



Evaluación del nivel freático de las aguas subsuperficiales en la parte baja del municipio de Umala provincia Aroma del departamento de La Paz

Walter Castro Condori¹

INTRODUCCION

El recurso hídrico en Bolivia y en especial en el altiplano sur del departamento de La Paz, está siendo afectado seriamente por los fenómenos climatológicos tales como la sequía agravando cada vez más su disponibilidad en cantidad, la escasa cobertura vegetal, las prácticas agrícolas inadecuadas en zonas de producción hídrica.

La actividad agropecuaria es uno de los rubros más importantes, también llamada la cuenca lechera, y es de consideración el consumo de agua por el ganado lechero, asimismo el agua un elemento indispensable para el consumo humano que cuentan cada comunidad con pozos profundos y en algunos casos pozos surgentes que son utilizados para consumo y riego.

La preocupación es evidente cuando la precipitación va disminuyendo conforme pasan los años, el incremento de la evaporación, por el efecto del calentamiento global. En esta problemática están inmersos la comunidad, Gobierno Autónomo Municipal, la Gobernación así como el Estado Plurinacional y la Universidad.

Por lo que se hace necesario una evaluación de las aguas subsuperficiales en esta parte del altiplano del departamento y hacer conocer los alcances mediante una evaluación cuantitativa.

OBJETIVO

Objetivo General

Evaluar los volúmenes de agua subsuperficiales en la parte baja del municipio de Umala durante el periodo de 2016-2017.

Objetivo específico

- Determinar las fuentes de recarga del acuífero
- Cuantificar el volumen de agua subsuperficial en el lapso de una gestión agrícola

ANTECEDENTES

El origen de las aguas subterráneas es producto de acumulación de miles de años, que ocupa vacíos presentes en formaciones geológicas constituyéndose una de las fases o etapas del ciclo hidrológico; al presente es uno de los grandes retos del siglo XXI el mejorar nuestra gestión y el uso del líquido elemento agua, para garantizar a la humanidad de nueve mil millones o más en 2050; haciendo uso eficiente de la ciencia y de la tecnología. El agua subterránea es la mayor fuente de agua dulce disponible, por lo cual más de la mitad de la población mundial utiliza para su consumo; además posee un gran número de ventajas en cuanto a calidad natural.

Las actuales políticas gubernamentales expresadas en los Artículos 373 al 377 de la nueva constitución Política del Estado consideran que el agua es un derecho fundamental para la vida, para la soberanía del pueblo, y tiene que ser utilizada de acuerdo con usos y costumbres ancestrales y originarias. Los recursos hídricos en todos sus estados, incluidas las aguas superficiales, subsuperficiales y subterráneas,

¹ Walter Castro Condori. miembro del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Bolivia CIAB-LA PAZ, Nro. 0229-07 Consultor Independiente, La Paz-Bolivia. walter_cc111@hotmail.com

son recursos finitos, vulnerables, estratégico y cumplen una función social, cultural y ambiental.

El altiplano es una extensa cuenca intramontana de aproximadamente 110.000 Km², de 150 Km de ancho por 800 Km de largo, cuya altitud fluctúa entre 3650 a 4100 m.s.n.m.; ubicadas entre las cordilleras Oriental y Occidental coincidente con la provincia geológica del mismo nombre. Miranda G. et al (2000).

La hidrografía de Bolivia está constituida por dos grandes unidades mayores y siete provincias fisiográficas. El occidente del país por la cordillera los Andes Centrales que representa el 38% del territorio y las llanuras bajas o planicies aluviales

amazónica y chaqueña representan el 62% del territorio.

La disponibilidad de agua en Bolivia está directamente relacionada con su posición geográfica en la zona ecuatorial septentrional y con las condiciones climáticas existentes en las diferentes unidades hidrográficas influenciadas por fenómenos macroclimáticos, climáticos locales y microclimáticos. Las condiciones macroclimáticas caracterizada por la marcada estacionalidad de las precipitaciones pluviales. En todo el país, en régimen de lluvias es de tipo tropical en meses más cálidos del año. En el Cuadro 1. Se puede apreciar datos del balance hídrico del área de influencia en estudio.

Cuadro 1. Balance Hídrico del área de influencia endorreica Altiplano Boliviano

Cuenca	Estación	Área (Km ²)	Precipitación (mm)	Evapotranspira ción (mm)	Escurremien to (mm)
Desaguadero	Chuquiña	29.475	414	361	53

Fuente: Urquidi Barrau F. 2005b.

Las aguas superficiales, según (Sanches Bravo 2006), es aquella que no se infiltra en el suelo o que regresa a la atmosfera, por evaporación o transpiración. Esta es el agua dulce que se encuentra sobre la superficie ya sea en ríos, lagos, pantanos y rebalses o depósitos artificiales.

