was descriptive and comparative. According to the results, six water sources were identified, from which three samples were obtained, two for human consumption (in dry and wet seasons), and another for irrigation (only in dry seasons). According to the physical-chemical results, the water for human consumption is within the acceptable values according to NB-512 in dry and wet seasons, except sample FA-01 with hardness and sulfate at 600 mg/l and 439.1 mg. /l that exceed the maximum values established by NB-512, in addition, according to bacteriological parameters, there is the presence of total coliforms in the wet and dry seasons, likewise, in the wet season there is the presence of *Escherichia coli* (E. coli). The conclusion has been that these waters are not suitable for human consumption. On the contrary, according to the results of the physical-chemical analysis and standards H. Greene FAO, Riverside and L.V. Wilcox from the waters of the Corpuma River, these waters are good for irrigation.

Keywords: Water sources, irrigation, total coliforms, *Escherichia coli*.

Resumen

El presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar la calidad de las fuentes de agua para el consumo humano y para el riego en la comunidad de Corpuma del Municipio Jesús De Machaca – La Paz, por medio de la identificación de las fuentes de agua; la determinación de las aguas para consumo humano según los parámetros físico-químicos y bacteriológicos; y el establecimiento de aguas para riego de acuerdo a los parámetros físico-químicos y normas H. Greene FAO, Riverside y L.V. Wilcox. El método de investigación fue descriptivo y comparativo. Según los resultados, se identificó seis fuentes de agua, de las que se obtuvo tres muestras, dos para consumo humano (época seca y húmeda), y otra para riego (sólo en época seca). De acuerdo a los resultados físico-químicos, las aguas para el consumo humano se encuentran dentro los valores aceptables según la NB-512 en época seca y húmeda, excepto la muestra FA-01 con dureza y sulfato en 600 mg/l y 439,1 mg/l que superan los valores máximos establecidos por la NB-512, además, según los parámetros bacteriológicos, hay presencia de Coliformes totales en la época húmeda y seca, asimismo, en época húmeda existe la presencia de *Escherichia coli*. La conclusión ha sido que las fuentes aguas no son

aptas para consumo humano. Al contrario, según los resultados del análisis físico-químico y normas H. Greene FAO, Riverside y L.V. Wilcox de las aguas del río Corpuma, estas aguas son buenas para el riego.

Palabras clave: Fuentes de agua, riego, coliformes totales, *Escherichia coli*.

1. Introducción

El agua es un recurso esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente. En la Tierra (total del recurso hídrico, 1.386 millones de kilómetros cúbicos), el agua dulce (2,53%) está distribuida en ríos, lagos, glaciares, en la atmósfera y en el subsuelo. En América Latina aproximadamente el 20% del total de las extracciones de agua, se utiliza para el consumo humano, y más del 70% se destina a la agricultura (Mora y Portugués, 2001).

El agua es el constituyente más importante del organismo humano, además, tiene gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza, lo cual no sólo se debe a sus propiedades físico-químicas como molécula bipolar, sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en él. El agua es considerada un solvente universal, porque es capaz de disolver la mayoría de sustancias con las que entra en contacto (sólidas, líquidas o gaseosas) y formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloidales o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso (Barrenechea, A. 2006).

En el 2011, se realizó un estudio denominado “Clasificación de cuerpos de agua en función de su aptitud de uso en las sub cuencas de los ríos Huanuni y Palca Mayu departamento de Oruro”, el resultado señala que los pobladores que usan el agua de río para consumo humano y animal, deben ubicar otras fuentes de abastecimiento o en su defecto introducir métodos efectivos de purificación para consumirlo, debido a la contaminación por metales pesados provenientes de

las actividades mineras y también a las aguas contaminadas por patógenos (Carvajal, 2011).

La calidad del agua es una variable importante del medio hídrico. De manera clásica, se entiende por calidad de agua al grupo de propiedades físicas, químicas y biológicas que definen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición dio lugar a distintas normativas sobre calidad de agua, normas que establecen la calidad de agua y el uso que le corresponde, pero que no recogen los efectos y secuelas que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales (Romero, 2005).

