



Evaluación de Recursos Hídricos y su proyección en la Estación Experimental Patacamaya

Evaluation of Water Resources and it's projection in the Patacamaya Experimental Station

Juvenal Choque Chura

RESUMEN: El Altiplano Central del departamento de La Paz donde se encuentra la Estación Experimental Patacamaya, se atribuye por la baja precipitación en cortos periodos, y la mayor Evapotranspiración. No obstante, la zona se caracteriza por la intensa actividad agropecuaria a lo largo de todo el año. Este hecho exige el uso eficiente y la economía de agua (de lluvia y de otro origen), además de generar tecnologías apropiadas para su almacenamiento. En los predios de la Estación actualmente se estima la disponibilidad de 2825 m³/mes de agua proveniente de pozos subterráneos y superficiales. (PTDI, 2016-2020), (PDM, 2006-2010) & (FAO, 2006). En el presente estudio, además de indagar la optimización del uso de aguas, también se hizo el control de calidad de este mediante análisis químico, pH y CE. Según estos parámetros, el pozo subterráneo se clasifica como C2-S1, mientras que los pozos superficiales uno y dos se clasifican como C3-S1. Se realizó la proyección agropecuaria sobre la disponibilidad y usos del agua, con el objetivo de determinar que superficie se puede regar con el agua disponible en la Estación Experimental Patacamaya determinando el volumen disponible es para una superficie de 4,5 ha.

PALABRAS CLAVE: Recursos hídricos, Agropecuaria, Riego, Agua, Proyección.

ABSTRACT: The Patacamaya Experimental Station belongs to the Central Altiplano of the Department of La Paz. The region is characterized by low precipitation in short periods, and high evapotranspiration due to low air humidity and constant winds. However, the region has intense agricultural and Livestock activities during the whole year. Because of this, it is important to use water from different sources in efficient and economic ways. It is also important to create appropriate technologies to preserve these waters. It was estimated that there are 2825 m³/month of water available in the Station for irrigation and other purposes. (PTDI, 2016-2020), (PDM, 2006-2010) & (FAO, 2006). In the present study, we determined the optimal use of water, as well as the physical and chemical qualities of water considering parameters like pH, EC, and others. As a result, the subaquatic well is classified as C2-S1, and the surface ones, as C3-S1. The agricultural projection on the availability and uses of water was carried out, with the aim of determining which surface can be irrigated with the water available in the Patacamaya Experimental Station determining the available volume is for an area of 4.5 ha.

KEYWORDS: Water resources, Agriculture, Irrigation, Water, Projection.

AUTOR: *Juvenal Choque Chura:* Carrera de Ingeniería Agronómica. Estación Experimental Patacamaya. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Adres. La Paz, Bolivia. juvenalchoquechura4@gmail.com

Recibido: 22/05/2020. Aprobado: 29/06/2020.



INTRODUCCION

El Altiplano Central boliviano se caracteriza por tener precipitaciones muy variables, épocas en las que son relativamente mayores y en otras, casi nulas. En parte esta alteración es la consecuencia del cambio climático global. Los impactos directos de este cambio es el bajo rendimiento de cultivos y la poca disponibilidad de pastos como forrajes para el ganado. (Rodríguez & Vara, 2005)

En el mundo y en nuestro país, los recursos hídricos van adquiriendo mayor importancia social y económica, debido a que en

la actualidad los acuíferos en el altiplano boliviano son cada vez más escasos y la demanda de agua para uso agropecuario y doméstico está en ascenso. (Balairón, 2000)

Las fuentes de recursos hídricos presentes en la E.E. de Patacamaya, son pozos subterráneos y superficiales, las cuales permiten realizar diferentes actividades agropecuarias y ganaderas.

En el presente trabajo se realizó el análisis del balance hídrico de diferentes fuentes de agua existentes en la E.E. Patacamaya, estimación del volumen y análisis de calidad del

agua disponible, y luego generar una propuesta de uso racional y eficiente de este recurso.

Una vez realizados los análisis oportunos se podrá conocer la calidad del agua para el riego. Este es un objetivo primordial antes de la implantación de un sistema de riego, ya que existen numerosos aspectos que es preciso determinar en función de la calidad del agua, como aquellos relacionados con la elección del sistema de riego o el cultivo a establecer, los componentes de la instalación de riego o el tipo de tratamientos que es preciso realizar al agua para poder regar con ella, (Balairón, 2000).