MATERIALES Y METODOS

Localización

El presente trabajo se ha realizado en la comunidad de Iñacamaya, cantón Llanga Belén, Segunda Sección municipal de Umala, provincia Aroma del Departamento de La Paz. Durante la gestión agosto 2016 a marzo 2017.

La comunidad se encuentra a 115 Km de la ciudad de La Paz y a 14 Km de la ciudad intermedia de Patacamaya en la dirección Sud, de acuerdo a su posicionamiento geográfico UTM 8078962 y 615557 a una elevación 3757 m.s.n.m.

Aspectos climatológicos, hídricos e hipsométrico

Tomando datos climatológicos de la estación meteorológica cercana al área de estudio que es Patacamaya se registran los siguientes datos para fines de comparación:

Temperatura

Tabla 2. Temperatura máxima, mínima y promedio

Temperatura (C°)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T° MAX	18,0	17,9	18,0	17,7	15,6	14,5	14,0	15,4	16,4	18,5	19,4	19,4
T° MIN	5,2	4,6	3,5	0,5	-3,5	-5,5	-4,9	-3,0	-0,1	1,7	2,8	4,6
PROMEDIO	11,6	11,2	10,7	9,1	6,0	4,5	4,5	6,2	8,1	10,1	11,1	12,0

Fuente: Elaboración propia con base a datos SENAMHI Estación Patacamaya, registro de 10 años. (2003-2012).

De acuerdo a Cuadro 2, datos registrados por la estación meteorológica de Patacamaya, el municipio de Umala presenta una temperatura máxima promedio de 17.1°C, presentándose en

meses de Diciembre a Febrero y una mínima de 0.5 °C con mayor frecuencia en meses de helada (Junio, julio), siendo la temperatura general promedio del municipio de 8,8 °C.

1.1.1. Precipitación

Tabla 3. Precipitación en el área de estudio

Precipitación (mm)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precip. Max	238.00	132.20	121.20	49.80	27.40	52.60	23.00	61.30	87.00	61.30	96.30	206.70
Precip. Min	7.00	13.30	8.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10
Precip. Media	103.60	70.89	49.13	17.43	5.63	5.06	3.84	8.22	21.08	20.53	31.94	64.22

Fuente: Elaboración propia con base a datos SENAMHI Estación Patacamaya, registro de 40 años. (1973-2012).

De Cuadro 3 y Anexo 3, la precipitación promedio anual es de 401.56 mm, y las mayores precipitaciones se registran en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (287.84 mm). Asimismo existen meses en los cuales se registran

precipitaciones escasas (junio y julio), donde la presencia de lluvias es reducida o en su defecto nulo.

Humedad

Tabla 4. Humedad Relativa en el área en estudio

Humedad Relativa (HR %)	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	72.86	74.62	72.56	67.03	63.24	58.78	59.20	59.30	62.47	59.22	61.39	64.76

Fuente: Elaboración propia con base a datos SENAMHI Estación Patacamaya, registro de 10 años. (2003-2012).

Del Cuadro 4 y Anexo 4, la Humedad Relativa promedio registrada es 53.45%; siendo la mayor HR registrados en los meses de enero, febrero y marzo

respectivamente; en cambio la HR más baja registra en el mes de junio.

Vientos y heladas

La presencia de fuertes vientos, está definida de acuerdo a las estaciones, los cuales pueden provocar daños. A nivel municipal este factor climático es casi continuo de manera generalizada, sin embargo se presenta con mayor intensidad en meses secos (julio, agosto). Asimismo se presenta en su mayoría ríos temporales de la cuenca Desaguadero.

El Municipio cuenta con serranías altas y bajas principalmente en la parte Norte y Nor- Oeste altitud de 4.400 ms.n.m, descendiendo con dirección Sud- Este hacía en el cantón Huari Belén (3.778 m.s.n.m); Cuando llueve a estas montañas las aguas bajan por los ríos y bañan las laderas de ríos hasta llegar a las planicies de la cuenca lechera (Llanga Belén), con 3760 m.s.n.m., denominado “Jalantaya”.