En el Estado plurinacional boliviano, la “Norma Técnica de Agua Potable-Requisitos” 512 (NB-512, 2010), establece parámetros físico-químicos y bacteriológicos del agua para consumo humano. Pero no establece norma para el agua de riego. Por tanto, en este trabajo, se opta por las normas internacionales sobre los parámetros físico-químicos y normas (H. Greene, Riverside, L.V. Wilcox) que clasifican el agua apta para riego de cultivos.

Por estas razones, el objetivo de la presente investigación es caracterizar las fuentes de agua en calidad y usos, en la comunidad de Corpuma del municipio Jesús de Machaca-La Paz, por medio de la descripción de las características fisiográficas del área de estudio e identificación de las fuentes de agua; la determinación de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos empleados al consumo humano; el establecimiento de los parámetros físico-químicos de las aguas empleados en el riego de cultivos; y la elaboración de mapas temáticos de

ubicación de las fuentes de agua, mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

2. Materiales y metodología

El área establecida de estudio es de 9.26 km², se encuentra dentro del Ayllu Corpa, se sitúa en la región del Altiplano Norte, entre los paralelos 16°8'0" de latitud sur y 68°2'0" de longitud oeste con una altura de 3.800 a 4.741 msnm, ubicado al oeste de la ciudad de La Paz comunicada por dos carreteras, la primera por Viacha y la segunda por la carretera asfaltada Río Seco – Desaguadero (PDAO, 2011-2015).

Factores climáticos de la cuenca

La precipitación anual promedio alcanza los 603,3 mm, la mayor precipitación se registró en febrero con 131,7 mm y la menor precipitación en el mes de agosto con 7,0 mm, Siete meses presentan lluvias considerables mayor a 25 mm/mes denominándose época húmeda y cinco meses presentan lluvias considerables menores a 25 mm denominadas época seca, detallado en la Figura 5 representando el color azul como época húmeda y rojo época seca.

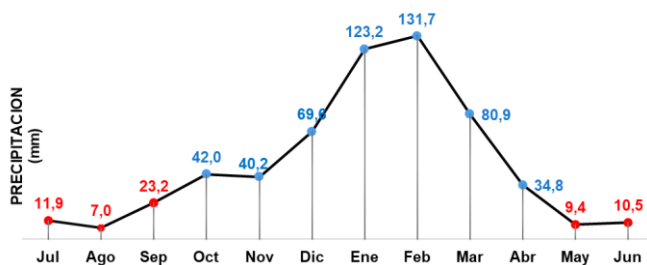


Figura 1. Comportamiento pluvial

Fuente: Elaborado con base en SENAMHI (2015-2020).

De acuerdo al SENAMHI, las temperaturas anuales promedio alcanzaron 10 °C, la temperatura máxima registrada fue de 17,8 °C y su máxima baja con 14,9 °C ocurren en julio, la temperatura mínima alta registrada fue 6,2 °C en febrero y diciembre respectivamente, y su mínima baja con de 0,9 °C en el mes de julio.

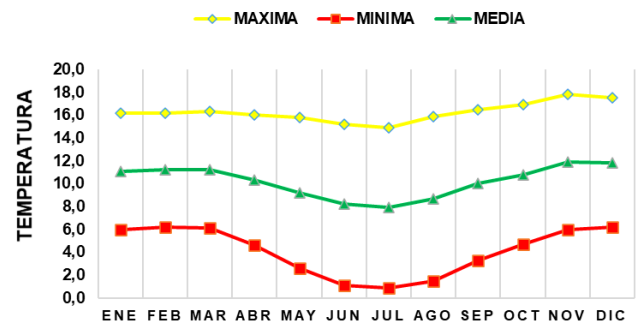


Figura 2. Comportamiento térmico

Fuente: Elaborado con base en SENAMHI (2015-2020).