MATERIALES Y METODOS

Ubicación

El Municipio de Patacamaya es la Quinta Sección de la Provincia Aroma del departamento de La Paz, se sitúa a una distancia de 101 kilómetros de la sede de gobierno, por la carretera interdepartamental La Paz – Oruro, al sudeste de la capital del Departamento de La Paz. El cantón de Patacamaya se encuentra a una altitud que oscila de 3785 a 3899 msnm, (PTDI, 2016-2020), que cobija la Estación Experimental Patacamaya, de la Facultad de Agronomía, UMSA, a una distancia de 4.51 kilómetros del Municipio de Patacamaya y tiene una extensión de 71.57 ha para agricultura y ganadería con fines de investigación y producción.

Metodología

La metodología utilizada para la presente investigación es de naturaleza cuantitativa, cualitativa y descriptiva, orientadas a encontrar parámetros que permitan determinar los volúmenes, calidad y la proyección agropecuaria de agua de los pozos subterráneo y superficiales.

La distancia entre los pozos superficiales uno y dos es de 400 metros y el pozo subterráneo está a 1178 metros, de estas tres fuentes de agua ofertan volúmenes de agua para las actividades pecuaria y ganadería, Pozos superficiales uno y dos, tienen una profundidad de 6,10 y 6.25

metros, con 1,25 y 1.15 metros de diámetro respectivamente, ambos contruidos de hormigón ciclópeo. Mientras el pozo subterráneo tiene una profundidad de 70 metros, encamisado con tubería galvanizada de 8 pulgadas.

En la cuantificación del volumen de agua de los pozos, la técnica utilizada es aforo de caudal y bombeo de agua con la motobomba, midiendo la recarga de agua cada 24 horas en la calidad de agua se realizó la técnica de análisis químico en Laboratorio de IBTEN, y en la proyección agropecuaria se delimito la superficie de la E.E.P. con GPS, Google earth, ArGIS 10.2 y CROPWAT 8.0 para el requerimiento de agua de los cultivos (FAO 2006).

El consumo de agua de los ovinos y camélidos se ven afectado por una serie de factores, entre ellos el tipo y cantidad de MS del alimento consumido, la categoría de ovino y camélido, el estado fisiológico, la temperatura ambiental la presencia de lluvia, y el peso del animal, en promedio un ovino consume 4L/día y camélidos 4L/por 50Kg por día de peso vivo. (Martínez 2018)

Materiales

Los materiales y equipos utilizados en la evaluación son, motobomba, lignímetro, pH metro, conductímetro. El análisis químico de agua se envió al laboratorio de IBTEN.

RESULTADOS Y DISCUSION

Comportamiento climatológico

En base a la información obtenida de la Estación meteorológica SENAMHI y el programa CLIMWAT de la FAO, se presenta los parámetros climáticos:

Temperatura

Las temperaturas máximas, mínimas y media registradas durante el periodo de la investigación, donde la temperatura máxima registró de 24.3 °C en el mes de noviembre, mientras una temperatura mínima de -4.8 °C en

el mes de junio y la temperatura media anual 10.65 °C.

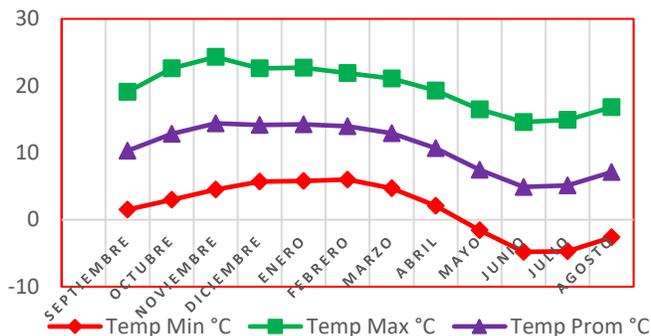


Figura 1. Temperatura máxima, mínima y medias 2018 en la E.E. de Patacamaya.

Precipitación

La curva de precipitación registrada muestra el pico más alto en el mes de enero, con **88 mm** y la menor precipitación se registra en el mes de Julio con **1 mm**, estas precipitaciones se atribuyen a las características climáticas propias del Altiplano Central.