Orografía

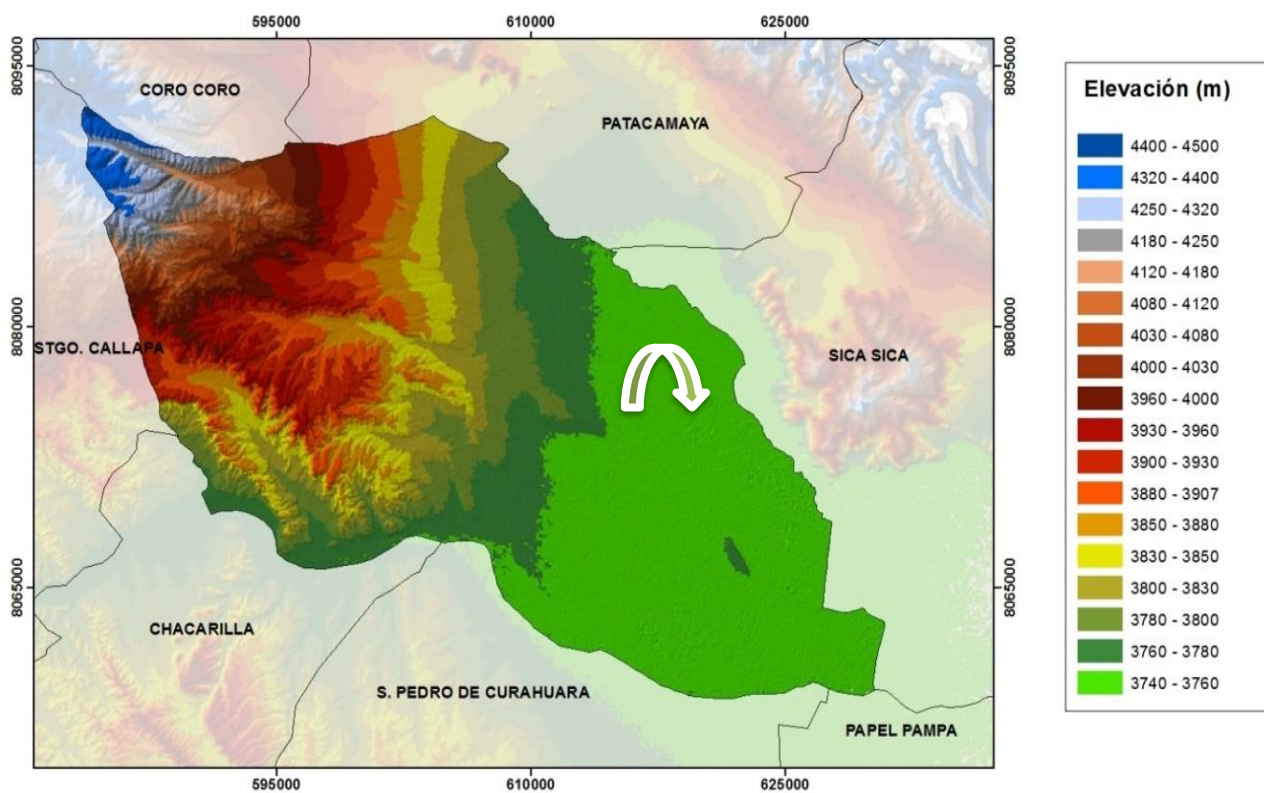


Figura 2. Mapa Hipsométrico Municipio de Umala

Fuente: Elaboración propia en base a IGM e INE, estudio realizado en la parte baja del municipio

Existencia de agua subterránea municipio de Umala

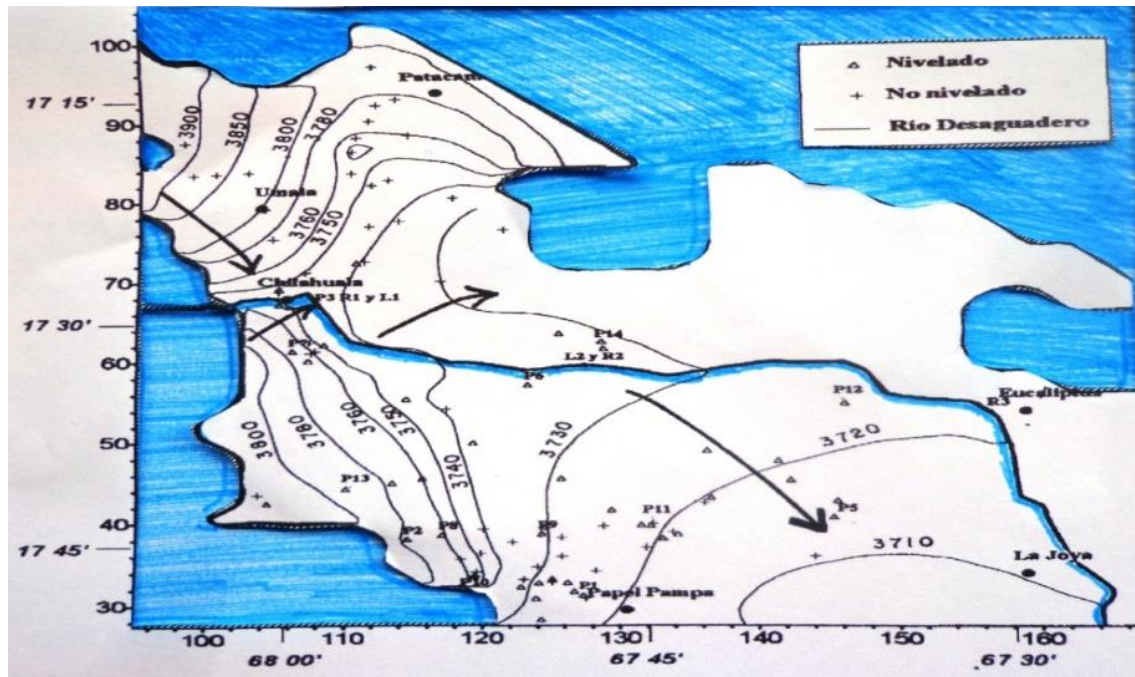


Figura 3. Existencia de aguas subterránea municipio de Umala
Fuente: Salinidad del Recurso hídrico subterráneo del Altiplano Central 1955