Los materiales utilizados fueron: equipo de computación, lápiz, goma, cuadernos, carta topográfica Esc. 1:50 000, imagen satelital, programas de información geográfica, envases esterilizados para muestras de agua, botella de polietileno "pet" de 200 ml, botella "vidrio" de 200 ml, etiquetas de muestreo de agua, equipo GPS (Sistema de Posicionamiento Global), cinta métrica, brújula, cronómetro, fichas de campo, balde de 10,2,3 litros, tablero, cámara fotográfica, cuaderno de anotaciones, conservadora, materiales de laboratorio, Frascos de Polietileno "Pet" esterilizados, algodón, alcohol, pinza, guantes de látex, termómetro digital "Hanna Instruments - Waterproof Combo Ph/EC/Tds".

El método de investigación utilizado fue descriptivo (Hernández et al. 2010), debido a la naturaleza de los objetivos planteados. El trabajo se realizó en tres etapas. En la primera, se revisó bibliografía de estudios de calidad de agua para el consumo humano y riego, además del diagnóstico.

En la etapa dos, se identificaron las fuentes de agua que abastecen el consumo y el riego de toda la comunidad. Se eligieron seis fuentes de agua, en acuerdo con las autoridades de Corpumae ellas cinco son para consumo humano y uno para riego, de estas se obtuvo tres puntos de muestreo: campamento (FA 01), centro de salud (FA 02) y río Corpuma (AR 01). Los manantiales de Lipuma y Puma chinuña abastecen a toda la comunidad;

Mujsuma 1, 2 y 3 abastece al centro de salud e instituto agropecuario. Mientras que el rio Corpuma es la fuente principal para el riego de cultivos.

Cuadro 1. Número de muestras y sus códigos

N° de muestras	Punto de muestreo	Códigos	Uso	Beneficiarios
1	Campamento	FA 01	Consumo humano	116 familias
2	Centro de salud	FA 02	Consumo humano	17 familias
3	Rio Corpuma	AR 01	Riego	31 familias

En esta etapa, se procedió a la toma de muestras parámetros físico-químicos y parámetros bacteriológicos para agua potable según los procedimientos de la NB-496. Y finalmente se hizo la toma de muestra del rio Corpuma para riego según estándares de normas internacionales.

En la tercera fase, se hizo el análisis físico-químico y bacteriológico de las muestras de agua para consumo humano y riego en el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (UMSA) y Centro de Aguas y Saneamiento Ambiental (UMSS). En esta misma fase, se elaboró mapas temáticos según el sistema de información geográfica (SIG). El sistema ayudó a ubicar las seis fuentes de agua de forma gráfica.

Variables de respuesta

Parámetros físico-químicos del agua potable: pH, conductividad, turbiedad, cloro, color, sólidos disueltos, alcalinidad, calcio, nitrato, dureza, hierro, magnesio.

Parámetros bacteriológicos del agua potable: manganeso, sodio, sulfato, Coliformes totales y Escherichia coli.

Parámetros físico-químicos de agua para riego: Ph, amonio, conductividad, magnesio, sodio, potasio, sólidos disueltos, bicarbonatos, carbonatos, fósforo total, nitrato, sulfatos y boro.

La muestra de agua para riego se evaluó según las normas H. Greene FAO, Riverside y L.V. Wilcox.

Para determinar el caudal de las fuentes de agua de la comunidad, se utilizó el método volumétrico que es usado para corrientes pequeñas como nacimientos de agua o riachuelos, **siendo el método más exacto**, a condición de que el depósito sea bastante grande y de que pueda medir su capacidad de forma precisa. Consiste en hacer llegar un caudal a un depósito impermeable cuyo volumen sea conocido y contar el tiempo total en que se llena en dicho depósito (ICC, 2017).

$$Q = \frac{V (l)}{T (s)}$$

Donde:

Q = Es el caudal expresado en l/s

V = Volumen dado en litro

T = Tiempo en segundos

3. Resultados y discusión

Identificación y caracterización fisiográfica de fuentes de agua

Se identificaron seis fuentes de agua, de las cuales cinco son para el consumo humano y uno para el riego. Los siguientes cuadros muestran las cualidades de las fuentes de agua para consumo humano de los manantiales Lipuma y Puma chimuña, y de las fuentes subterráneas de Mujsuma 1, Mujsuma 2 y Mujsuma 3.