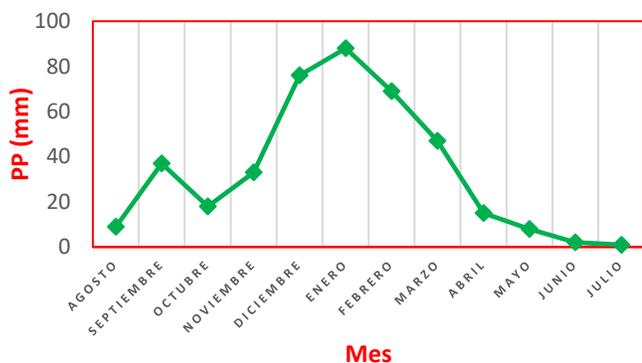


Figura 2. Comportamiento de la precipitación 2018 en la E.E. de Patacamaya.

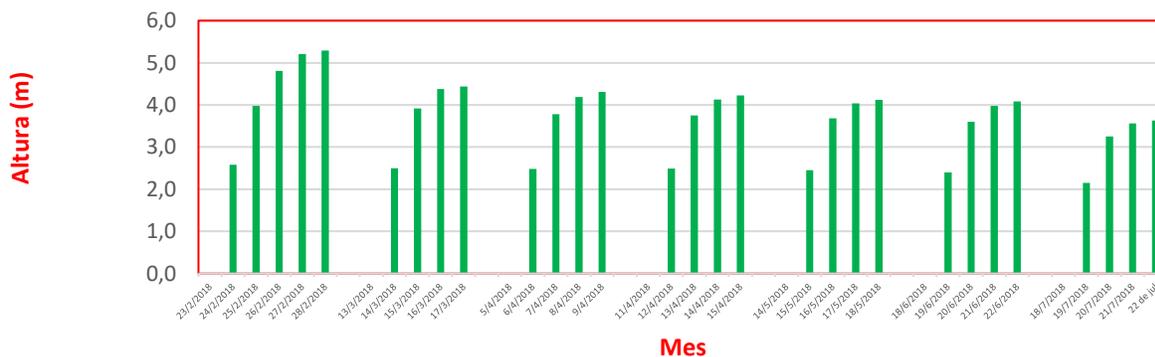


Figura 3. Recarga de agua del pozo superficial uno (m) en la E.E.P.

Oferta de agua de los pozos

La oferta de agua que se extrae, (bombeo) de los pozos subterráneo y superficiales, se debe a las características climáticas, físicas del suelo, profundidad y la fuente de alimentación o zonas de recarga de la región. (Arocha,1980)

Oferta de agua por mes del pozo subterráneo

Cuantificando el volumen de agua por mes, tomando en cuenta siete días de uso de agua por semana, el bombeo de agua, en los meses donde se realiza el riego de los forrajes (alfalfa, cebada), se bombea 40 veces, en la cual se obtiene un volumen de **2769.6 m³/mes**, sin embargo, en época de invierno por las bajas temperaturas se llega a bombear ocho veces para el uso del personal de la estación y ambientes atemperados, cocina, ganadería un volumen de **553.92 m³/mes**. la recarga de agua está influenciada por la zona de recarga como indica (Arocha, 1980)

Oferta de agua de los pozos superficiales uno y dos

Evaluación del pozo superficial uno y dos, en el primer periodo

La evaluación de volumen de agua se realizó entre los meses de febrero a julio, en donde se bombeo una vez por semana y las medidas de recarga de agua y el volumen se midieron cada 24 horas y los resultados se muestran en la Figura 3 y 4.

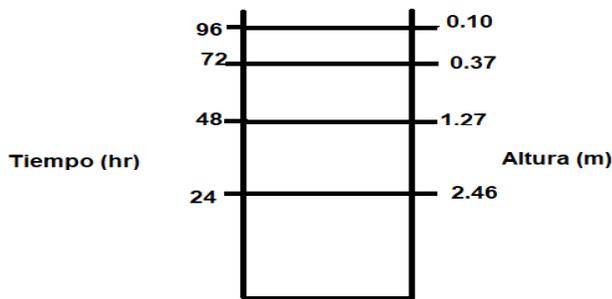


Figura 4. Altura de recarga de agua del pozo superficial uno.

La altura de recarga de agua en promedio es de 2.46, 3.73, 4.16 y 4.27 metros, (**2.46, 1.27, 0.37 y 0.1 metros**) en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas, a medida que aumenta la carga hidráulica, la recarga de agua disminuye, como

se observa en la figura 3 y 4. La recarga de agua en los pozos superficiales depende de las características físicas y químicas del suelo como menciona, (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera 2005).