Un estudio realizado el año 1955, de los recursos hídrico subterráneo en el altiplano central, corroboran la existencia de importantes volúmenes de agua dulce en el área de estudio; por lo menos existen tres capas de agua: a) superficial y subsuperficial de 0 a 6 m. b) 7 a 25 m. y c) mayor a 55 m. pozos en su mayoría surgentes.

Según UNIVALLE 2011, desde el punto de vista hidrogeológico se encuentra en la cuenca del río Q'eto. Los acuíferos de la cuenca de estudio reciben su recarga natural por infiltración directa del agua de lluvia, así como por infiltración que se produce durante la escorrentía de los cursos de agua que bajan de la serranía de Huaraca.

La recarga ocurre los meses comprendidos entre octubre a marzo (estación lluviosa). La recarga por flujo superficial continua aproximadamente hasta el

mes de mayo, posteriormente estos disminuyen su caudal paulatinamente hasta secarse, estos suelos son **medianamente compactos** en época de estiaje a la profundidad investigada; la muestra de origen coluvial posee un comportamiento arcilloso.

Materiales

Se han utilizado los siguientes materiales y equipo: libreta de campo,

Flexo metro
Computadora
GPS

Metodología

Existen varios métodos para la determinación de los recursos subterráneos a saber:

Tabla 5. Métodos para la determinación de los recursos subterráneos

Nro	Método	Aplicación y limitaciones fundamentales
1.	Balance hídrico de un acuífero	Se recomienda usar en formaciones carsicas $P = E_y + L$, donde P es la suma de todos los tipos de entrada de agua al acuífero (debido a la lluvia y al agua superficial); L son las pérdidas no medibles y no utilizables (como la ETR, descarga de manantiales pequeños, escurrimiento, etc.) y E_y los recursos explotables. Se recomienda usar el balance hídrico como complemento de los otros métodos a manera de comprobación.
2.	Fluctuaciones del nivel de la superficie piezométrica	Seleccionar adecuadamente el sector donde aplicar el método para adaptarse a la forma elíptica de la curva de depresión (sector cercano a las divisorias del acuífero). En el sector seleccionado no aparecen directamente gastos de extracción. La porosidad efectiva esta retenida a la zona de variación de los niveles. Los recursos varían de año en año y es necesario hacer un análisis estadístico de una serie larga para definir el valor medio.
3.	Rendimiento de obras de captación	Según algunos autores es el único modo posible de evaluación de los recursos de agua subterránea en zonas carsificadas con la selección sucesiva de los gastos de explotación.
4.	Caudal de escurrimiento subterráneo	Su uso es efectivo en zonas con un grado de conocimiento elevado de las condiciones hidrogeológicas.
5.	Método Hidrodinámico	Permite evaluar los recursos explotables del acuífero sin un nivel de conocimiento detallado de sus propiedades en toda su extensión.
6.	Método Hidráulico	Constituye el método más racional de evaluación de los recursos de explotación en condiciones hidrogeológicas complejas.
7.	Métodos Hidrológicos	Efectivo en acuíferos pequeños y en investigaciones detalladas especiales.
8.	Métodos diversos o especiales	Se necesita contar con la tecnología apropiada, pero ofrece resultados confiables en lugares donde no es posible la utilización de otros métodos.
9.	Modelos Matemáticos de simulación	Los acuíferos constituyen uno de los sistemas complejos sobre los que el hombre tiene que actuar sistemáticamente a objeto de obtener el principal recurso natural para la vida, que es el agua. Desarrollando técnicas que permitan su operación global.

Para nuestro caso desarrollamos el método **Fluctuaciones del nivel de la superficie piezométrica**: Este método se ha utilizado en condiciones naturales o de explotación en acuíferos libres ya que implica variación de las reservas y recursos. El cual considera que los recursos disponibles pueden calcularse en condiciones naturales sobre la base de las fluctuaciones del nivel de las aguas y los considera iguales a la variación anual media de las reservas. Bindeman 1970. Determina dos pasos por Kamenski. El primero utiliza fórmulas de régimen permanente para los cálculos de alimentación, por precipitaciones y el

segundo, de régimen impermanente, en el que la exactitud recae en el valor de la porosidad efectiva, P_e , y no el valor de la conductividad hidráulica, K_p , como en el primer caso.