Cuadro 2. Fuentes de agua para consumo humano

Lipuma			
Tipo de fuente	Sector	Caudal	Ubicación geográfica
Manantial	Cruz Pata	Época seca: 0.6 l/s = 600 ml	Este = 514908
		Época húmeda: 1.5 l/s = 1500 ml	Norte =8158417
Puma Chimuña			

Manantial	Isquillani	Época seca: 0.78 l/s = 780 ml	Este = 516018
		Época húmeda: 2.1 l/s = 2100 ml	Norte = 8158242

Lipuma se encuentra en la región norte, que se constituye por montañas altas fuertemente disectadas, pendientes entre 5–12%, altitud de 4.018 msnm. Existen afloramientos rocosos, presencia de agricultura (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena) al 5 %, ganadería (bovino, ovino) al 10%. El 85% son praderas nativas.

Puma chimuña se encuentra en la región norte. El lugar se constituye por montañas altas con disección fuerte, pendientes entre > 44%, altitud de 4.165 msnm., existen afloramientos rocosos, presencia de agricultura al 0% y ganadería (bovino, ovino) al 2%. El 98% de las praderas son nativas.

Las fuentes de Mujsuma 1, 2 y 3 están captadas por debajo de la tierra con ayuda de tubos PVC, son pequeños reservorios de agua de 1,50 m x 1 m. El sector y la ubicación geográfica de estas aguas se las puede observar en el cuadro 3.

Mujsuma 1 se encuentra en la región norte, que se constituye por llanuras de piedemonte con disección moderada, pendientes entre 5-12%, a una altitud de 3.965 msnm., presencia de agricultura (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena) al 30% y la ganadería (bovino, ovino) al 10%. El 60% de praderas son nativas (cuadro 3).

Cuadro 3. Fuentes de agua para consumo humano

Mujsuma 1		
Tipo de fuente	Sector	Ubicación geográfica
Subterránea	Isquillani	Este = 515438 Norte = 8156476
Mujsuma 2		
Subterránea	Isquillani	Este = 515416 Norte = 8156487
Mujsuma 3		
Subterránea	Isquillani	Este = 515224 Norte = 8156473

Según el cuadro 3, Mujsuma 2 se encuentra en la región norte y se constituye por llanuras de piedemonte con disección moderada, pendientes entre 5-12%, una altitud de 3.961 msnm, con presencia de rocas y con una agricultura (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena) al 30%, y la ganadería (bovino, ovino) al 10%, donde el 60% de las praderas son nativas.

De acuerdo al cuadro 3, Mujsuma 3 se encuentra en la región norte y está constituida por llanuras de piedemonte con disección moderada, pendientes entre 5-12 %, una altitud de 3.956 msnm, con presencia de rocas, y con una agricultura (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena) al 30% y ganadería (bovino, ovino) al 10%, donde el 60% de las praderas son nativas.

Cuadro 4. Río Corpuma

Río Corpuma		
Tipo de fuente	Caudal	Ubicación geográfica
Superficial	Época seca: 6,5 l/s	Este = 515438
	Época húmeda: 16 l/s	Norte = 8156476

El río Corpuma es la fuente principal para riego, ya que, desde el punto de aforo del río, abastece a 31 familias en el riego. Se encuentra en la región norte, se constituye por montañas altas fuertemente disectadas, pendientes entre 5-12%, altitud de 4078 msnm, con presencia de rocas sedimentadas arenisca, con una agricultura (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena) al 2% y ganadería (bovino, ovino) al 1%, donde el 97% de las praderas son nativas.