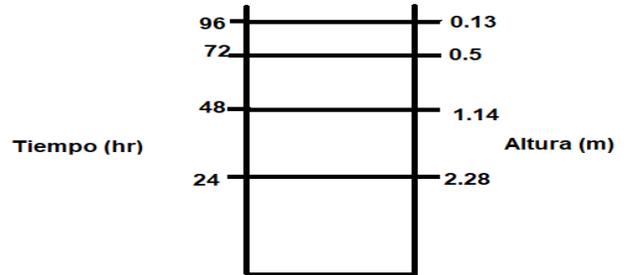


Figura 5. Volumen de recarga del pozo superficial uno. (m³)

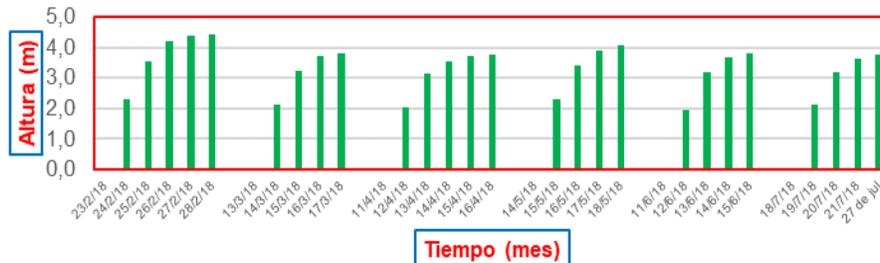


Figura 6. Recarga de agua del pozo superficial dos (m)



Figura 7. Recarga de agua del pozo superficial dos en la E.E. Patacamaya.



Figura 8. Recarga de volumen del pozo superficial dos (m³) en E.E. Patacamaya.

La altura de recarga de agua en promedio es de 2.28, 3.42, 3.92 y 4.05 metros, (**2.28, 1.14, 0.5 y 0.13 metros**) en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas, a medida que aumenta la carga hidráulica la recarga de agua disminuye, como se observa en la figura 5 y 6. La recarga de agua en los pozos superficiales depende de las características físicas y químicas del suelo como menciona, (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera 2005).

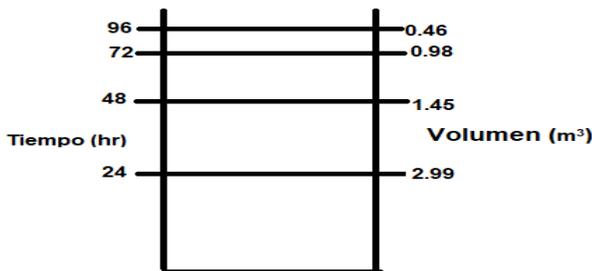


Figura 9. Volumen de recarga del pozo superficial uno en la E.E. Patacamaya.

El volumen de agua es de 2.99, 1.54, 0.56 y 0.1 m³, (**2.99, 1.45, 0.98 y 0.46 m³**) en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas, el volumen de agua está en función a la altura de agua en el pozo y las propiedades físicas y químicas del suelo, como menciona, (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera, 2005).

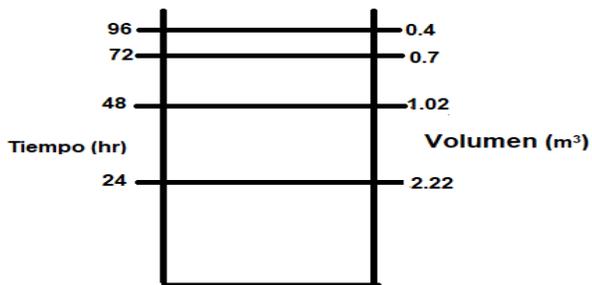


Figura 10. Volumen de recarga del pozo superficial dos en la E.E. Patacamaya.

El volumen de agua es de 2.22, 1.20, 0.5 y 0.1 m³, (**2.22, 1.02, 0.7 y 0.4 m³**) en un tiempo de 24, 48, 72 y 96 horas como se muestra en las figuras 9 y 10, el volumen de agua está en función a la altura de agua en el pozo y las propiedades físicas y químicas del suelo, como menciona, (Arocha, 1980).