El fundamento del segundo método lo constituye la aplicación de la ecuación de continuidad expresada en términos de volumen, y basada en el conocimiento de los niveles de cinco pozos situados en una línea transecta de corriente en un acuífero libre bajo flujo lineal.

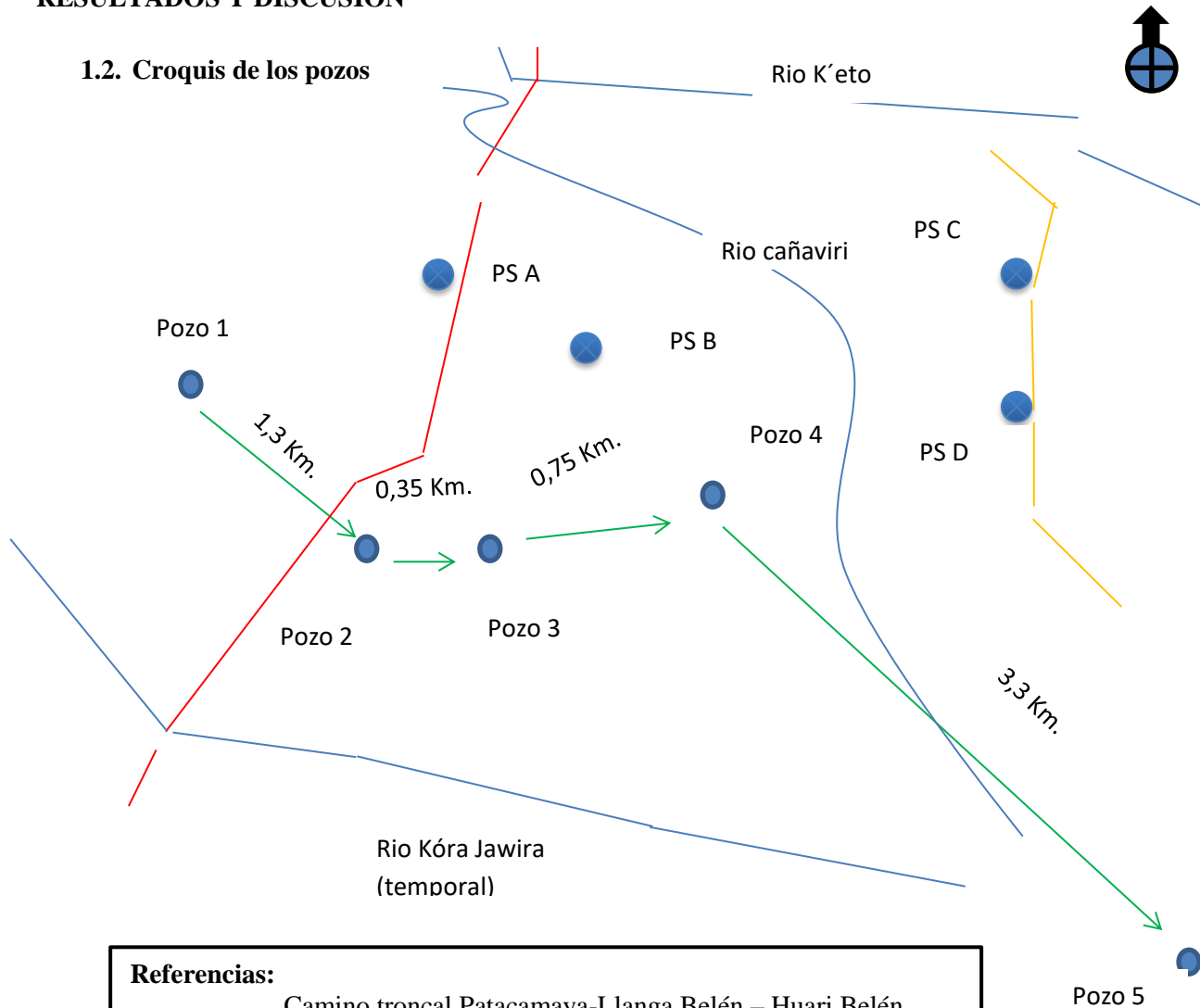
Los pasos que se siguieron para la cuantificación sigue de esta manera:

Evaluación del nivel freático de las aguas subsuperficiales en la parte baja del municipio de Umala provincia Aroma del departamento de La Paz.

- Observación en sitio de los pozos subsuperficiales mediante línea transecta.
- Medición del nivel freático en diferentes momentos antes de las lluvias, al inicio y después.
- Tabulación de datos para la cuantificación y la prueba de Chi Cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSION

1.2. Croquis de los pozos



Referencias:

- Camino troncal Patacamaya-Llanga Belén – Huari Belén
- Pozos subsuperficiales P1 al P5 longitud 5,7 Km. y 6 m Prof.
- Pozos surgentes PS (A, B, consumo y C, D para riego).
- Río temporal y permanente (Río K'éto).
- Canal de riego revestido. Pendiente general 0-2 %

Observación y medición de los niveles freáticos de los pozos subsuperficiales

En el siguiente Cuadro 6. Se presenta la medición de los niveles freático de cinco pozos en tres fechas

diferentes; la primera lectura viene a ser como línea de base (nivel freático inicial); la segunda lectura (nivel freático crítico) y finalmente la tercera lectura (nivel freático recuperado). Bajo estas consideraciones se realiza el análisis.