Parámetros físicos-químicos de aguas para consumo humano

El siguiente cuadro expresa los resultados obtenidos de las dos muestras en las épocas seca y húmeda según los parámetros mínimo y básico.

Cuadro 5. Comparación de parámetros físico-químicos, según NB-512, en épocas seca y húmeda

Parámetros	Unidad	Época seca		Época húmeda		Valor máximo aceptable
		FA 01	FA 02	FA 01	FA 02	
Mínimo						
pH		7,88	7,8	7,07	7,51	6,5 – 9,0
Conductividad	μS/cm*	665,5	520	1.074	782	1.500
Turbiedad	UNT	0,8	0,45	0,52	2,25	5
Cloro	mg/l	---	---	---	---	0,2 – 1,0
Básico						
Color	UVC	1	1	2,5	7,5	15
Sabor y olor		Aceptable				Debe ser aceptable
Sólidos disueltos	mg/l	447	348	976	614	1.000
Alcalinidad	mg/l	118,75	138,8	104	160	370
Calcio	mg/l	106,21	88,18	176,35	144,29	200
Nitrato	mg/l	0,56	3,5	2,34	7,04	45
Dureza total	mg/l	300	235	600	415	500
Hierro	mg/l	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,3
Magnesio	mg/l	8,54	3,66	38,88	13,36	150
Manganeso	mg/l	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,1
Sodio	mg/l	16,86	14,77	25,5	19,6	200
Sulfato	mg/l	194,26	106,7	439,1	215,6 4	400

Fuente: Elaborado con base en laboratorio (UMSA-UMSS) y NB-512.

Según el cuadro 5, no hay presencia de cloro en ambas épocas, ya que mínimamente debería haber 2,0 mg/l, por lo tanto, las aguas de ambas fuentes no son aptas para consumo humano. Además, no hay presencia de cloro en ambas épocas, ya que el agua mínimamente debería contener 2,0 mg/l, por lo tanto, las aguas de ambas fuentes no son aptas para el consumo humano.

Encuesta organoléptica de sabor y olor del agua

De acuerdo a la encuesta organoléptica de sabor y olor del agua, el 80% de la población señaló que el sabor del agua es aceptable, mientras que el 20%

dijo que el sabor del agua es no aceptable. Por otro lado, el 90% de la población indicó que el olor del agua es aceptable, mientras que el 10% afirmó que el olor es no aceptable.

Parámetros bacteriológicos de aguas para consumo humano

En el análisis de los parámetros bacteriológicos, se evalúa dos aspectos: los Coliformes totales y la *Escherichia coli*, y los valores máximos aceptables para estos parámetros son de 0 UFC/100 en ambos casos, según la NB-512.

Cuadro 6. Comparación de parámetros bacteriológicos según la NB-512 en distintas épocas

Parámetro	Unidad	Época seca		Época húmeda		Valor máximo aceptable
		FA 01	FA 02	FA 01	FA 02	

Coliformes totales	UFC/ml	38	2	1.000	600	0 UFC/100
Escherichia coli (E. coli)	UFC/ml	0	0	<1	<1	0 UFC/100

Fuente: Elaborado con base en laboratorio (UMSA-UMSS) y NB-512.

Según el cuadro 6, en la época seca, se observa que existe la presencia de coliformes totales en la FA 01 con 38 UFC y 2 UFC en la FA 02. Así mismo, en la época húmeda existe una gran cantidad de coliformes totales 1.000 UFC en FA 01 y 600 UFC en FA 02, las dos muestras sobrepasan el valor máximo aceptable por la NB-512. Además, sólo en época húmeda aparece la *E. coli* en las dos muestras y no así en época seca. Por tanto, de acuerdo a los

resultados obtenidos, se afirma que estas aguas no son aptas para el consumo humano.

Parámetros físicos-químicos de agua para riego

El siguiente cuadro expresa los resultados obtenidos de los parámetros físico-químicos del agua del río Corpuma para riego.