Oferta de agua de los pozos uno y dos

El volumen de agua que se obtiene al mes de los pozos superficiales es de **21.03 y 36.8 m³/mes**

Evaluación del pozo superficial uno y dos, en el segundo periodo

En los pozos superficiales se evaluó entre meses agosto a diciembre, con una frecuencia de dos veces a la semana, el bombeo de agua y medición de recarga a las 72 horas.

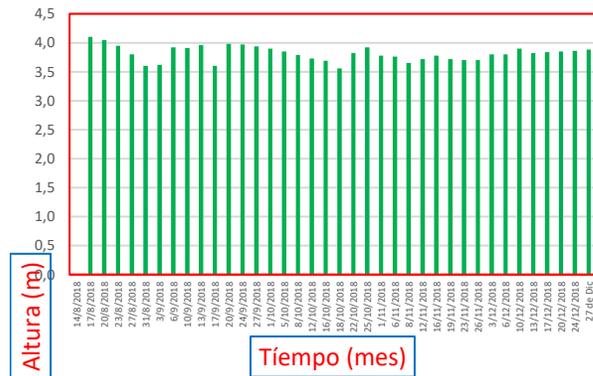


Figura 11. Altura de recarga del pozo superficial uno (m) en E.E. Patacamaya.

Como se observa en la Figura 11, la altura de recarga en el pozo superficial uno está en un promedio de 3.73 metros en un tiempo de 72 horas. La recarga del agua en el pozo depende de las propiedades físicas y químicas del suelo como menciona, (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera, 2005).

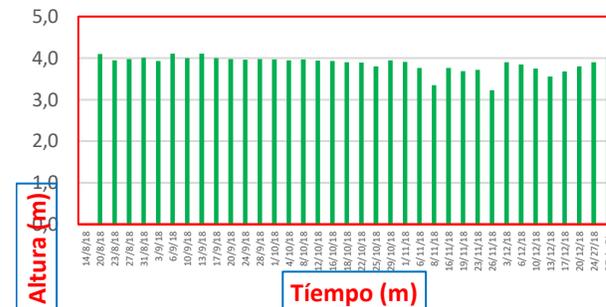


Figura 12. Altura de recarga del pozo superficial dos (m) en E.E. Patacamaya.

Como se observa en la figura 12, la altura de recarga en el pozo superficial dos está en un

promedio de 3.8 metros en un tiempo de 72 horas. La recarga del agua en el pozo depende de las propiedades físicas y químicas del suelo como lo menciona, (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera, 2005).

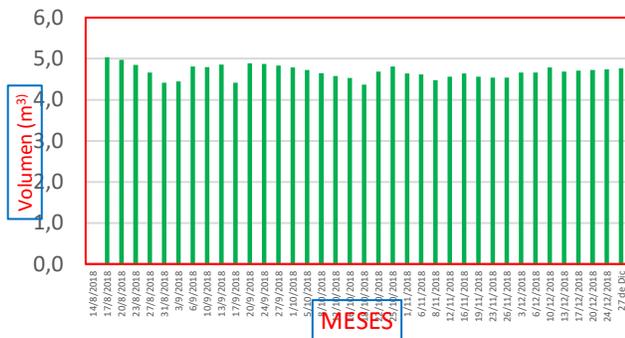


Figura 13. Volumen de recarga del pozo superficial uno (m³) en E.E. Patacamaya.

Al realizar el bombeo y medición de volumen de agua cada tres días, tras el seguimiento en la fuente de agua, la recarga de agua en las 72 horas tiene un volumen promedio de 4.6m³. La recarga del agua en el pozo depende de las propiedades físicas y químicas del suelo como lo menciona. (Arocha, 1980)

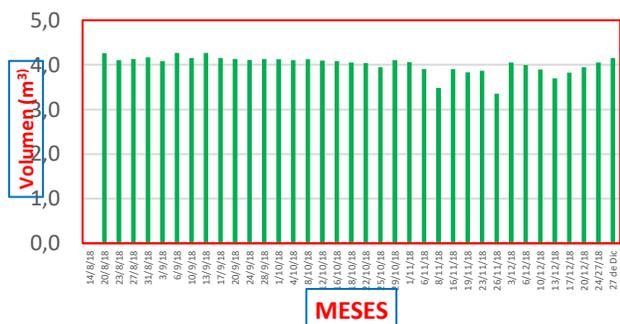


Figura 14. Volumen de recarga del pozo superficial dos (m³) en la E.E. Patacamaya.