Tabla 6. Medición de los niveles freáticos de los pozos

Pozo Nro.	Serie o denominación	Distancia entre pozo (m)	Nivel Freático Inicial(m)	Nivel Freático Crítico(m)	Nivel Freático Recupera do(m)	Diferencia o brecha NF (m)	Observación
1	Yauri Chambi Taki	0,0	2,80	3,50	3,50	-0,70	No recupero su nivel
2	San Juan Iglesia	1300,0	2,00	2,60	2,32	- 0,32	Recuperación lenta elevación 3757 msnm.
3	Detrás iglesia Adventista	350,0	1,40	1,80	1,40	0	Recuperación
4	Cerca al rio pajchanta	750,0	1,40	1,70	1,40	0	Recuperación
5	Jalantaya	3300,0	0,60	1,20	0,60	+ 0	Sobresaturado Área de pastoreo
TOTAL		5700,0	8,20	10,80	9,22	1,02	
Fecha de observación y medición			01/06/2016	20/12/2016	18/03/2017		
Fuente: Elaboración propia							

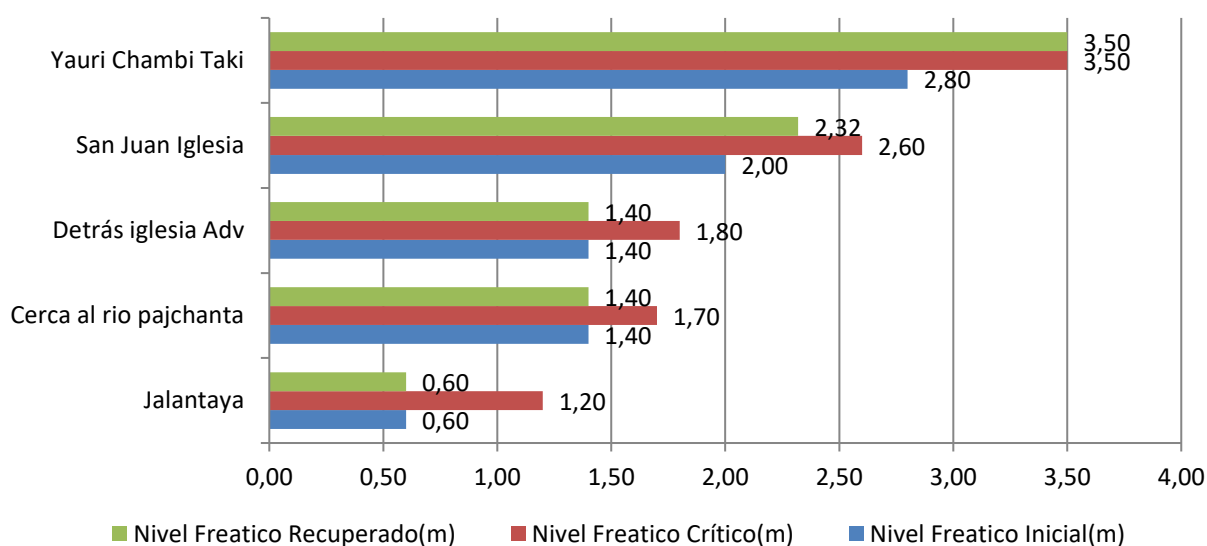


Figura 1. Histograma de niveles de agua de los pozos en estudio

Fuente: Elaboración en base al Cuadro 6.

Porosidad del acuífero

La porosidad es una medida del espacio intersticial de una roca por consiguiente, de la cantidad de fluido en el que se almacena o circula. La Porosidad total n , que se define como la relación entre el volumen de los vacíos (V_v) y el volumen total de la roca (V), expresado en %.

La porosidad total de las rocas no compactas de los pozos subsuperficiales varía entre 25 y el 45%, siendo el valor más frecuente 40%. Una porosidad mayor de 45% almacena mayor volumen de agua y una porosidad de 25% es considerada como mediana en cuanto al almacenamiento de agua, asimismo se observa la dirección del flujo de agua subsuperficial de dirección Nor Oeste, Norte y Nor Este; tal como se observa del Cuadro 8.