Cuadro 7. Parámetros físico-químicos de agua para riego

Cationes	Mg/l	Meq/l	Aniones	Mg/l	Meq/l
Calcio Ca^{+2}	106,2	5,3	Bicarbonatos HCO_3^{-1}	106,4	1,7
Magnesio MG^{+2}	12,2	1	Carbonatos CO_3^{-2}	<0,01	0,0
Sodio Na^{+}	20,3	0,9	Nitrato NO^{-3}	0,35	0,0
Potasio K^{+}	1,4	0	Sulfatos SO_4^{-2}	223,8	5
Σ Cationes = 7,2			Σ Aniones = 6,7		

Fuente: Elaborado con base a laboratorio (UMSS).

La calidad de agua para riego se evaluó según los parámetros físicos-químicos de la calidad de agua para riego y de acuerdo a las normas H. Greene FAO, Riverside y L.V. Wilcox. Las cuales se tomó en cuenta en la única fuente para riego de la comunidad Corpuma, el río Corpuma. Las muestras se obtuvo en época seca.

Interpretación de análisis y clasificación de los principales parámetros físicos-químicos de agua para riego

Se evaluó el riesgo de salinización mediante la determinación de la conductividad eléctrica (C.E.) del Río Corpuma que es **C.E.** = 0,702 ds/m. Por tanto, en el Río Corpuma no hay riesgo de salinización. Según al grado de dureza, el río Corpuma se clasifica como **agua muy dulce**. De acuerdo a la Clasificación de aguas de riego, según su relación de absorción de sodio, el agua del Río Corpuma se encuentra con un riesgo de disminución

de la permeabilidad **baja**. La clasificación de aguas de riego según su Carbonato Sódico Residual, el agua del río Corpuma se clasifica como agua recomendable o buena.

Las aguas de riego, según el Porcentaje de Sodio Soluble, no presentan peligro de sodificación, el porcentaje de sodio soluble es buena. De acuerdo al porcentaje de sodio intercambiable, el riesgo en el Río Corpuma es Bajo. El índice de Kelly establece que aquellas aguas cuyo valor es superior a un 35% son buenas para su utilización en el riego. Por lo tanto, el agua del Río Corpuma es Buena para su utilización en el riego.

El análisis de calidad para el riego, según la Norma H. Greene (F.A.O), establece que el agua del Río Corpuma, en la época seca, corresponde como agua de buena calidad. De acuerdo a la Norma Riverside, se establece que el agua del Río Corpuma, en la época seca, corresponde a la clase C2S1, clasificada

como agua buena para riego. Y según la Norma L.V. Wilcox, se establece que el agua del Rio Corpuma, en la época seca, corresponde como agua excelente a buena. Por tanto, las aguas del rio Corpuma son aptas para el riego.

Mapas temáticos y ubicación de las fuentes de agua mediante SIG

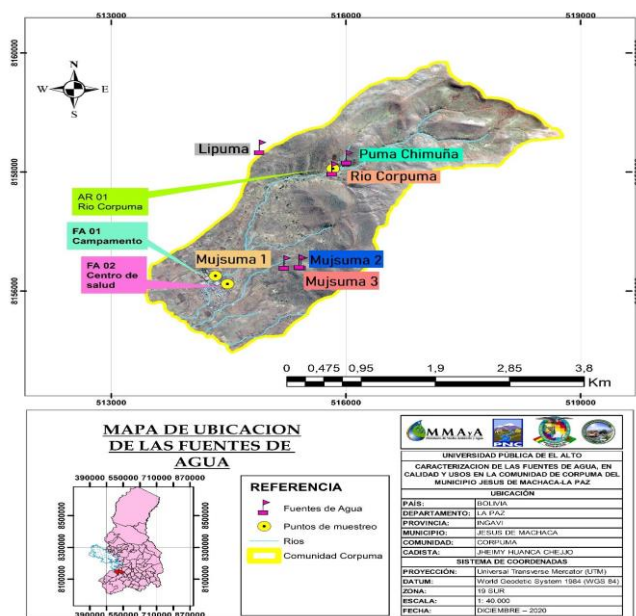


Figura 3. Mapa (1) de ubicación de fuentes de agua.