Al realizar el bombeo y medición de volumen de agua cada tres días, tras el seguimiento en la fuente de agua, la recarga de agua en las 72 horas tiene un volumen promedio de 4.0 m³. La recarga del agua en el pozo depende de las propiedades físicas y químicas del suelo como lo menciona. (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera 2005).

Oferta de agua de los pozos uno y dos del segundo periodo

El volumen de agua que se obtiene al mes de los pozos uno y dos es de 36.8 y 28.93 m³. La recarga del agua en el pozo depende de las propiedades físicas y químicas del suelo como lo menciona. (Arocha, 1980) y (Blarasin & Cabrera 2005).

Oferta de agua de los pozos de E.E. Patacamaya

La oferta de agua de las tres fuentes de agua pozos subterráneo, superficial uno y dos, para el uso agropecuario para la E.E. Patacamaya es de 2835.33 m³/mes

Resultados de la calidad del agua

Para el análisis de agua, se identificó los pozos que están en funcionamiento y que brindan volúmenes de agua para el desarrollo agropecuario, por ello primeramente el agua utilizada del pozo subterráneo de 70 metros de profundidad, el cual está destinado para consumo humano y agropecuario, mientras los pozos superficiales uno y dos no tienen usos para consumo humano, solamente para el uso agropecuario.

El Ph del pozo subterráneo es 6.79 lo que indica que es agua neutra y de los pozos superficiales de 8.39 y 8.33 que son aguas ligeramente neutro como indica. (Ayers y Westcot 1985)

CE de los pozos subterráneo, es de 550.00 μS/Cm es apta par el riego, pozos superficiales uno y dos 1291.00 y 1020 μS/Cm se tiene restricción para el riego como indica. (Ayers y Westcot 1985)

Riesgo de acumulación de sodio (RAS)

La clasificación de agua del pozo subterráneo es C2-S1, esto indica que es agua de buena calidad, apto para el riego, y los pozos superficiales uno y dos se clasifican en C3-S1, esto nos indica que son aguas utilizables para el

riego con precauciones, como indica la norma Riverside. (Ayers y Westcot 1985).

Tabla 1. Clasificación por salinidad en E.E.P.

Parámetro	Fuente		
	pozo subterráneo	pozo superficial al uno	pozo superficial dos
RAS	0.48	3.23	1.96
CE micromhos	550	1291	1020
Clasificación	C2-S1	C3-S1	C3-S1

Dureza del agua

El tipo de agua del pozo subterráneo tiene un valor de 9.38 y esto indica que es agua blanda, mientras que los pozos superficiales uno y dos tienen valores de 270.58 y 281.56 son aguas muy duras, esto indica que los pozos superficiales uno y dos, son aguas ricas en calcio, lo que al suelo favorecería en desplazar exceso de sodio (Cánovas, 1986)

Proyección agropecuaria

Balance hídrico de la E.E. Patacamaya

Presenta una curva pluviométrica de bajas magnitudes en la época seca y altas en la época de lluvias, típico de las regiones del Altiplano, en donde se encuentra la E.E.P.

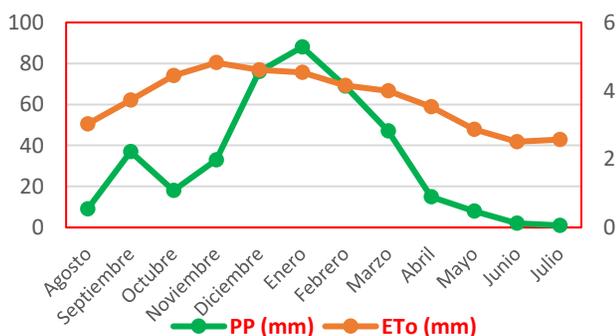


Figura 15. Balance hídrico de la E.E.P

La precipitación de la E.E.P. es inferior a la evapotranspiración ETo es por ello por lo que se realiza la evaluación del volumen de agua, Sin embargo, en el mes de enero la precipitación es superior a la ETo, y se realizará el

almacenamiento de agua en los reservorios. (FAO 2006)

Consumo de agua de los animales, invernaderos y personal de la E.E.P.

Los ovinos y camélidos tienen un peso promedio de 50 Kg y 90 Kg respectivamente y cinco carpas de 8x20 metros, por tanto, la cantidad de agua que se requiere es de 414.28 m³/mes.