Material presente, porosidad de los pozos subsuperficiales y dirección de flujo

Tabla 8. Material presente, porosidad y dirección de flujo

Pozo Nro.	Serie o denominación	Material presente	Porosidad %	Valor considerado %	Flujo direccional
1	Yauri Chambi Taki	Arenas	25-50	25	De Norte
2	San Juan Iglesia	Arenas	25-50	32	Norte a Nor Este
3	Detrás iglesia Adventista	Arcillas	40-70	40	Norte a Nor Este
4	Cerca al rio pajchanta	Arcillas	40-70	40	Norte a Nor Este
5	Jalantaya	Arcilla calcárea	40-70	45	Nor Oeste, Norte y Noreste

Fuente: Velez Otalvaro M. V 1999, adaptado.

Descenso del Nivel freático de pozos subsuperficiales

Tabla 9. Descenso del Nivel Freático Crítico

Pozo Nro. (P)	Vol. Total (m3)	Porosidad	Vol. Neto (m3) por Unidad pozo	Volumen m3/ha.	Superficie (Ha)	Volumen Total de agua (m3)
1	2,5	0,25	0,63	6250	65	406.250,00
2	3,4	0,32	1,09	10880	82,5	897.600,00
3	4,2	0,40	1,68	16800	55	924.000,00
4	4,3	0,40	1,72	17200	202,5	3.483.000,00
5	4,8	0,45	2,16	21600	165	3.564.000,00
Total	19,2	1,82	7,27	72730	570	9.274.850,00

Fuente: Elaboración propia (2017).

Del cuadro 9. Se deduce que de los cinco pozos relacionando entre volumen total y multiplicando con el factor porosidad dan como resultado el volumen neto de agua en (m3) para cada pozo, que varía desde P1 (0,63) a P5 (2,16) m3 de agua. De esta manera

proyectando por Ha y el total de área de influencia por pozo; lo que hay que resaltar aquí es producto de la sequía el agua ha disminuido en un total de 10.274.850 m3; en el lapso de 6 meses.

Recuperación del Nivel Freático

Tabla 10. Recuperación del Nivel Freático

Pozo Nro. (P)	Vol. Total (m3)	Porosidad	Vol. neto por Unidad pozo	Volumen m3/ha.	Superficie (Ha)	Volumen Total de agua (m3)
1	2,50	0,25	0,63	6250	65	406.250,00
2	3,68	0,32	1,18	11776	82,5	971.520,00
3	4,60	0,40	1,84	18400	55	1.012.000,00
4	4,60	0,40	1,84	18400	202,5	3.726.000,00
5	5,40	0,45	2,43	24300	165	4.009.500,00
Total	20,78	1,82	7,91	79126	570	10.125.270,00

Del Cuadro 10. La recuperación del Nivel Freático ha sido muy importante durante casi 3 meses de Enero a Marzo. Con la particularidad de que el Pozo P1 no recupero en absoluto por falta de infiltración del agua; en cambio los pozos P2, P3, P4 y P5 recuperaron su

nivel significativamente, cabe señalar que P5 fue favorecido por el ingreso de riadas bañando áreas de pastoreo hasta la sobresaturación por los ríos “Cañaviri” y “Kora Jawira” en más de tres oportunidades.

Brecha o diferencia del Nivel Freático

Tabla 11. Brecha o diferencia del Nivel Freático

Pozo Nro. (P)	Vol. Total (m3)	Porosidad	Vol. neto por Unidad pozo	Volumen m3/ha.	Superficie (Ha)	Volumen Total de agua (m3)
1	0	0,25	0,00	0	65	-
2	0,28	0,32	0,09	896	82,5	73.920,00
3	0,2	0,4	0,08	800	55	44.000,00
4	0,3	0,4	0,12	1200	202,5	243.000,00
5	0,6	0,45	0,27	2700	165	445.500,00
Total	1,38	1,82	0,56	5596	570	806.420,00

El Cuadro 11. Refleja el Volumen de agua que todavía resta para llegar al Nivel Freático que se ha medido dentro la línea de base. En el Cuadro 6. Se observa que P1 y P2 aún faltan completar el llenado del pozo.

Prueba de Chi Cuadrado

Tabla 12. Prueba de Chi Cuadrado

Pozo Nro.	Línea de Base Vol. (m3)	Descenso de Vol. (m3)	Recuperación de Vol. (m3)	Total (m3)
1	0,7	0,63	0,63	1,96
2	0,64	1,09	1,18	2,91
3	0,56	1,68	1,84	4,08
4	0,56	1,72	1,84	4,12
5	0,27	2,16	2,43	4,86
Total	2,73	7,28	7,92	17,93

De Cuadro 12. Refleja el volumen de agua en los tres momentos de medición para cada pozo subsuperficial, influye el volumen de agua en cada pozo a la significancia del 0,05 con 8 Grados de libertad, ya que el valor del Chi Cuadrado calculado es $0,649 < 15,507$ Valor de la Tabla. Por tanto se dice que los volúmenes de agua difieren entre pozos y entre época de medición.