El primer mapa hace referencia a la ubicación de las seis fuentes de agua; el segundo y tercer mapa se refieren a la calidad de aguas para consumo humano y el cuarto mapa señala la calidad de agua para riego.

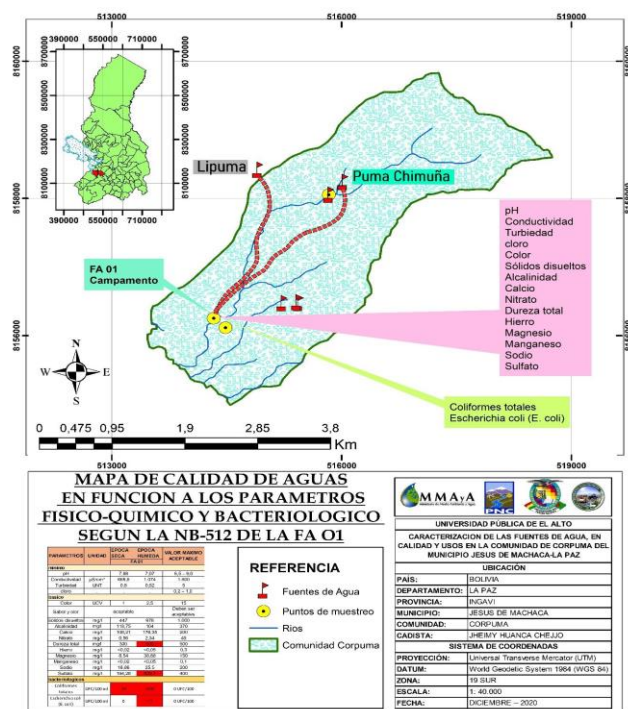


Figura 4. Mapa (2) de calidad de agua según los parámetros físico-químicos de la FA 01.

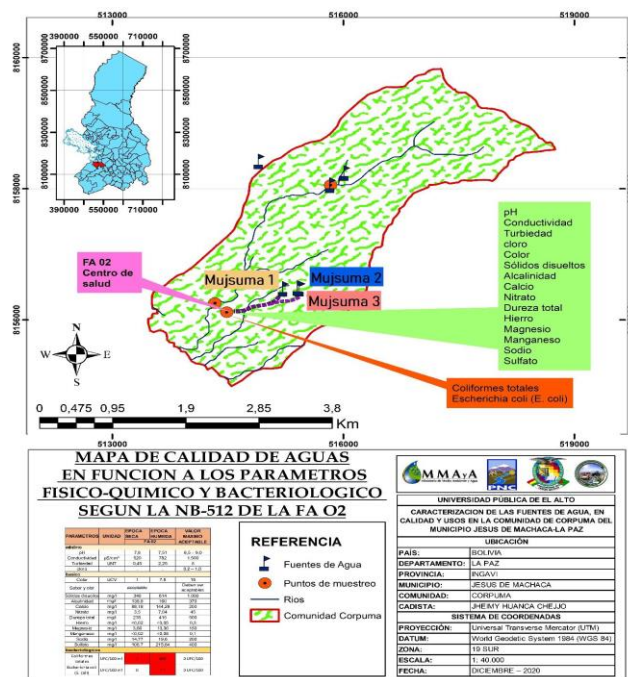


Figura 5. Mapa (3) de calidad de aguas en función a los parámetros físico-químicos de la FA 02.



Figura 7. Mapa (4) de calidad de aguas según los parámetros y normas de riego de AR 01.

4. Conclusiones

- La comunidad Corpuma cuenta con seis fuentes agua: Lipuma, Puma Chimuña, Mujsuma1, Mujsuma 2 y Mujsuma 3 (para consumo humano) y el Rio Corpuma (para el riego de cultivos). Estas se encuentran entre la región del norte, en montañas altas y bajas, con un promedio en pendientes de 5-44 %, altitudes de 3.956 – 4.165 m.s.n.m., y con una agricultura de 2-30% (papa, haba, quinua, cañahua, cebada y avena), ganadería de 1-10% (bovino, ovino), y de 85-96% en praderas nativas, destacan las siguientes especies: *Festuca urundinacea*, *Gnaphaliun bombeyanun*, *Stipa ichu*, entre otros.