Necesidades hídricas de los cultivos

En la determinación de las necesidades hídricas se utilizó las fases fenológicas del cultivo, factores climáticos y la modelación de software de CROPWAT 8.0 para los cultivos se requiere los volúmenes de agua para su ciclo agrícola y el plan de desarrollo de la Estación Experimental Patacamaya, (PDEEP).

Tabla 2. Necesidades hídricas de los cultivos en E.E. Patacamaya.

Cultivos	Superficies ha	Unidad m ³ /ciclo
Alfalfa	1	7441.17
Avena	1	2040.1
Cebada	1	2040.1
Papa	1	3918.4
Quinua	1	2221.1
Triticale	1	2838.3

Fuente: Elaboración propia (2019), con datos de campo y CROPWAT 8.0.

Tabla 3. Necesidades hídricas de los cultivos bajo riego con superficies actuales en E.E.P.

Cultivos	Superficies Ha	Unidad m ³ /ciclo
Alfalfa	2.07	13713.4
Avena	1.27	2592.2
Cebada	0.62	1264.8
Papa	0.47	1841.6
Total	4.43	19412.1

Como se muestra en la tabla 3, el volumen de agua disponible es para una superficie de 4.5

ha. De acuerdo con el requerimiento de agua de los cultivos en la Estación Experimental Patacamaya.

Tabla 4. Balance de requerimiento de agua en la E.E.P. (m³)

Balance	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Oferta	2.817	2.814	2.807	2.806	591	590	587	2.827	2.841	2.843	2.833	2.839
Demanda	2.435	2.844	3.808	2.823	412	234	234	1.802	1.865	1.482	2.496	1.785
Exceso y Déficit	382	-30	-	-17	179	356	353	1.025	975	1.361	336	1.053
			1.001									

Como se muestra en la tabla 4, el déficit de agua se presenta los meses de febrero, marzo y abril, es donde los cultivos están en pleno desarrollo y requieren mayor demanda de agua, es por ello por lo que la cantidad de agua de las tres fuentes es para una superficie de 4.5 ha.

CONCLUSIONES

Los resultados alcanzados en la presente investigación permiten establecer las siguientes conclusiones:

El volumen de oferta de las tres fuentes de la E.E. Patacamaya es de 2825 m³/mes. en época de verano y 589 m³/mes en época invierno.

El pozo subterráneo se clasifica como C2 – S1, esto indica que el agua es de buena calidad y es apto para realizar riego en los cultivos, en cambio en los pozos superficiales uno y dos se clasifica como C3-S1, esto nos indica que es un agua de salinidad alta y bajo contenido en sodio, que se puede utilizar para el riego con precaución en suelos con buen drenaje.

El pozo subterráneo es agua blanda al tener poco contenido de calcio y los pozos superficiales uno y dos son aguas muy duras, debido a alto contenido de calcio, que favorece a desplazar el exceso de sodio en el suelo.

Realizando la proyección agropecuaria para la E.E. Patacamaya, la cantidad de agua es para una superficie de 4.5ha, para realizar el riego en los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arocha, R. (1980). Abastecimiento de agua (Teoría y Diseño). Venezuela: Editorial Vegas. Caracas, 284 pp.
- Ayers R.S. y Westcot D.W. (1985). Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma:
<http://www.fao.org/DOCRReP/003/T0234e/T0234E00.htm>
- Balairón, L. (2000). Gestión de Recursos Hídricos. Barcelona: Univ. Politecnica de Cataluña, 478 p.
- Blarasin M.; Cabrera A. (2005). Aguas superficiales y subterráneas en el Sur de Córdoba. Argentina: UNRC.
- Canovas Cuenca., J. (1986). Calidad Agronómica de las aguas de riego. Servicio de Extensión Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. Madrid.
- Martínez Z. (2018). Manejo de camélidos. Docente investigador. Estación Experimental Patacamaya. Plan de desarrollo de la Estación Experimental Patacamaya, (PDEEP) 2019-2023.
- PDM, P. d. (2006-2010). Patacamaya-La Paz.

PTDI, P. T. (2016-2020). GOBIERNO
AUTÓNOMO MUNICIPAL DE
PATACAMAYA. Patacamaya. La Paz.

Rodríguez, S., & Vara, J. y. (2005). Clasificación
de agua utilizados para el riego.
Universidad Nacional de Noroeste.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA
E HIDROLOGIA. (SENAMHI).