CONCLUSIONES

La dinámica del agua subsuperficial en épocas secas y húmedas tienen aspectos importantes para su consideración: el volumen de agua en los tres momentos de medición para cada pozo subsuperficial, influye el volumen de agua en cada pozo a la significancia del 0,05 con 8 Grados de libertad, ya que el valor del Chi Cuadrado calculado es $0,649 < 15,507$ Valor de la Tabla. Por tanto, se dice que los volúmenes de agua difieren entre pozos y entre época de medición; considerando que la topografía del terreno es de 0 a 2 % de pendiente; asimismo el flujo de dirección del agua es predominante del Norte con dirección al Sur; también hay pozos que fluyen de dirección Nor Oeste los que son bañados por los ríos; y de Nor Este. Es importante cuidar y tener un manejo racional del recurso hídrico subsuperficial ya sea para riego o para consumo animal ya que sus niveles freáticos van descendiendo poco a poco.

RESUMEN

El recurso hídrico en Bolivia y en especial en el altiplano sur del departamento de La Paz, está siendo afectado seriamente por los fenómenos climatológicos tales como la sequía, agravando cada vez más su disponibilidad en cantidad, la escasa cobertura vegetal, las prácticas agrícolas inadecuadas en zonas de producción hídrica.

Por lo que se hace necesario una evaluación de las aguas subsuperficiales en la comunidad de Iñacamaya en las coordenadas UTM 8078962 y 615557 a una elevación 3757 m.s.n.m., dentro del municipio Umala del departamento de La Paz y hacer conocer los alcances mediante una evaluación cuantitativa; de la misma forma determinar las fuentes de recarga. Para lo cual se ha adoptado la metodología de trabajo observando cinco pozos subsuperficiales en línea transecta, midiendo el nivel freático antes de las lluvias, durante y después de los cuales se tienen los siguiente resultados.

Aplicando el Chi cuadrado al 0.05 vemos que existen diferencias entre pozos en cuanto a volúmenes de agua y las épocas secas y húmedas; por lo que su consideración es importante para su aplicación agrícola o pecuaria.

ABSTRACT

The water resource in Bolivia especially in the southern highlands of the department of La Paz, is being seriously affected by climatic phenomena, such as drought, increasing its availability in quantity, poor plant cover, inadequate agricultural practices in production areas. Water.

Therefore, it is necessary an evaluation of subsurface waters in the community of Ñacamaya at coordinates UTM 8078962 and 615557 at an elevation of 3757 meters above sea level, within the municipality of Umala in the department of La Paz and make known the scope. By means of a quantitative evaluation of the same form to determine the sources of load.

For this reason, the work methodology has been adopted, observing five subsurface wells, measuring the water table before the rains during and after which the following results are obtained.

Therefore it says that the volumes of water differ between wells and between time of measurement.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Calzada Benza, J. (1969). *Introducción a la Estadística*. Lima – Perú: Jurídica

Cruces De Abia, J. Y Martinez Cortina, L. (2006). *Modelos matemáticos en hidrogeología. Módulo I Contaminación Ambiental*. Escuela de Negocios EOI. 15 pp.

Jimenes Cisneros, B. Y Galizia Tundisi, G. (2012). *Diagnóstico del agua en las Américas*, Foro Consultivo Científico y Tecnológico, AC. México, Distrito Federal. 39 pp.

Miranda, G. et al. (2000). *Dinámica de las precipitaciones pluviales en el altiplano boliviano*. Simposio Cambios Globales junio 2000. 16 pp.

Ordoñez Galves, J.J. Y Casaverde Riveros, M.R. (2011). *Aguas Subterráneas – Acuíferos*, Cartilla Técnica, Sociedad Geográfica de Lima. Perú, 44 pp.

Sanchez Bravo, A. (2006). *Agua: Un recurso escaso*. Sevilla, Arcibel Editores.

Sarduy Quintanilla, F.E. (2010). *Programa de Formación Iberoamericana en materia de aguas Área Temática 3.1. Hidrogeología Manejo de los recursos hídricos subterráneos AECID*, Montevideo Uruguay. 24 pp.

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (2004). *Datos mensuales*. Bolivia. www.senahmi.gob.bo/

UNIVALLE. (2011). *Estudio geofísico para la captación a aguas subterráneas comunidad Ñacamaya, provincia Aroma La Paz*. Programa de extensión universitaria carrera de ingeniería civil. 40 pp.

Urquidí Barrau, F. (2005a). *Recursos hídricos en la frontera boliviano-chilena (Silala y Lauca)*. Política exterior en Materia de Recursos Hídricos. UDAPEX (Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto)-PNUD. ADOBOL. La Paz, Bolivia.

Velez Otalvaro, M. V. (1999). *Hidráulica de aguas subterráneas* 2° edición. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 156 pp.

ANEXO



Figura 2. Pozo de observación subterránea (Pozo Nro. 2) situado a una altitud de 3757 msnm.