- Las aguas de las dos muestras no son aptas para el consumo humano. Porque las muestras FA 01 y FA 02 en época seca y FA 02 en la época húmeda cumplen con los valores máximos aceptables según la NB-512, sin embargo, en la época húmeda la

muestra FA 01, sufre variaciones en relación a la dureza con 600 mg/l y sulfato con 439,1 mg/l, superando los valores máximos establecidos por la norma boliviana, además, las aguas de las dos muestras no son cloradas en ninguna época.

Asimismo, los parámetros bacteriológicos en la época seca y época húmeda de las muestras FA 01 y FA 02 presentan Coliformes totales, pero en época húmeda, ambas muestras presentan la bacteria en una mínima cantidad de <1 UFC/100ml superando los valores establecidos de 0 UFC/100ml.

- Las aguas de riego del rio Corpuma son aptas para el riego y para todo tipo de suelo, porque según el Riesgo de Salinización, Problemas de Permeabilidad, Dureza de agua, Carbonato Sódico Residual, Porcentaje de Sodio Soluble, Porcentaje de Sodio Intercambiable y Relación de Calcio indican que no existe, ni hay problema para el uso del agua en el riego agrícola. De acuerdo a las normas H Greene (FAO), Riverside y L.V. Wilcox, el agua es clasificada buena para riego agrícola.

- Mediante el SIG, se logró elaborar mapas temáticos que describen la calidad de las fuentes de agua, de acuerdo a los parámetros físico-químicos de la NB-512 para consumo humano y según los parámetros físico-químicos y normas para la clasificación del agua de riego en cultivos.

5. Referencias bibliográficas

- Barrenechea, A. (2006). Manual de teoría sobre plantas de infiltración, (Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua). CEP/OPS. 1-54 p.
- Carvajal Paco, L. 2011. Clasificación de cuerpos de agua en función de su aptitud de uso en las subcuencas de los ríos Huanuni y Palca Mayu. Tesis ing. Oruro, Bolivia. Universidad pública de El alto. 93 p.
- Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio, P. 2010. Metodología de la investigación. México: McGraw-HILL/Interamericana Editores. 613 p.

Huanca Chejjo, J. 2020. Caracterización de las fuentes de agua en calidad y usos en el ayllu Corpuma del municipio Jesús de Machaca – La Paz. Tesis Ing. El Alto, Bolivia, UPEA. 107 p.

Layme Pairumani, F. 1997. Diccionario Bilingüe Aimara – castellano, Castellano – aimara. Editora Atenea SRL, Ediciones Graficas, La Paz, Bolivia. 421 p.

Mora, D; Portuguesez, F. (2001). Situación de cobertura y calidad de la agua para consumo humano a finales del año 2000. Laboratorio nacional de aguas. Cartago: La unión de tres ríos.

NB 512 (Norma boliviana). 2010. Reglamento nacional para el control de la calidad del agua para consumo humano. 2da revisión. La paz, Bolivia. 11-18-19 p.

PDAO (Plan de Desarrollo Autónomo Originario, Gobierno Autónomo Municipal de Jesús de Machaca). 2011-2015. 10-14-21 p.

Romero, J. 2005. Calidad del agua. Colombia. 468-550 p.

SENAMHI, (servicio nacional de meteorología e hidrología), 2015-2020. Datos meteorológicos de precipitación y temperatura de la comunidad de San Huancollo.

6. Anexos



Foto 1. Rio Corpuma



Foto 2. Lipuma, en Isquillani



Foto 3. Puma chimuña, en Isquillani.



Foto 4. Mujsuma 1, en Isquillani.



Foto 5. Mujsuma 3, en Isquillani.